

ARCHAEOBIOS



REVISTA DE BIOARQUEOLOGÍA “ARCHAEOBIOS”

Nº 10 Vol. 1, Año 2016

DIRECTOR:

Víctor F. Vásquez Sánchez (ARQUEOBIOS, Trujillo-Perú)

COMITÉ EDITORIAL:

Teresa E. Rosales Tham (ARQUEOBIOS, Trujillo-Perú)
Gabriel Dorado Pérez (Universidad de Córdoba, España)
Eduardo Corona Martínez (INAH, Cuernavaca, Morelos-México)
César Gálvez Mora (Ministerio de Cultura, Trujillo-Perú)
Isabel Rey Fraile (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España)

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Víctor F. Vásquez Sánchez (ARQUEOBIOS)

INFORMACIÓN ADICIONAL:

Revista de Ciencias Aplicadas, Publicación Anual

Los artículos publicados en **ARCHAEOBIOS** son indizados o resumidos por:

- DOAJ (Directory of Open Access Journals, Universidad de Lund-Suecia)
- LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)
- Google Scholar
- DIALNET (Universidad de Rioja, España)
- EBSCO Publishing (USA)
- CITEFACTOR (Directory of International Research Journals)
- CINECA (Comunidad científica italiana de supercomputación y herramientas de visualización científica)

Derechos de Autor: los artículos firmados son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no comprometen necesariamente el punto de vista de la revista. Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta revista puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación y sistema de recuperación, sin permiso escrito del editor.

Patrocinadores: La publicación de la revista **ARCHAEOBIOS** es financiada por el Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2007-07279
Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas
“ARQUEOBIOS”

Apartado Postal 595, Trujillo, Perú

Teléfono: +51-44-949838067

URL: <http://www.arqueobios.org>

CARÁTULA: Evolución fenotípica del Perro Sin Pelo Peruano, a partir del ancestro *Canis lupus* "lobo", la raza de perro siberiano, un individuo intermedio que porta el gen *FOXI3* que está en proceso de la Displasia Ectodérmica Canina (DEC) y el producto final de la mutación: una raza de perro sin pelo nativa de América.

CONTENIDO

	<u>Páginas</u>
• INTRODUCCIÓN	1
• ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
Estudios Isotópicos para establecer la dieta de los Camélidos en la Ocupación Post Moche en Plaza 1, Huaca de la Luna, Trujillo-Perú. <i>Diana Lilibeth Floreano Salinas</i>	5
Études Isotopiques pour établir la diète des Camélidés de l'occupation Post Moche dans la Place 1, Huaca de la Luna, Trujillo-Pérou. <i>Diana Lilibeth Floreano Salinas</i>	37
Los recursos leñosos y los grupos cazadores-recolectores patagónicos: metodologías de análisis aplicadas en los sitios Cerro Casa de Piedra 7 y Cerro Pintado (Argentina) <i>Laura Caruso Fermé</i>	65
• ARTÍCULOS DE REVISIÓN	
El Origen del Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>) Sin Pelo Peruano (PSPP): pruebas arqueológicas, zooarqueológicas y genéticas - Revisión <i>Víctor F. Vásquez, Teresa E. Rosales, César Gálvez Mora y Gabriel Dorado</i>	80
Sequencing ancient RNA in bioarchaeology - Review <i>Gabriel Dorado, Fernando Luque, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Margarita Pérez-Jiménez, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Jesús Martín, Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández</i>	103
Secuenciación de ARN antiguo en bioarqueología - Revisión <i>Gabriel Dorado, Fernando Luque, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Margarita Pérez-Jiménez, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Jesús Martín, Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández</i>	112
La evolución del maíz: un nuevo modelo para las primeras etapas <i>Traducción de una comunicación de 1979 con comentarios Robert McK. Bird</i>	121

- **FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA**
 - Los "pallares" (*Phaseolus lunatus* L.) de la época Mochica**
Víctor F. Vásquez y Teresa E. Rosales **133**
- **LIBROS PUBLICADOS** **136**
- **POLÍTICA EDITORIAL** **136**

Introducción

Una década de la publicación de la revista ARCHAEOBIOS se cumple en esta oportunidad y nos sentimos muy orgullosos de un producto que nació a partir de nuestros trabajos de investigación, de múltiples análisis en zooarqueología, arqueobotánica, físico-químicos de suelos arqueológicos, microbotánicos (fitolitos, almidones, diatomeas), isotópicos, ADN antiguo y microscopía electrónica de barrido. Todos estos servicios han sido posibles por las continuas experiencias que hemos tenido con el uso de las diversas técnicas modernas empleadas para reconstruir a partir de las evidencias bioarqueológicas, la historia de las diferentes sociedades que vivieron en el Perú prehispánico.

