



HAL
open science

Origen geográfico de camélidos en el periodo mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares

Nicolas Goepfert, Elise Dufour, Belkys Gutiérrez, Claude Chauchat

► To cite this version:

Nicolas Goepfert, Elise Dufour, Belkys Gutiérrez, Claude Chauchat. Origen geográfico de camélidos en el periodo mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares. Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, 2013, 42 (1), pp.25-48. 10.4000/bifea.869 . hal-01847451

HAL Id: hal-01847451

<https://hal.science/hal-01847451>

Submitted on 23 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Origen geográfico de camélidos en el periodo mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares

Origine géographique des camélidés à la période mochica (100-800 apr. J.-C.) et analyse isotopique séquentielle de l'émail dentaire : approche méthodologique et apports préliminaires

Camelid geographical origin during the Moche period (100-800 A.D.) and sequential isotopic analysis of tooth enamel: methodological approach and preliminary contribution

Nicolas Goepfert, Elise Dufour, Belkys Gutiérrez y Claude Chauchat



Edición electrónica

URL: <http://journals.openedition.org/bifea/869>
DOI: 10.4000/bifea.869
ISSN: 2076-5827

Editor

Institut Français d'Études Andines

Edición impresa

Fecha de publicación: 1 abril 2013
Paginación: 25-48
ISSN: 0303-7495

Este documento es traído a usted por Université Paris Nanterre



Referencia electrónica

Nicolas Goepfert, Elise Dufour, Belkys Gutiérrez y Claude Chauchat, « Origen geográfico de camélidos en el periodo mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares », *Bulletin de l'Institut français d'études andines* [En línea], 42 (1) | 2013, Publicado el 01 agosto 2013, consultado el 23 julio 2018. URL : <http://journals.openedition.org/bifea/869> ; DOI : 10.4000/bifea.869



Les contenus du *Bulletin de l'Institut français d'études andines* sont mis à disposition selon les termes

de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.



Origen geográfico de camélidos en el periodo mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares

*Nicolas Goepfert**

*Elise Dufour***

*Belkys Gutiérrez****

*Claude Chauchat*****

Resumen

Comunes en los sitios arqueológicos costeros peruanos en la época prehispánica, los camélidos se encuentran hoy en día ausentes de este medio ambiente. Por lo tanto, se sugirió durante mucho tiempo que estos animales llegaban a la costa a través de intercambios con la sierra. Este trabajo representa un primer intento en la utilización del oxígeno en los análisis isotópicos secuenciales para reconstruir el origen geográfico de los camélidos en la zona andina. El análisis isotópico del esmalte dentario se utilizó sobre especímenes arqueológicos fechados de la cultura Mochica (100-800 d. C.) provenientes de la Plataforma Uhle en el sitio de Huacas de Moche y fueron comparados con una alpaca contemporánea. Los resultados muestran que los camélidos arqueológicos fueron criados en la costa durante los primeros años de su vida. Este estudio preliminar demuestra todo el interés del método utilizado, a pesar de ciertas limitaciones, y sugiere también otro modo de gestión de los rebaños de camélidos durante el periodo mochica.

Palabras clave: *camélidos, crianza, análisis isotópicos secuenciales, cultura Mochica, Perú*

* CNRS-Paris 1, UMR 8096 *Archéologie des Amériques*. E-mail: nicolasgoepfert@yahoo.fr

** Muséum national d'Histoire naturelle-CNRS, UMR 7209 *Archéozoologie, Archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements*. E-mail: edufour@mnhn.fr

*** Programa Internacional Moche, Universidad Nacional de Trujillo (UNT). E-mail: belkysgl@hotmail.com

**** CNRS-Paris 1, UMR 8096 *Archéologie des Amériques*. E-mail: cchauch@gmail.com

Origine géographique des camélidés à la période mochica (100-800 apr. J.-C.) et analyse isotopique séquentielle de l'émail dentaire : approche méthodologique et apports préliminaires

Résumé

Fréquents dans les sites archéologiques côtiers péruviens à l'époque préhispanique, les camélidés sont aujourd'hui absents de ce milieu. Par conséquent, il a été suggéré que ces animaux parvenaient sur la côte au travers d'échanges avec la sierra. Ce travail constitue la première tentative d'utilisation des analyses séquentielles des teneurs isotopiques en oxygène pour reconstruire l'origine géographique des camélidés de la zone andine. L'analyse isotopique sérié a été appliquée à des spécimens archéologiques datés de la culture Mochica (100-800 A.D.) issus de la Plate-forme Uhle sur le site des Huacas de Moche et ont été comparés à un alpaga contemporain. Les résultats montrent que les camélidés archéologiques ont été élevés sur la côte pendant les premières années de leur vie. Cette étude préliminaire démontre l'intérêt de la méthode utilisée, malgré certaines limites. Elle suggère également un autre mode de gestion des troupeaux de camélidés à l'époque mochica.

Mots clés : *camélidés, élevage, analyses isotopiques séquentielles, culture Mochica, Pérou*

Camelid geographical origin during the Moche period (100-800 A.D.) and sequential isotopic analysis of tooth enamel: methodological approach and preliminary contribution

Abstract

Camelids are commonly found in coastal Peruvian archaeological sites dated to the Prehispanic period but are nowadays missing on the coast. Because of their modern geographical distribution it has been suggested that these animals were brought to the coast through exchanges with the sierra. The present work represents uses the sequential analysis of oxygen stable isotopes to reconstruct the geographical origin of Andean camelids. Serial isotopic analysis of dental enamel was performed on archaeological specimens excavated from the Uhle Platform at the site of Huacas de Moche, which is dated to the Mochica period (100-800 A.D.). These measurements are compared to those from a modern alpaca. The findings show that archaeological camelids were raised on the coast during their first years of life. This preliminary study highlights the potential of the serial isotopic approach despite its limitations. The study suggests alternative animal management practices during the Mochica period.

Key words: *camelids, breeding, sequential isotopic analysis, Mochica culture, Peru*

INTRODUCCIÓN

Los camélidos domésticos sudamericanos, la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Vicugna pacos*), han desempeñado y siguen jugando un papel importante en la economía y creencias de las poblaciones andinas. En la época prehispanica, la llama era la única bestia de carga que aseguraba el transporte de mercancías de una región a otra, su lana servía para vestirse, su carne para alimentarse, su cuero y huesos para fabricar diversas herramientas y adornos, sus heces se utilizaban

como combustible, sus entrañas para leer los augurios. La llama era utilizada también durante los rituales funerarios y todavía sigue siendo sacrificada para rendir homenaje a los antepasados y a las deidades (Flores Ochoa *et al.*, 1994). A pesar de la importancia de las llamas y alpacas, sus modalidades de crianza, la gestión de los rebaños y la ubicación de las áreas de cría en la época prehispánica aún son poco conocidas. La presencia de estos animales en la costa peruana se demuestra a través de la presencia de innumerables restos óseos encontrados en muchos sitios de la época prehispánica (Bonavia, 1996; Goepfert, 2011; 2012; Lozada *et al.*, 2009; Pozorski, 1976; 1979; Topic *et al.*, 1987; Shimada & Shimada, 1981; 1985; Vásquez *et al.*, 2003) y en particular los de la cultura Mochica que se desarrolló en la costa norte entre los años 100 y 800 d. C.

Ambas especies domésticas viven actualmente en la sierra, específicamente en la puna o altiplano, es decir en las zonas localizadas a más de 3 000 m de altitud. Sin embargo, están totalmente ausentes en las regiones bajas como la costa peruana, un desierto muy árido, área poco propicia a la crianza. La distribución actual de los camélidos ha influido durante mucho tiempo en las interpretaciones e hipótesis propuestas por los arqueólogos. En efecto, estos últimos no consideraron —o lo hicieron con un fuerte escepticismo— la posibilidad de una auténtica vida costeña de los camélidos en la época prehispánica. Por ejemplo, Pozorski & Pozorski (1979: 431) escribieron que:

The camelids at Huaca Negra are the earliest documented at a North Coast site, and they have been furnished from an inland center for ceremonial use in the temple.

Estos autores asumen que los camélidos encontrados en la Huaca Negra —un sitio formativo del valle de Virú— llegaron desde el «interior» de las tierras, refiriéndose probablemente a un sitio ubicado en la parte alta del valle o de la sierra, con el fin de ser utilizados en los rituales religiosos que se desarrollaban en el templo. Esta convicción ilustra el pensamiento general que subordinaba entonces el descubrimiento de estas especies en los sitios costeños a un origen externo, ubicado en la sierra. En un artículo de síntesis sobre las prácticas de crianza en la costa norte, Shimada & Shimada (1985) muestran la importancia cada vez más relevante de los camélidos a partir del fin del Periodo Intermedio Temprano y del Horizonte Medio. Según estos autores, los camélidos se criaban en la costa desde al menos la fase Moche V. Topic *et al.* (1987) insisten en la necesidad de diferenciar las especies domésticas de camélidos antes de tratar las modalidades de crianza. Para ellos, los datos fisiológicos de los animales y la utilización específica de los camélidos por los humanos (llamas para carga, alpacas para lana) condicionan el lugar de crianza. Para Topic *et al.* (1987), las alpacas no podían fisiológicamente ser criadas en la costa, lo que tiene como consecuencia que su lana fuese traída desde la sierra. Sin embargo, hay que tener más cuidado con estas correlaciones y con la atribución estricta de una especialización porque sabemos hoy día, por ejemplo, que la lana de llama era de una calidad sumamente fina para poder ser utilizada en la fabricación de textiles (Wheeler *et al.*, 1992: 471-473). También, los hallazgos de El Yaral fechados de la cultura Chiribaya (600-1000 d. C.) sugieren

que las alpacas vivían en la costa (Wheeler, 1996). Se podría argumentar que las poblaciones humanas prehispánicas practicaban una trashumancia hacia los valles medios y altos, desplazando sus animales hacia pisos ecológicos más ricos en recursos alimenticios y por lo tanto más favorables para la crianza de sus ganados antes de regresar a la costa. Sin embargo, esta hipótesis no concuerda con la presencia frecuente en los depósitos funerarios y sacrificiales mochicas de camélidos muy jóvenes, presentando una edad estimada de 3 a 9 meses (Goepfert, 2011; 2012). Estas crías eran demasiado frágiles para hacer largos viajes desde la puna hacia los valles de la costa. No existe, actualmente, testimonios etnográficos que demuestren la incorporación a las caravanas de animales de edad inferior a los 1,5-2 años (Flores Ochoa *et al.*, 1994; Lecoq, 1987).