El principal baluarte de todo este trabajo, ha sido la honestidad y la veracidad con la cual se han realizado los análisis, contratando en todo momento las consultas con especialistas, para que este producto fruto del rigor científico y de la verdad que arrojan los resultados, constituyan el eje importante para poder reconstruir la historia lo más adecuadamente posible a la que los restos y la antigüedad de ellos nos permiten realizarlo.

Todo esto tiene como consecuencia que nuestra revista se encuentra incluida en el Directorio de Revistas Científicas del presente año, y así estamos ubicados entre las 138 Revistas Científicas del Perú (<<http://revistascientificas.net.pe/?q=general>>), lo cual implica que nuestra labor se ajusta a los estándares de la ciencia moderna, que ejecutamos desde hace más de 20 años.

Por otro lado tenemos el orgullo de ser testigos que estudiantes de doctorado de Estados Unidos, Canadá y Japón, que investigan en el medio andino, han obtenido sus grados exitosamente como consecuencia de nuestra contribución a su investigación y porque ellos han tenido plena confianza en nuestro trabajo, cuyos frutos también han contribuido para seguir investigando y produciendo información científica de índole bioarqueológica.

En el año 2006 en la ciudad de México fuimos invitados como representantes del Perú, para confrontar el estado de la zooarqueología con otros países latinoamericanos en el congreso denominado *Estado Actual de la Zooarqueología en Latinoamérica*, organizado por el ICAZ (International Council Archaeozoology) en donde expusimos todas las técnicas que hemos utilizado para estos estudios, desde las aplicadas a morfología, osteometría, microscopía y moleculares, las cuales han permitido conocer desde una perspectiva multidisciplinaria, los avances que se habían dado en nuestro país. El progreso desde esa fecha ha mejorado producto de más experiencias, conocimientos nuevos, y la interacción con otros laboratorios. (http://alexandriaarchive.org/bonecommons/archive/files/estado_actual_de_la_arqueozoologia_la_782611e7af.pdf).

Lamentablemente desde aquella fecha al presente, la zooarqueología y la arqueobotánica en el Perú viene siendo practicada por grupos de personas que realizan estos análisis, sin el rigor necesario, lo cual es producto de la

escasa preparación, formación y experiencia. Como consecuencia se han distorsionado los métodos de análisis y por lo tanto las interpretaciones. Esto tiene un efecto "cascada" porque han proliferado publicaciones donde la historia que han reconstruido tiene errores graves. Tenemos la autoridad para criticar estos casos, porque nos avala 25 años de experiencia en el estudio de colecciones (fauna y flora) del medio andino (costa, sierra y selva), de Ecuador, México, la Península Ibérica, África y Arabia Saudita, y numerosas publicaciones. También se observa en estos casos, un manejo deficiente de la sistemática y taxonomía, aspectos cruciales en estos análisis.

Sin embargo no todo el panorama actual es preocupante, hay nuevos jóvenes que han desarrollado buenas habilidades en zooarqueología, arqueometría y arqueobotánica, y están preparándose de una manera sistemática y en el futuro deben ser los representantes de la bioarqueología en nuestro país, porque no tienen una visión mediática con la repercusión de sus investigaciones, y son muy cautos en la aplicación de las técnicas. Trabajan para acumular experiencia y conocimientos, tanto con sus aciertos, como también con sus errores, de los cuales aprenderán mucho.

Los artículos que se presentan en este número de la revista, tienen un alto contenido de información multidisciplinaria en bioarqueología, tenemos en esta oportunidad aportes relacionados con estudios isotópicos en camélidos de la época Chimú, como es el caso que presenta la MsC. Diana Floreano, quién ha utilizado una muestra de camélidos tiernos que provienen de ofrendas asociadas a contextos funerarios en la Plaza 1 de Huaca de la Luna.