Si se admite que la distribución geográfica y las preferencias ecológicas actuales de los camélidos son un fenómeno relativamente reciente, debido a los movimientos de los rebaños durante el periodo posconquista, las relaciones entre la zona costeña pacífica y la sierra peruana quedan por ser documentadas. Los datos arqueológicos, zooarqueológicos (Bonavia, 1996; Shimada & Shimada, 1981; 1985; Vásquez *et al.*, 2001; Wheeler, 1985; Wing, 1972; 1975) e isotópicos (DeNiro, 1988; Finucane *et al.*, 2006; Thornton *et al.*, 2011) han proporcionado un primer enfoque sobre las prácticas de crianza, pero no permiten responder todas las preguntas, en particular las relativas a la movilidad y permanencia de los animales en la costa. El objetivo de este trabajo es comprobar si el análisis isotópico secuencial del esmalte dentario permite reconstruir el origen geográfico de los camélidos cuyos restos óseos fueron encontrados en los sitios prehispánicos de la costa del Pacífico. Presentamos aquí los primeros resultados de análisis isotópicos seriados realizados sobre un sitio mochica (la Plataforma Uhle ubicada en el sitio de las Huacas de Moche) que fueron comparados con los obtenidos sobre un individuo actual de la puna (región de Arequipa). Se trata de un proyecto exploratorio y es importante exponer su protocolo. Por lo tanto, se hará hincapié en la metodología aún nueva en la zona andina.

1. CONTEXTO ECOLÓGICO, GEOGRÁFICO Y CRONOLÓGICO

Los Andes presentan características físicas, geomorfológicas, ecológicas y climáticas específicas con fuertes variaciones de altura, tasas anuales de precipitación, regímenes hídricos y temperaturas, condiciones que llevaron a la formación de un mosaico ambiental único en el mundo (Dollfus, 1978). El territorio peruano fue dividido por Pulgar Vidal (1996) en ocho regiones ecológicas repartidas de oeste a este (figs. 1 y 2).

Los Mochicas (100-800 d. C.) ocuparon un territorio extendido de aproximadamente 800 km, desde el valle de Piura, al norte, hasta el valle de Huarmey, al sur (fig. 2). El poder político no se organizó ni centralizó alrededor de una capital, pero se dividió independientemente por valles (Quilter & Castillo, 2010). Su territorio se encuentra en la costa norte, por debajo de los 500 m (fig. 2), y se desarrolló en un ambiente variado. De un ancho de 2 km, el litoral bordea un océano frío

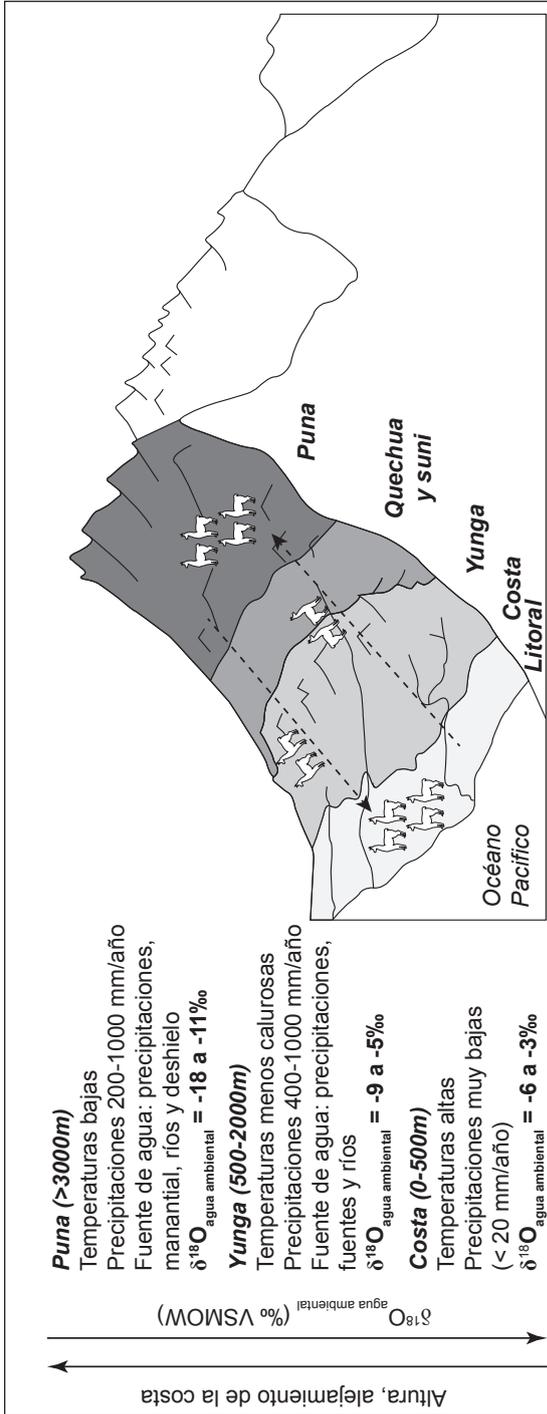


Figura 1 – Corte de los Andes mostrando el escalonamiento de los pisos ecológicos. Los tres modelos posibles de crianza de camélidos de los Andes también están presentados

Modificado de Pulgar Vidal, 1996, Lamina II

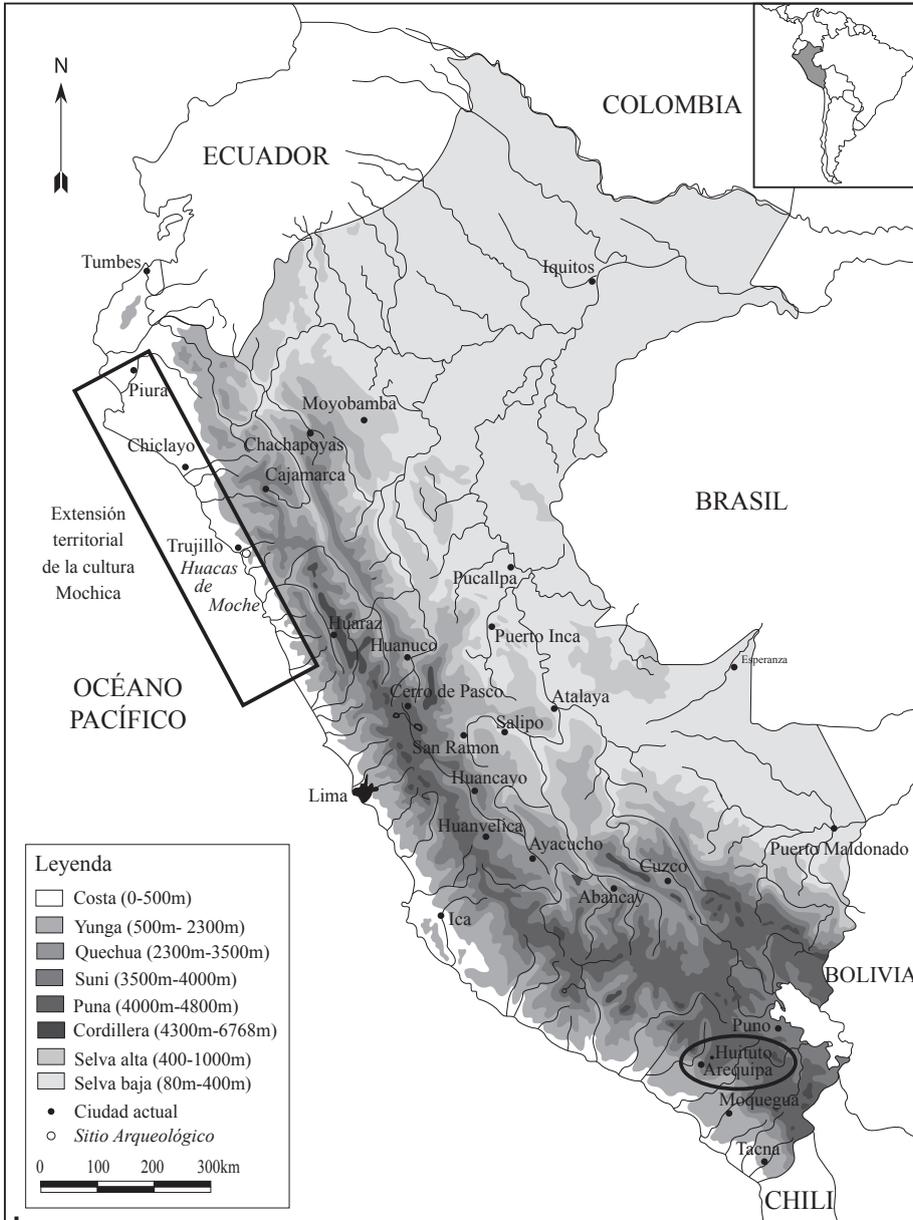


Figura 2 – Mapa del Perú con el relieve y la localización del sitio arqueológico de Moche et del pueblo Huituto

Modificado de Pulgar Vidal, 1996, Lamina I

y muy rico que se compone principalmente de playas arenosas. La costa, de una anchura aproximada de 25 km en la región de Moche, está cubierta con arena eólica y forma, en algunos lugares, dunas de gran tamaño (Peñaherrera Del Águila, 1986). Esta zona es muy árida, con menos de 20 mm de lluvia por año. El agua superficial es producto de las brumas del invierno, entre mayo y diciembre, llamadas garúa, y de los resurgimientos provenientes de una red de suministro subterráneo (Collin Delavaud, 1968). El relieve está dominado por una serie de colinas y lomas. Estas lomas, cuyo límite norte se encuentra en las faldas del Cerro Campana, a pocos kilómetros de Trujillo, absorben la humedad y contienen una vegetación específica, particularmente propicia a la fauna silvestre. Los ríos y quebradas cortan transversalmente, en un eje noreste-suroeste, la costa y la precordillera andina (figs. 1 y 2). Los ríos y valles son los componentes más activos y dinámicos del medio ambiente costero y han sido clasificados como oasis por Dollfus (1978). Fuera de los ambientes específicos, como lomas, desembocaduras de ríos y valles, el medio ambiente árido desierto de la costa no es favorable para los cultivos y la permanencia de los animales domésticos. La sostenibilidad de una agricultura diversificada fue posible gracias al desarrollo de un importante sistema de riego, cuyo control es, sin duda, una de las bases de la expansión de los mochicas en cada valle (Billman, 2002; Castillo, 2010).

La Cordillera de los Andes, también llamada sierra, cubre todas las zonas de montaña situadas por encima de los 1 600 m (figs. 1 y 2). La puna incluye las mesetas ubicadas sobre los 3 000 m. Las variaciones de temperatura intra-anales son bajas, el suministro de agua está dado por una temporada de lluvias (lluvia, nieve y granizo) y el nivel de precipitaciones oscila entre los 200 y 1 000 mm por año. Las zonas húmedas, manantiales y bofedales dominan el paisaje de altura. Estos medios ambientes son naturalmente propicios a la cría de llamas y alpacas que se concentran entre los 3 900 y 4 500 m (Franklin, 1982). Es aquí donde fueron domesticados (Lavallée *et al.*, 1985; Wheeler, 1985) y pudieron haber sido criados en la época prehispánica antes de unirse a los territorios costeros.

Entre la costa al oeste y la puna al este, se encuentra la precordillera andina que se eleva entre los 500 y 2 000 m. Es el hogar de una ecorregión húmeda, llamada yunga, rica en especies de plantas (Pulgar Vidal, 1996) (fig. 1). Esta zona está beneficiada por una fuerte insolación, una humedad relativamente baja y precipitaciones entre 400 y 1 000 mm por año. Entre los 2 000 y 3 000 m, se encuentran los niveles ecológicos que Pulgar Vidal (1996) llama quechua y suni. Los valles que la atraviesan han servido como canales de comunicación entre la puna y las regiones costeras.

2. MODALIDADES DE CRIANZA Y ENFOQUE ISOTÓPICO EN LOS ANDES

Algunos estudios isotópicos han sido realizados para estudiar las formas de crianza de los camélidos en los Andes durante la época prehispánica. Estos estudios han

utilizado el colágeno óseo, cuyos valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ y $\delta^{15}\text{N}_{\text{colágeno}}$) son marcadores de la alimentación. Ellos permiten distinguir y cuantificar el consumo de determinadas categorías alimenticias, como los recursos de origen marino frente a los recursos de origen terrestre, de plantas de fotosíntesis C_4 (como el maíz) frente a las plantas de fotosíntesis C_3 (como los arbustos, árboles y la mayoría de las hierbas) (DeNiro & Epstein, 1981; Minagawa & Wada, 1984; Tieszen, 1991). Así, el análisis de los restos óseos de diversos sitios reveló la complejidad de los modos de cría, mostrando la proporción más o menos importante del maíz en la dieta de los camélidos (Finucane *et al.*, 2006; Izeta *et al.*, 2009). Además, existe una relación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ medidos en las llamas domésticas actuales y la altura en la cual vivieron (Yacobaccio *et al.*, 2009). Estas variaciones naturales, combinadas con los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (ligadas a la aridez y la altitud) y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (ligada con la geología local), se utilizaron para reconstruir las zonas de pastoreo de los camélidos de cuatro sitios fechados del Horizonte Medio durante la segunda mitad del siglo XV (Thornton *et al.*, 2011).

Sin embargo, el uso del hueso para determinar el origen y movimientos de los animales está limitado por el funcionamiento metabólico del tejido óseo. Este último se renueva constantemente a lo largo de la vida del animal, continúa destruyéndose y reformándose después de haber alcanzado el crecimiento (pubertad) del individuo. Su análisis isotópico proporciona un registro completo promedio de la dieta del animal durante toda su vida. Por lo tanto, será difícil interpretar un valor isotópico de este tipo, como el resultado del consumo de una mezcla de diferentes tipos de recursos alimenticios (por ejemplo recursos marinos y terrestres; DeNiro, 1988), cambio de un tipo a otro (ligado a un suministro diferente) o un cambio de zona de crianza en algún momento de su vida. Al contrario, el análisis de tejidos cuyo calendario de crecimiento es fijo y que no sufre de remodelación después del depósito, como el esmalte dentario, permite reconstrucciones mucho más exactas de los movimientos.

3. DETERMINACIÓN DEL ORIGEN GEOGRÁFICO EN LA REGIÓN ANDINA MEDIANTE EL ANÁLISIS ISOTÓPICO DEL OXÍGENO

Las reconstrucciones del origen geográfico y de la movilidad residencial basadas en la medida de valores de $\delta^{18}\text{O}$ realizadas en el hueso o diente se apoyan, en primer lugar, en la relación entre el oxígeno contenido en el agua ingerida por el cuerpo humano o animal y el oxígeno del cuerpo (Luz *et al.*, 1984), y en segundo lugar, sobre la existencia de variaciones naturales de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del agua disponible en el medio ambiente. Las características geomorfológicas y climáticas de la región andina hacen de ella una zona privilegiada para el uso de medidas de $\delta^{18}\text{O}$ (Knudson, 2009; Webb *et al.*, 2011). La proporción entre isótopos ligeros (^{16}O) y pesados (^{18}O) de oxígeno varía según el medio ambiente. Así, las moléculas de agua conteniendo el isótopo ligero están preferentemente evaporadas respecto a los que contienen el isótopo pesado, mientras que la condensación de las

moléculas que contienen el isótopo pesado y su caída en forma de precipitación es predominante. El valor de $\delta^{18}\text{O}$ del agua meteórica ($\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$) es controlada por la cantidad de lluvia, altitud, latitud, distancia a la costa y temperatura (Epstein & Mayeda, 1953; Dansgaard, 1964; Bowen & Wilkinson, 2002). La gran amplitud de temperaturas, altitud, tasa de precipitaciones y sistemas hidrológicos entre los pisos ecológicos de la zona andina conducen a una gran variación natural de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ (Knudson, 2009). Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ de un lugar geográfico pueden ser estimados utilizando el Online Isotope in Precipitation Calculator (OIPC versión 2.2; <http://www.waterisotopes.org>). Este calculador modeliza los datos del Global Network for Isotopes in Precipitation database (IAEA/WMO, 2006; http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html) para calcular los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ anuales y las variaciones mensuales para el mundo entero (Bowen & Revenaugh, 2003; Bowen & Wilkinson, 2002). Toma en cuenta la ubicación geográfica: latitud, longitud, distancia al mar y altitud (Bowen & Revenaugh, 2003; Bowen & Wilkinson, 2002). El OIPC ha sido utilizado con éxito en otros estudios isotópicos comparando los valores locales de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ con los valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidas en los dientes (Daux *et al.*, 2008; Stevens *et al.*, 2011). Sin embargo, es importante tener en cuenta que se trata de valores medios que no toman en cuenta las variaciones interanuales cuya precisión en una determinada zona geográfica está ligada a la disponibilidad de valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ reales, valores todavía escasos en los Andes.

Las fluctuaciones de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ son teóricamente transferidas y retenidas en el cuerpo de los organismos y los valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidos en los restos arqueológicos permiten restituir el lugar de existencia. Sin embargo, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$) del agua tomada en superficie (ríos, lagunas, reservorios, canales de irrigación) por los animales e ingerida durante el consumo de las plantas no están únicamente ligadas a los valores de las precipitaciones, lo que complica el uso de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidos en los organismos como marcador del origen geográfico (Knudson, 2009). Los valores del agua superficial están influenciados por los movimientos entre regiones ecológicas, la evaporación de sus orígenes (lluvias o agua de derretimiento) y la mezcla con las aguas subterráneas (Sharp, 2007; Webb *et al.*, 2011).

Los valores del agua ambiental en general (agua de superficie, precipitaciones, aguas subterráneas) han sido estimados entre de -6 a -3 ‰ en la costa, de -9 a -5 ‰ para la yunga y de -18 a -11 ‰ para la puna (fig. 1; IAEA/WMO, 2006; Knudson, 2009).

A menudo asociado con las medidas de estroncio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (relacionadas con la edad y la naturaleza geológica de la zona geográfica donde se alimentó el animal), estas medidas han conocido últimamente un gran desarrollo para el estudio de la movilidad humana en los Andes (Buzon *et al.*, 2011; Knudson, 2011; Knudson & Price, 2007; Knudson *et al.*, 2010; Webb *et al.*, 2011). Por otra parte, el muestreo secuencial junto al análisis isotópico de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del esmalte ($\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$) a lo largo del eje de crecimiento de los dientes hipsodontos de los bovinos y de

los camélidos, permite restituir finamente la cronología de los movimientos de los animales. Este enfoque ha sido utilizado con éxito en diferentes regiones del mundo (Balasse *et al.*, 2002; Henton *et al.*, 2010), pero nunca fue aplicado en los Andes.

4. MATERIAL

El sitio de las Huacas de Moche está situado en el valle de Moche, en la margen izquierda del río del mismo nombre, ubicado a 4 km de la ciudad de Trujillo (región La Libertad) (fig. 2). Se organiza en torno a dos pirámides, la Huaca del Sol y la Huaca de la Luna, que están separadas por una llanura desértica que cubre una ciudad antigua, llamada Zona Urbana. La Plataforma Uhle es una

estructura que mide 75 m de largo por 25 m de ancho, ubicada al pie de la fachada oeste de la Huaca de la Luna. Ha sido el lugar de varias excavaciones, en particular las del Programa Internacional Moche (Chauchat, 2000; Chauchat *et al.*, 2008; 2009) que llevaron al descubrimiento de 57 tumbas mochicas, varias zonas de sacrificios humanos e importantes depósitos. Tres individuos arqueológicos (*Lama sp.*) provenientes de un depósito ceremonial (elemento 21) y un entierro (tumba 16) (fig. 3) fueron seleccionados para este estudio (Chauchat & Gutiérrez, 2004; 2008; 2009). Estos contextos han sido fechados, respectivamente, de las fases Moche I (100-250 d. C.) y Moche II-III (250-450 d. C.) según la secuencia estilística de Larco Hoyle (1948). La alpaca actual fue seleccionada en mayo de 2011 en un criadero tradicional, en el pueblo de Huituto (fig. 4), ubicado cerca de Tocra en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, localizada en la región de Arequipa (fig. 2). Se trata de un rebaño tradicional con camélidos que viven y pasan toda su vida en la puna. El camélido escogido para este estudio proviene de una región muy alejada del sitio de Huacas de Moche y obviamente, a la época prehispánica, los mochicas no tenían interacciones con

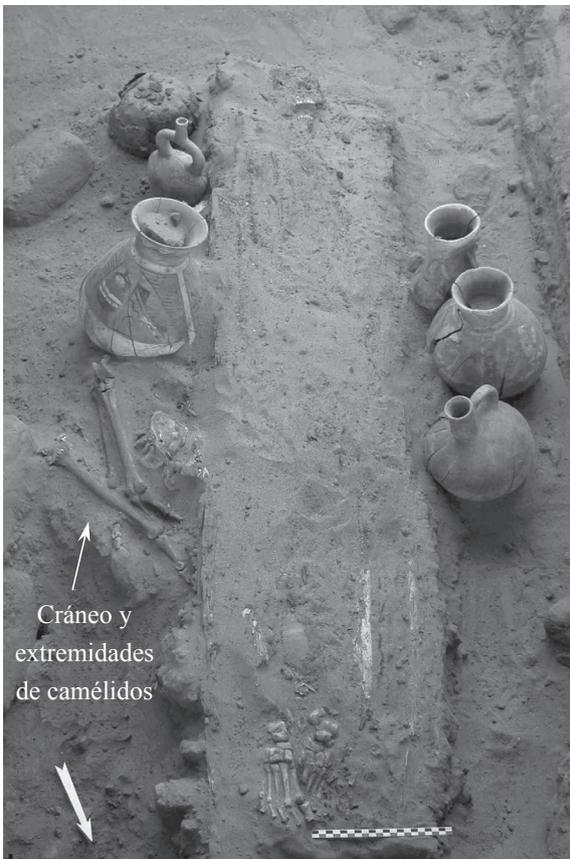


Figura 3 – Vista general de la tumba 16 de la Plataforma Uhle con la ubicación de las ofrendas de camélidos
Foto: Programa Internacional Moche

criadores de esa zona. Sin embargo, consideramos que los camélidos de la puna de la región de Arequipa presentan valores cercanas a los de la puna de la región La Libertad ya que comparten características medioambientales similares.



Figura 4 – Rebaño de llamas y alpacas en Huituto (región de Arequipa)

Foto: N. Goepfert

La edad de los individuos varía entre los 4-4,5 años y 11-13 años (tab. 1) y fue estimada mediante el estudio de los estadios de erupción y desgaste dentario cuyo calendario fue establecido por Wheeler (1982).

Para los cuatro individuos estudiados, los segundos y terceros molares (M2 y M3) de la hemimandíbula derecha fueron seleccionados. El calendario de formación de cada diente, que es fijo para una especie determinada, es desconocido para los camélidos sudamericanos. Solo se conoce la edad de erupción dentaria, edad para la cual la corona está completamente formada. Es de 6 a 9 meses para el M1, de 17 a 24 meses para el M2 y de 33 a 44 meses para el M3 (Wheeler, 1982). Sin embargo, la formación del esmalte de la corona empieza antes. En comparación con el cordero doméstico (*Ovis aries*), la corona del M1 empieza a formarse dos meses antes del nacimiento y alcanza su altura máxima a los 6 meses; la del M2 se inicia durante el segundo mes de vida y termina cuando el animal tiene 12 meses; finalmente la del M3 comienza antes de que el cordero llegue a los 11 meses y termina entre los 18 y 25 meses (Milhaud & Nézit, 1991; Witter & Misek, 1999; Zazzo *et al.*, 2010). El crecimiento de los molares de los camélidos es potencialmente comparable y el análisis de los tres molares (M1 a M3) permite, teóricamente, restituir el registro continuo de los primeros 3-4 años de vida de estos animales. Sin embargo, todos los individuos presentan un desgaste de la corona dentaria y, en consecuencia, se eliminó el registro de los primeros momentos del crecimiento de cada diente. Además, el consumo de leche materna pudo influir en los valores isotópicos de los tejidos en formación,

Cuadro 1 – Valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidos en el esmalte ($\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ ‰ VSMOW) y valores reconstruidos de agua de bebida ($\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ ‰ VSMOW)

(Δ : alcance de la variación, max-min; S. D: standard deviation, es decir desviación estándar)

	Edad	Diente	$\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ (‰ VSMOW)					$\delta^{18}\text{O}_{\text{agua de bebida}}$ (‰ VSMOW)				
			min	max	Δ	media	S.D.	min	max	Δ	media	S.D.
Areq-1	9 - 11 años	M2	21,7	22,3	0,6	22,0	± 0,2	-12,1	-11,5	0,7	-11,8	± 0,2
		M3	20,6	25,5	4,9	22,6	± 1,4	-13,3	-8,1	5,2	-11,1	± 1,5
UH-8	6 años	M2	30,2	31,5	1,3	31,1	± 0,3	-3,0	-1,6	1,3	-2,0	± 0,3
		M3	29,4	30,6	1,2	30,3	± 0,3	-3,9	-2,5	1,3	-2,8	± 0,3
UH-10	4 años 6 meses - 4 años 9 meses	M2	29,0	30,7	1,7	29,7	± 0,5	-4,3	-2,4	1,9	-3,5	± 0,5
		M3	28,7	30,1	1,4	29,2	± 0,5	-4,6	-3,1	1,5	-4,0	± 0,5
UH-11	11 - 13 años	M2	31,1	32,3	1,2	31,7	± 0,3	-2,0	-0,8	1,2	-1,4	± 0,4
		M3	27,5	30,2	2,7	28,3	± 0,8	-5,8	-3,0	2,9	-4,5	± 0,9

complicando la interpretación en términos de origen geográfico. Debido a este posible sesgo con la M1 en formación, elegimos exclusivamente los M2 y M3. El destete se da a los 6 meses de edad, la influencia del consumo de leche materna está ausente para la M3 y, si existe, es muy bajo para la M2.

5. MUESTREO SECUENCIAL Y ANÁLISIS DE LA BIOAPATITA DEL ESMALTE DENTARIO

La superficie de cada diente se limpió cuidadosamente por abrasión con una molidora eléctrica equipada de una fresa de tungsteno para eliminar el cemento y los contaminantes potenciales. La altura de la corona de cada diente se midió en la cara lingual al nivel del lóbulo anterior sobre el cual fue realizado el muestreo.

Para los dos dientes del individuo actual, el muestreo se realizó con una molidora eléctrica equipada de una fresa adiamantada haciendo surcos de 1 mm de ancho, tomados en el espesor de la capa de esmalte desde la cara oclusal (ápex) hasta la unión entre el esmalte y la raíz (cuello). Se obtuvo así una serie de 9 (M2) y 15 (M3) surcos paralelos entre ellos y perpendiculares al eje de crecimiento de ambos dientes (fig. 5). Para los dientes arqueológicos, su fragilidad y el riesgo de grietas del esmalte nos obligaron a modificar el método de muestreo. Se separó primero la capa de esmalte del lóbulo anterior en toda la altura de la corona, antes de eliminar la dentina —todavía pegada a la cara interior— con una fresa de tungsteno. La capa de esmalte se muestreó secuencialmente por abrasión en bandas sucesivas de aproximadamente 1 mm de altura sobre todo su espesor, desde la cara oclusal hasta el cuello. Se obtuvo entre 17 y 35 ranuras —es decir muestras— por diente, lo que da un total de 164 muestras.

Las muestras de polvo de esmalte fueron tratadas con ácido acético 0,1 M durante 4 horas, enjuagadas por lo menos cuatro veces y secadas en una estufa

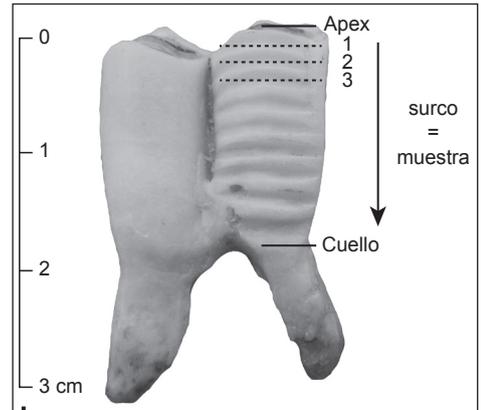


Figura 5 – Fotografía del segundo molar (M2) de la alpaca actual (Areq-1) después del muestreo secuencial del esmalte. Las muestras tomadas a lo largo de la corona se identifican por su distancia desde el cuello (mm)

Foto: N. Goepfert

a 50 °C. Este tratamiento a base de ácido acético permite la eliminación de los carbonatos exógenos y se aplicó a todas las muestras, aunque las actuales no presentan un riesgo de contaminación post mortem. Todas fueron sometidas al mismo protocolo y los resultados pueden ser directamente comparados.

Las muestras de polvo de esmalte que pesaban entre 550 y 650 μm fueron puestas a reaccionar individualmente con ácido ortofosfórico a 70 °C en un robot preparador de carbonato KIEL IV acoplado a un espectrómetro de masa isotópica Delta V Advantage (Thermo) en el servicio de espectrometría de masa isotópica del Museo Nacional de Historia Natural (París, Francia). Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se expresan en variación relativa per mil en relación al estándar internacional VSMOW (Vienna Standard Mean Oceanic Water):

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{muestra}} = [({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{muestra}}) / ({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{estandar}}) - 1] \times 1000 \quad (\text{Eq. 1})$$

La precisión analítica (1σ), inferior a 0,04 ‰, se determinó por análisis repetido de un patrón interno previamente calibrado con la norma internacional NBS-19.

6. COMPARACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL ESMALTE Y DEL MEDIO AMBIENTE

Para comparar los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ en los dientes de los camélidos medidos a valores ambientales, es necesario estimar los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de agua de bebida ($\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$) ingerida por los animales. Se establecieron varias ecuaciones de fraccionamiento isotópico entre los valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidos en la fracción carbonato o fosfato de la bioapatita ósea y del esmalte de los vertebrados. Debido al hecho que no existe una ecuación específica para los camélidos, utilizamos una ecuación establecida para todos los taxones de mamíferos (Eq. 2) (Amiot *et al.*, 2004), que es entonces válida para las alpacas y llamas. Esta ecuación necesita primero la conversión de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{carbonato}}$ en valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{fosfato}}$ (Eq. 3) (Lécuyer *et al.*, 2010):

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{agua de bebida VSMOW}} = 1,113 \delta^{18}\text{O}_{\text{fosfato VSMOW}} - 26,441 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{fosfato VSMOW}} = (\delta^{18}\text{O}_{\text{carbonato VSMOW}} - 8,33) / 1,035 \quad (\text{Eq. 3})$$

7. RESULTADOS

7. 1. Registro del medio ambiente por el esmalte del camélido actual

Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ de la alpaca actual (Areq-1) varían desde 20,6 ‰ hasta 25,5 ‰ con una amplitud de 0,6 ‰ para el M2 y el 4,9 ‰ para el M3 (cuadro 1, fig. 6). Los valores presentan una cierta continuidad entre la parte inferior de la

corona del M2 y la parte superior de la corona del M3 (fig. 6). Solamente la variación de los valores del M3 presenta cierta ciclicidad. Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ son estimados y se utilizaron las ecuaciones 2 y 3 para comprobar si los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ de Areq-1 reflejan los valores del agua del medio ambiente donde vivía el animal. Los valores medios reconstruidos de $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ son $-11,8\text{‰}$ para el M2 y $-11,1\text{‰}$ para el M3 (cuadro 1).

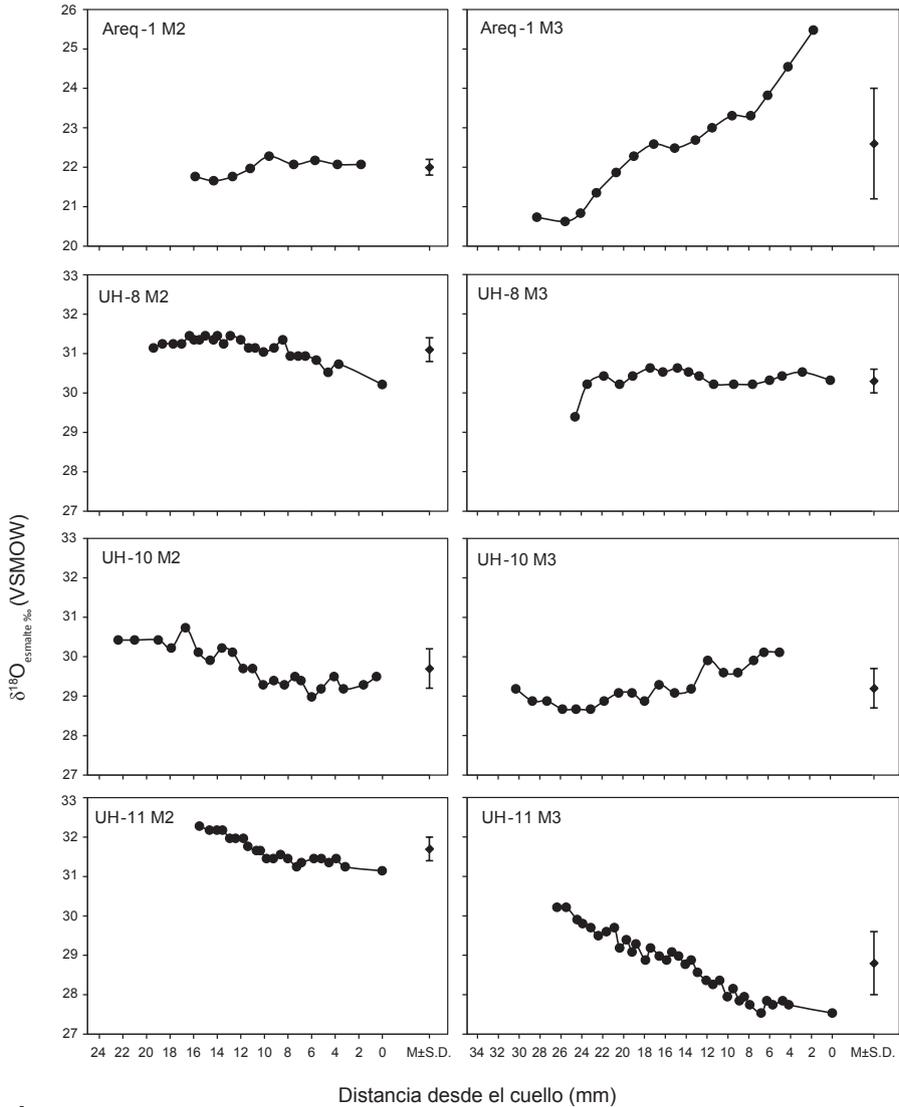


Figura 6 – Representación de los Valores $\delta^{18}\text{O}$ del esmalte ($\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}} \text{‰ VSMOW}$) en la secuencia de los M2 y M3 de la alpaca actual (AREQ-1) y de los tres camélidos arqueológicos (UH-8, UH-10, UH-11). El valor medio y la desviación estándar ($M \pm SD$) en la medida (1σ) están también indicados para cada diente.

Los valores del agua superficial accesible para los animales criados en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca no están disponibles; tampoco los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$. Estos últimos, estimados gracias al OIPC, varían de $-17,3\text{‰}$ a $-7,0\text{‰}$ (amplitud de $10,3\text{‰}$) con una ciclicidad estacional y un valor promedio de $-11,8 \pm 3,4\text{‰}$ (fig. 7). Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ reconstruidos para ambos dientes presentan una variación menor ($0,7\text{‰}$ para el M2 y $5,2\text{‰}$ para el M3) pero valores medios similares a los previstos para las precipitaciones. Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ del individuo actual (Areq-1) parecen reflejar el valor ambiental de la puna donde la alpaca se crió, pero sin mostrar el rango de amplitud de las variaciones.

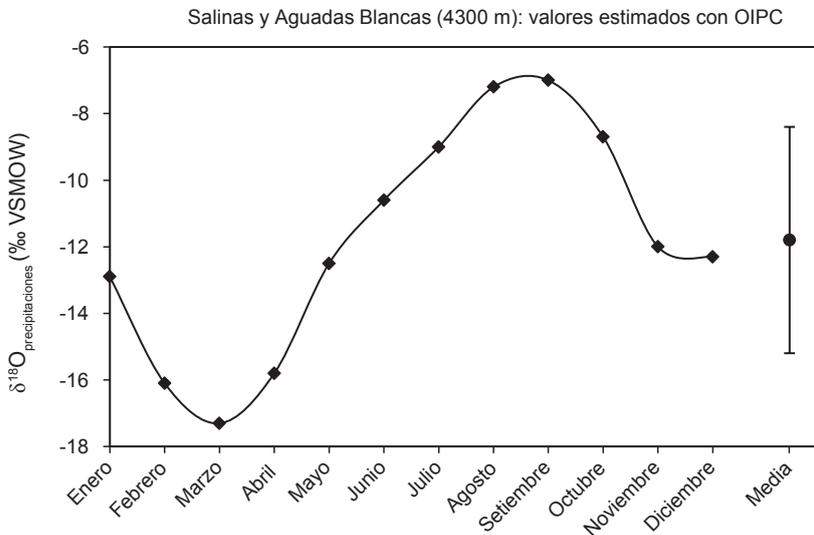


Figura 7 – Simulación de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de las precipitaciones ($\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}} \text{‰ VSMOW}$) para la reserva de Salinas y Aguada Blanca (4300m de altitud; OIPC versión 2.2). El valor medio y la desviación estándar ($M \pm SD$) en la medida (1σ) también están indicados.

7. 2. Estimación del origen de los camélidos del sitio de Moche por el análisis secuencial del esmalte

Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ de los M2 y M3 de los tres individuos arqueológicos (UH-8, UH-10 y UH-11) varían de $27,5\text{‰}$ a $32,3\text{‰}$ con una amplitud intra-individual de $1,2\text{‰}$ a $2,7\text{‰}$ (cuadro 1, fig. 6). Los valores de los especímenes arqueológicos son sistemáticamente superiores a los de la muestra actual (cuadro 1, figs. 6 y 8). La comparación de los valores estimados de $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ con los valores ambientales medidos por el IAEA (fig. 7) y predichos por el OIPC ($-4,6 \pm 1,8\text{‰}$ para la ciudad de Trujillo) muestra que las coronas de los M2 y M3 de los tres individuos (UH8, UH-09 y UH-10) han registrado valores dentro o superiores

al rango de variación establecido para la costa (fig. 8). Solo la parte inferior de la corona del M3 de UH-11 presenta valores que podrían entrar en la amplitud ambiental de la yunga. El rango de variación medido indica también que ni los tres individuos arqueológicos provenientes del sitio de Moche ni el espécimen actual de la región de Arequipa, cambiaron de zona de cría durante el periodo de crecimiento de sus M2 y M3 (con la posible excepción de UH-11 al final del crecimiento del M3) (fig. 8).

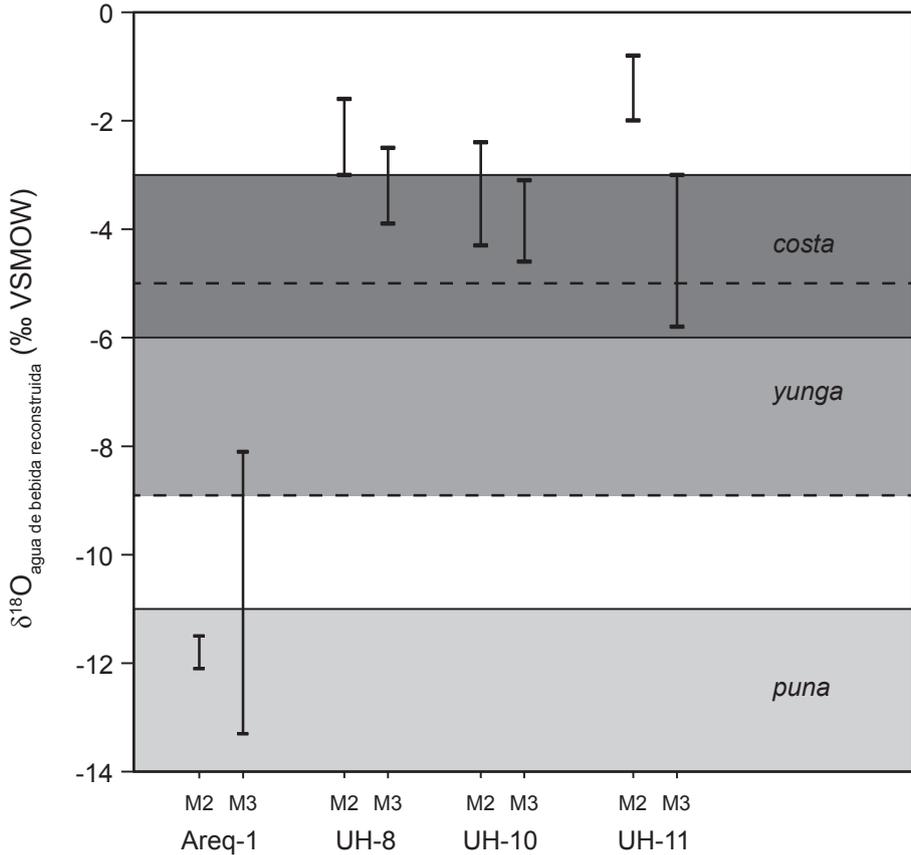


Figura 8 – Comparación de los rangos de variación de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de la agua de bebida ($\delta^{18}\text{O}_{\text{agua de bebida}}$ ‰ VSMOW) reconstruidos a partir de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del esmalte ($\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$) para los dientes M2 y M3 del alpaca actual y de los tres camélidos arqueológicos.

8. DISCUSIÓN

8. 1. Reconstrucción del origen de los camélidos gracias al análisis secuencial isotópico del esmalte

Este estudio constituye el primer intento de utilización de los análisis isotópicos secuenciales del esmalte dentario de los camélidos en la zona andina para restituir la zona de cría de estos animales. Se trata de un estudio preliminar realizado sobre un pequeño número de individuos. Sin embargo, los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ separan claramente y sin superposición a los tres individuos arqueológicos provenientes del sitio costeño de Moche de la alpaca actual criada toda su vida en la puna de Arequipa. La comparación de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua bebida}}$ de la alpaca actual con la gama de variación de $\delta^{18}\text{O}$ del agua del medio ambiente de la puna a partir de los datos del IAEA y de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ predicho por el OIPC muestra que las medidas de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ reflejan claramente el origen montañoso del animal. Camélidos actuales provenientes de la puna de la región La Libertad, zona con la cual los mochicas pudieron intercambiar, serán próximamente analizados para confirmar este primer resultado. Los tres individuos arqueológicos presentan valores significativamente más altos y compatibles —en parte— con el rango de variación de $\delta^{18}\text{O}$ del agua del medio ambiente costeño. Estos resultados sugieren una crianza costeña y la ausencia de movimientos de largo alcance durante el periodo que abarca el crecimiento de los segundos y terceros molares de los camélidos encontrados en la Plataforma Uhle en Moche.

Este primer estudio muestra la pertinencia del enfoque isotópico seriado, pero no responde sin embargo todas las preguntas posibles sobre su aplicación. Si los M2 y M3 de la alpaca actual registran los valores medios de las precipitaciones predichas por el OIPC, no reflejan completamente la ciclicidad estacional del medio ambiente. En comparación, un ciclo estacional completo es registrado por los M2 y M3 de cordero, lo que permite estimar la estacionalidad de los nacimientos (Balasse *et al.*, 2011). Es posible que el crecimiento de los M2 y M3 dure menos de un año para los camélidos sudamericanos, pero la utilización de una alpaca relativamente vieja (9-11 años) cuyo desgaste de la cara oclusal de los molares provocó la pérdida de una parte de la señal, no permite responder a esta pregunta. Para futuros análisis será esencial obtener un calendario preciso de formación de los dientes. Además, todo el rango de variaciones de $\delta^{18}\text{O}_{\text{precipitación}}$ no está registrado por el esmalte dentario. La formación del esmalte es un fenómeno complejo que se desarrolla en dos etapas (crecimiento y maduración) (Suga, 1982) y según una geometría compleja que resulta con una atenuación de la señal isotópica medida a lo largo de los dientes hipsodontos (Passey & Cerling, 2002; Balasse, 2003; Zazzo *et al.*, 2005). Las consecuencias sobre la restitución permitida con la técnica de muestreo secuencial de los dientes de camélidos, deberán ser estimadas como se hizo anteriormente con otras especies domésticas (Passey & Cerling, 2002; Balasse, 2003; Zazzo *et al.*, 2005).

Los valores ambientales con los cuales fueron comparados los de $\delta^{18}\text{O}_{\text{esmalte}}$ han sido establecidos a partir de datos adquiridos a lo largo de los Andes o de valores de precipitación estimados para las zonas estudiadas. Sin embargo, los camélidos obtienen su agua comiendo plantas o tomando el agua disponible, que puede derivar de diferentes fuentes o de las precipitaciones locales. Los ríos, lagunas y otras fuentes de agua pueden ser alimentados por las precipitaciones de altitud que tienen un valor isotópico diferente. Según la región, los hombres y animales pueden ser suministrados con agua de pozo y manantiales alimentados por aguas de los acuíferos subterráneos también susceptibles a presentar valores isotópicos diferentes. Esto podría explicar también por qué la alpaca de la puna no registró todas las variaciones estacionales de precipitaciones previstas por el OIPC. El problema de delimitación del rango de variación de cada área geográfica y ecológica es particularmente importante para la costa. Debido a la extrema aridez del clima costero, las precipitaciones no son la fuente del agua consumida por los seres humanos y animales. Esta última proviene de los Andes a través de los ríos que atraviesan la costa y que son alimentados por las lluvias y el deshielo en la sierra, o la red de acuíferos subterráneos. Los valores registrados por los dientes de los individuos arqueológicos de la Plataforma Uhle indican que los camélidos tomaron agua que presentan valores muy altos, superiores al rango de variación estimado para esta zona (fig. 8). Estos valores podrían explicarse por el consumo de agua altamente evaporada. El desarrollo futuro del enfoque isotópico basado en el análisis secuencial del esmalte dentario, la medida del agua disponible localmente —y no solamente utilizar el rango de variación medido a través los Andes—, resulta necesario para una determinación más detallada del origen de los animales o de los humanos (Buzon *et al.*, 2011; Webb *et al.*, 2011).

8. 2. Revisión de las modalidades de crianza en la costa norte en la época mochica

De acuerdo con el postulado clásico, los camélidos presentes en la costa durante la época prehispánica provenían de sitios localizados en la sierra. Este modelo implica una organización política donde los sitios secundarios ubicados en los valles medios y altos estuvieron encargados de la ganadería de camélidos. Ellos proporcionaban entonces las materias primas a los principales sitios ceremoniales ubicados en los valles bajos (algunos pueden ser considerados de alguna manera como capital de valle). El origen local costero de los camélidos del sitio de las Huacas de Moche sugerido por las medidas isotópicas secuenciales del esmalte dentario presentadas en este trabajo, no encaja exactamente con el esquema de una relación vertical entre sitios principales y satelitales. A diferencia de otros productos que llegaban a la costa desde las alturas a través de caravanas, los camélidos encontrados en los contextos mochicas de la Plataforma Uhle tiene un origen local y no parecen haber dejado la costa durante el crecimiento de sus M2 y M3.

En consecuencia, no hubo movimientos hacia los pisos superiores de la sierra; es decir, ninguna trashumancia al menos durante los primeros 4 años de vida de

estos animales. Las llamas y alpacas no estarían circunscritas a la puna, y estos resultados confirman que podrían haber vivido y sido criados normalmente en la costa peruana desde, al menos, la época mochica. Esto plantea la cuestión del lugar de cría en la costa. Debía realizarse en la periferia de los grandes centros ceremoniales, sin embargo, no se encontró ningún corral o estructura de este tipo en el sitio de Moche, sea cerca de la Huaca de la Luna o en la Zona Urbana. Además ¿los recursos locales eran suficientes o los animales debían ser forrajeados? Aunque no permiten responder estas preguntas, estos primeros resultados cambian nuestra visión de la utilización de los recursos naturales en la región andina. Sin cuestionar la existencia de caravanas de llamas y el concepto de movilidad vertical entre los diferentes pisos ecológicos (Murra, 1975), estos datos constituyen, sin embargo, una pequeña enmienda a este modelo, en particular sobre el lugar de crianza de los camélidos y de utilización de los recursos naturales.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Desde hace cuarenta años, los análisis de isótopos estables han alcanzado un importante desarrollo en Arqueología, ya que permiten reconstruir diferentes características de las historias de vida de los hombres y animales, como la alimentación, movilidad residencial o las prácticas de crianza. Nuestro estudio es un primer intento de utilización de los valores isotópicos de oxígeno del esmalte dentario en la zona andina. Aunque este trabajo es preliminar debido al poco número de individuos estudiados, este estudio demuestra su relevancia para la determinación del origen geográfico de los camélidos en la época mochica. El desarrollo de este enfoque implica también un mejor conocimiento del crecimiento de la corona de los molares de los camélidos y las variaciones naturales de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del agua del medio ambiente en cada una de las potenciales zonas de cría. También se beneficiarían de la utilización de un trazador complementario del origen, como las medidas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Bethard *et al.*, 2008).

Si se confirman por el análisis de un corpus mayor de individuos, estos resultados tienen un alcance más amplio que la determinación del origen de los camélidos del sitio de Moche porque desafían al modelo «clásico» del origen montañoso de los animales encontrados en contextos arqueológicos de los sitios costeros. La crianza de los camélidos se realizaría entonces en la costa, probablemente a la escala de sitio o del valle. El establecimiento de un corpus más amplio de especímenes debería también ayudar a entender el sistema de gestión de los rebaños de camélidos en la época mochica a una escala regional y para una misma cultura, lo que nunca se hizo —si no hasta ahora— en el área andina. Muestras provenientes de sitios de diferentes alturas en un mismo valle, pero también de los diferentes valles del área mochica, ofrecerán una visión general de las diferencias o similitudes a lo largo del territorio. Será necesario entender cómo la permanencia de los rebaños ha sido posible en este medio ambiente a priori inhóspito. Las respuestas a estas preguntas constituirán, sin duda, un avance significativo en la comprensión de los procesos de adaptación humana y de sus rebaños domésticos a la costa desértica peruana, sede del desarrollo de importantes culturas.

Agradecimientos

Agradecemos a Joël Ughetto (CNRS UMR 7209) para su ayuda durante los análisis isotópicos y Marie Balasse (CNRS UMR 7209) por usar los equipos de la plataforma de preparación. Muchas gracias a Antoine Zazzo (CNRS UMR 7209) para la lectura del manuscrito y sus numerosos comentarios. Los análisis isotópicos fueron financiados gracias al Action Transversale du Muséum « Biodiversité actuelle et passée » del Museo nacional de Historia natural de París.

Un agradecimiento especial a los criadores de llamas y alpacas del pueblito de Huituto, en particular los señores Andrés Quispe, Cayetano Mamani y Mauro Quispe.

Referencias citadas

- AMIOT, R., LÉCUYER, C., BUFFETAUT, E., FLUTEAU, F., LEGENDRE, S. & MARTINEAU, F., 2004 – Latitudinal temperature gradient during the Cretaceous Upper Campanian-Middle Maastrichtian: $\delta^{18}\text{O}$ record of continental vertebrates. *Earth and Planetary Science Letters*, **226** (1-2): 255-272.
- BALASSE, M., 2003 – Potential biases in sampling design and interpretation of intra-tooth isotope analysis. *International Journal of Osteoarchaeology*, **13** (1-2): 3-10.
- BALASSE, M., OBEIN, G., UGHETTO-MONFRIN, J. & MAINLAND, I., 2011 – Investigating seasonality and season of birth in pastherds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios. *Archaeometry*, article first published online: 19 jul. 2011, DOI: 10.1111/j.1475-4754.2011.00624.x
- BALASSE, M., SMITH, S. H., SMITH, A. B. & PRICE, T. D., 2002 – The seasonal mobility model for prehistoric herders in the south-western Cape of South Africa assessed by isotopic analysis of sheep tooth enamel. *Journal of Archaeological Science*, **29**: 917-932.
- BETHARD, J. D., GAITHER, C., VÁSQUEZ SÁNCHEZ, V. F. & ROSALES THAM, T., 2008 – Isótopos estables, dieta y movilidad de los pobladores de un conjunto residencial en Santa Rita B, Valle de Chao, Perú. *Revista de Bioarqueología Archaeobios*, **2** (1): 19-27.
- BILLMAN, B., 2002 – Irrigation and the origins of the southern moche state on the north coast of Peru. *Latin American Antiquity*, **13** (4): 371-400.
- BONAVIA, D., 1996 – *Los Camélidos sudamericanos. Una introducción a su estudio*, 845 pp.; Lima: IFEA-UPCH-Conservación Internacional.
- BOWEN, G. J. & REVENAUGH, J., 2003 – Interpolating the isotopic composition of modern meteoric precipitation. *Water Resources Research*, **39** (10): 1299.
- BOWEN, G. J. & WILKINSON, B., 2002 – Spatial distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in meteoric precipitation. *Geology*, **30** (4): 315-318.
- BUZON, M. R., CONLEE, C. A. & BOWEN, G. J., 2011 – Refining oxygen isotope analysis in the Nasca region of Peru: an investigation of water sources and archaeological samples. *International Journal of Osteoarchaeology*, **21** (4): 446-455.
- CASTILLO BUTTERS, L. J. 2010 – Moche politics in the Jequetepeque valley. A case for Political Opportunism. In: *New perspectives on Moche political organization* (J. Quilter & L. J. Castillo B., eds): 83-109; Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.

- CHAUCHAT, C., 2000 – Grande cité de Moche. Découvertes dans la mystérieuse. *Archeologia*, **368**: 32-41.
- CHAUCHAT, C. & GUTIÉRREZ LEÓN B., 2004 – Excavaciones en la Plataforma Uhle. In: *Informe técnico 2003. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna* (S. Uceda & R. Morales, eds): 53-81; Trujillo: Universidad Nacional de la Libertad-Backus-Fundación Wilson.
- CHAUCHAT, C. & GUTIÉRREZ LEÓN B., 2008 – Excavaciones en la Plataforma Uhle. In: *Informe técnico 2007. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna* (S. Uceda & R. Morales, eds): 53-81; Trujillo: Universidad Nacional de la Libertad-Backus-Fundación Wilson.
- CHAUCHAT, C. & GUTIÉRREZ LEÓN B., 2009 – Excavaciones en la Plataforma Uhle. In: *Informe técnico 2008. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna* (S. Uceda & R. Morales, eds): 53-81; Trujillo: Universidad Nacional de la Libertad-Backus-Fundación Wilson.
- CHAUCHAT, C., GUTIÉRREZ, B., DEVERLY, D. & GOEPFERT, N., 2008 – Recherches sur l'élite de la société mochica. La Plate-forme Uhle à Moche, sur la côte nord du Pérou. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, **111-112**: 116-122.
- CHAUCHAT, C., GUTIÉRREZ, B., DEVERLY, D., GOEPFERT, N. & HUCHET, J.-B. 2009 – La Plataforma Uhle en Moche: una síntesis de los descubrimientos. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia de Trujillo*, **11**: 85-110.
- COLLIN DELAUDAUD, C., 1968 – *Les régions côtières du Pérou septentrional*, 600 pp.; Lima: IFEA.
- DANSGAARD, W., 1964 – Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, **16**: 436-467.
- DAUX, V., LECUYER, C., HERAN, M. A., AMIOT, R., SIMON, L., FOUREL, F., MARTINEAU, F., LYNNERUP, N., REYCHLER, H. & ESCARGUEL, G., 2008 – Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited. *Journal of Human Evolution*, **55**: 1138-1147.
- DENIRO, M. J., 1988 – Marine food source for prehistoric coastal Peruvian camelids: isotopic evidences and implications. In: *Economic prehistory of the Central Andes* (E. S. Wing & J. C. Wheeler, eds.): 119-130; Oxford: British Archaeological Reports International Series 427 (BAR).
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S., 1981 – Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45**: 341-351.
- DOLLFUS, O., 1978 – Les Andes intertropicales : une mosaïque changeante. *Annales ESC (Économies, Sociétés, Civilisations)*, n.º **5-6**: 895-905. N.º especial: Anthropologie Historique des Sociétés Andines; París.
- EPSTEIN, S. & MAYEDA, T. K., 1953 – Variations of the $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratio in natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **4**: 213.
- FINUCANE, B., MAITA AGURTO, P. & ISBELL, W. H., 2006 – Human and animal diet at Conchopata, Peru: stable isotope evidence for maize agriculture and animal management practices during the Middle Horizon. *Journal of Archaeological Science*, **33**: 1766-1776.
- FLORES OCHOA, J. A., MacQUARRIE, K. & PORTUS, J., 1994 – *Oro de los Andes. Las Llamas, Alpacas, Vicuñas y Guanacos de Sudamérica*, 2 vols.; Barcelone: Jordi Blassi.
- FRANKLIN, W. L., 1982 – Biology, ecology, and relationship to man of the South American camelids. In: *Mammalian biology in South America* (M. A. Mares & H. H. Genoways, eds.): 457-489; Linesville: Pymatuning Laboratory of Ecology Special Publication 6. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

- GOEPFERT, N., 2011 – *Frayer la route d'un monde inversé. Sacrifice et offrandes animales dans la culture Mochica (100–800 apr. J.-C.), côte nord du Pérou*, 428 pp.; Oxford: British Archaeological Reports International Series 2278 (BAR), Paris Monographs in American Archaeology 28.
- GOEPFERT, N., 2012 – New zooarchaeological and funerary perspectives on Mochica culture (A.D. 100–800), Peru. *Journal of Field Archaeology*, **37** (2): 104-120.
- HENTON, E., MEIER-AUGENSTEIN, W. & KEMP, H. F., 2010 – The use of oxygen isotopes in sheep molars to investigate past herding practices at the Neolithic settlement of Catalhöyük, central Anatolia. *Archaeometry*, **52**: 429-49.
- IAEA/WMO, 2006 – *Global network of isotopes in precipitation. The GNIP database*. Accessible at <http://isohis.iaea.org>
- IZETA, A. D., LAGUENS, A. G., MARCONETTO, M. B. & SCATTOLIN, M. C., 2009 – Camelid handling in the meridional Andes during the first millennium AD: a preliminary approach using stable isotopes. *International Journal of Osteoarchaeology*, **19**: 204-214.
- KNUDSON, K. J., 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, K. J., 2011 – Identifying archaeological human Migration using biogeochemistry: case studies from the South-Central Andes. In: *Rethinking Anthropological Perspectives on Migration* (G.S. Cabana & J.J. Clark, eds.): 231-247; Tallahassee: University Press of Florida.
- KNUDSON, K. J. & PRICE, T. D., 2007 – Utility of multiple chemical techniques in archaeological residential mobility studies: case studies from Tiwanaku and Chiribaya-affiliated sites in the Andes. *American Journal of Physical Anthropology*, **132**: 25–39.
- KNUDSON, K. J., PESTLE, W. J., TORRES-ROUFF, C. & PIMENTEL, G. 2010 – Assessing the life history of an andean traveller through biogeochemistry: stable and radiogenic isotope analyses of archaeological human remains from northern Chile. *International Journal of Osteoarchaeology*, published online.
- LARCO HOYLE, R., 1948 – *Cronología arqueológica del norte de Perú*, 87 pp.; Buenos Aires: Sociedad Geográfica Americana.
- LAVALLÉE, D., JULIEN, M., WHEELER J. & KARLIN, C., 1985 – *Telarmachay. Chasseurs et pasteurs préhistoriques des Andes*, 461 pp.; Paris: Éditions Recherche sur les Civilisations.
- LECOQ, P., 1987 – Caravanes de lamas, sel et échanges dans une communauté de Potosí, en Bolivie. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **16** (3-4): 1-38.
- LÉCUYER, C., BALTER, V., MARTINEAU, F., FOUREL, F., BERNARD, A., AMIOT, R., GARDIEN, V., OTERO, O., LEGENDRE, S., PANCZER, G., SIMON, L. & MARTINI, R., 2010 – Oxygen isotope fractionation between apatite-bound carbonate and water determined from controlled experiments with synthetic apatites precipitated at 10°C to 37°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**: 2072-2081.
- LOZADA, M. C., BUIKSTRA, J. E., RAKITA, G. & WHEELER, J. C., 2009 – Camelid herders: the forgotten specialists in the coastal señorío of Chiribaya, Southern Perú. In: *Andean Civilization: A Tribute to Michael E. Moseley* (J. Marcus & P. Ryan Williams, eds.): 351-377; Los Angeles: Cotsen Institute of Archaeology, UCLA.
- LUZ, B., KOLODNY, Y. & HOROWITZ, M., 1984 – Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**: 1689–1693.

- MILHAUD, G. & NÉZIT J., 1991 - Développement des molaires chez le mouton. Étude morphologique, radiographique et microdurométrie. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, **167**: 121-127.
- MINAGAWA, M. & WADA, E., 1984 – Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\sigma^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**: 1135-1140.
- MURRA, J. V., 1975 – El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. In: *Formaciones económicas del mundo andino* (J. Murra, ed.): 59-115; Lima: Instituto de Estudios Peruanos (IEP).
- PASSEY, B. H. & CERLING, T. E., 2002 – Tooth enamel mineralization in ungulates: implications for recovering a primary isotopic time-series. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **66**: 3225-3234.
- PEÑAHERRERA DEL AGUILA, C., 1986 – Gran Geografía del Perú. Naturaleza y Hombre. Volumen I *Geografía física del Perú*: 3-220; Lima: Manfer-Juan Mejia Baca
- POZORSKI, S. G., 1976 – *Prehistoric subsistence patterns and site economics in the Moche valley, Peru*, 475 pp.; Austin: University of Texas, unpublished Ph.D. dissertation.
- POZORSKI, S. G., 1979 – Late prehistoric llama remains from the Moche valley, Peru. *Annals of the Carnegie Museum*, **48 (9)**: 139-169.
- POZORSKI, S. & POZORSKI, T., 1979 – An early subsistence exchange system in the Moche Valley, Peru. *Journal of Field Archaeology*, **6 (4)**: 413-432.
- PULGAR VIDAL, J. 1996 – *Geografía del Perú: las ocho regiones naturales del Perú*, 302 pp.; Lima: Peisa.
- QUILTER, J. & CASTILLO BUTTERS, L. J., 2010 – *New perspectives on Moche political organization*, 388 pp.; Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collections.
- SHARP, Z. D., 2007 – *Principles of stable isotope geochemistry*, 343 pp.; New Jersey: Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River.
- SHIMADA, M. & SHIMADA, I., 1981 – Explotación y manejo de los recursos naturales en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico. *Revista del Museo Nacional*, **45**: 19-74.
- SHIMADA, M. & SHIMADA, I., 1985 – Prehistoric llama breeding and herding on the north coast. *American Antiquity*, **50**: 3-26.
- STEVEN, R. E., BALASSE, M. & O'CONNELL, T. C., 2001 – Intra-tooth oxygen isotope variation in a known population of red deer: Implications for past climate and seasonality reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **301**: 64-74.
- SUGA, S. 1982 – Progressive mineralization pattern of developing enamel during the maturation stage. *Journal of Dental Research*, **61**: 1532-1542.
- TIESZEN, J. J., 1991 – Natural variation in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology and palaeoecology. *Journal of Archaeological Science*, **18**: 227-248.
- THORNTON, E. K., DEFRANCE, S. D., KRIGBAUM, J. & WILLIAMS, P. R., 2011 – Isotopic evidence for middle horizon to 16th century camelid herding in the Osmore valley, Peru. *International Journal of Osteoarchaeology*, **21 (5)**: 544-567.
- TOPIC, T. L., MCGREEVY, T. H. & TOPIC, J. H., 1987 – Comment on the breeding and herding of llamas and alpacas on the north coast of Peru. *American Antiquity*, **52 (4)**: 832-835.

- VÁSQUEZ SÁNCHEZ, V. F., ROSALES THAM, T. E. & CORONADO TELLO, L., 2001 – Evidencias arqueológicas de crianza de camélidos en los siglos V y VI en la Costa Norte de Perú. *In: El Uso de los camélidos a través el tiempo* (G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera & H. D. Yacobaccio, eds.): 241-260; Buenos Aires: Ediciones del Tridente-GZC-ICAZ.
- VÁSQUEZ SÁNCHEZ, V. F., ROSALES THAM, T. E., MORALES MUÑIZ, A. & ROSELLO IZQUIERDO, I., 2003 – Zooarqueología de la Zona Urbana Moche, Complejo Huacas del Sol y de la Luna, valle de Moche. *In: Moche: Hacia el final del milenio*, Actas del Segundo Coloquio sobre la Cultura Moche, Trujillo (1 al 7 de agosto de 1999) (S. Uceda & E. Mujica, eds.), vol. 2: 33-63; Trujillo: Pontificia Universidad Católica del Perú-Universidad Nacional de Trujillo.
- WEBB, E. C., WHITE, C. D. & LONGSTAFFE, F. J., 2011 – Exploring geographic origins at Cahuachi using stable isotopic analysis of archaeological human tissues and modern environmental waters. *International Journal of Osteoarchaeology*, Article first published online: 8 NOV 2011, DOI: 10.1002/oa.1298.
- WHEELER, J. C., 1982 – Aging llamas and alpacas by their teeth. *Llama World*, **1** (2): 12-17.
- WHEELER, J. C., 1985 – De la caza a la domesticación. *In: Telarmarchay. Chasseurs et Pasteurs préhistoriques des Andes*, (D. Lavallée, M. Julien, J. Wheeler & C. Karlin, eds.): 49-68; París: Éditions Recherche sur les Civilisations.
- WHEELER, J. C., 1996 – El estudio de restos momificados de alpacas y llamas precolombinas. *In: Zooarqueología de camélidos. Perspectivas Teóricas y Metodológicas* (2ª Parte) (D. C. Elkin, C. Madero, G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera, M. d. C. Reigadas & H. D. Yacobaccio, eds.): 91-101; Buenos Aires: Grupo de Zooarqueología de camélidos (GZC).
- WHEELER, J. C., RUSSEL, A. J. F. & STANLEY, H. F., 1992 – A measure of loss: prehispanic llama and alpaca breeds. Razas prehispanicas de llamas y alpacas; la medida de lo que se ha perdido. *Archivos de Zootecnia*, **41** (154 extra). World Meeting on domestic animal breeds related to discovery of America, Cordoba (España, 21-23 setiembre 1992): 467-475.
- WING, E. S., 1972 – Utilization of Animal Resources in the Peruvian Andes. *In: Excavations at Kotosh, Peru 1963 and 1966*, *Andes 4* (S. Izumi & K. Terada, eds.): 327-354; Tokyo: University of Tokyo Press.
- WING, E. S., 1975 – La domesticación de animales en los Andes. *Allpanchis Phuturinga*, **8**: 25-44.
- WITTER, K. & MISEK, I., 1999 – Time programme of the early tooth development in the domestic sheep (*Ovis aries*, Ruminantia). *Acta Vet. Brno*, **68**: 3-8.
- YACOBACCIO, H. D., MORALES, M. R. & SAMEC, C. T., 2009 – Towards an isotopic ecology of herbivory in the Puna ecosystem: new results and patterns on Lama glama. *International Journal of Osteoarchaeology*, **19**: 144-155.
- ZZAZO, A., BALASSE, M. & PATTERSON, W. P., 2005 – High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ intra-tooth profiles in bovine enamel: Implications for mineralization pattern and isotopic attenuation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **69**: 3631-3642.
- ZZAZO, A., BALASSE, M., PASSEY, B. H., MOLONEY, A. P., MONAHAN, F. J. & SCHMIDT, O., 2010 – The isotope record of short- and long-term dietary changes in sheep tooth enamel: Implications for quantitative reconstructions of paleodiets. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**: 3571-3586.