Los resultados de los análisis de ^{13}C y ^{15}N del colágeno del hueso, ha permitido conocer que estos herbívoros estaban consumiendo plantas de tipo C4 asociadas a ecosistemas costeros, además de mostrar una señal isotópica en lo que se refiere a ^{15}N que es producto de la lactancia. Los datos isotópicos y zooarqueológicos indican que los pobladores estaban criando estos rebaños localmente, no solamente para consumo, sino también para eventos rituales.

El siguiente artículo pertenece a la Dra. Laura Caruso, quién tiene una amplia experiencia en estudios de recursos leñosos y antracológicos de sitios arqueológicos en Argentina. La aplicación de dos métodos para materiales leñosos ha permitido conocer la estacionalidad y mediante el análisis dendro-antracológico ha sido posible realizar una asignación cronológica exacta de las muestras. Esta metodología esta bien complementada con programas informáticos y series dendrocronológicas regionales preexistentes en las regiones de donde proviene el material arqueobotánico. La investigación es un modelo que puede emplearse en nuestro medio, por aquellos investigadores que se dedican a la antracología y materiales leñosos.

La sección de artículos de revisión, presenta tres artículos interesantes, el primero referido al *Origen del perro peruano sin pelo* (PSPP) desde la perspectiva arqueológica, escultórica, zooarqueológica y genética. Lamentablemente las referencias publicadas en relación al PSPP no han tenido el rigor necesario para conocer bien a este patrimonio genético que tiene nuestro país. Algunos lo mencionaron como si fuera otra especie, por ejemplo

le asignaron la denominación binomial de *Canis caraibicus* y *Canis peruvianus familiaris*, ambas erróneas, una vez más por desconocimiento de la sistemática, taxonomía y de la evolución.

Todas las razas de perros domésticos que hay a nivel mundial, descienden del "lobo" *Canis lupus*, a partir del cual por domesticación, mutaciones y manejo genético proviene el "perro doméstico" *Canis lupus familiaris*, denominación científica que debe ser asignada a el PSPP. Este es un ejemplo del desconocimiento de la sistemática y taxonomía, lo cual en el ámbito de la arqueología es muy común tener numerosos ejemplos de errores de índole taxonómico. Para solucionar estos casos es sencillo solucionarlo, porque la página web <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>> en la sección de taxonomía ayuda a solucionar estos problemas.

El PSPP tiene una historia milenaria en territorio andino y según nuestra hipótesis se origina de una colonia fundadora del Xoloitzcuintle (perro sin pelo mexicano) que se habría establecido con los contactos culturales entre las culturas mexicanas y andinas (peruanas en este caso) hace aproximadamente 3.500 años. Las representaciones escultóricas de este perro son similares en ambas culturas, el registro zooarqueológico indica también que hubo cinofagia en la cultura Lambayeque, tal como también sucedió en el antiguo México, y finalmente las relaciones genéticas entre el PSPP y Xoloitzcuintle, indican que comparten el mismo haplotipo mitocondrial, conjuntamente con otro perro nativo mexicano como es el Chihuahua y el perro Siberiano, que sería el que migró a territorio americano, posiblemente portando el gen *FOXI3* responsable del evento de ausencia de pelos en el Xoloitzcuintle y el PSPP.

Producto de la ausencia de pelo y otras deficiencias que causan la mutación, el PSPP fue un perro que no tuvo el cuidado adecuado y se consideraba por su aspecto, un animal indeseable. Sin embargo desde hace unos años y por su aspecto exótico tiene una acogida que le ha permitido recuperarse poblacionalmente. Sin embargo hay personas que están criándolo con fines económicos (venta como mascota) y por desconocimiento han mejorado su tamaño para enviarlo en venta a Europa. Estas prácticas llevarán pronto a que el PSPP pase por un nuevo cuello de botella, que puede ser peligroso para su futuro. Por otro lado no hay ningún programa de conservación de esta raza nativa americana, ningún gobierno en este país ha tenido interés en protegerlo, y todo es principalmente por desconocimiento de toda la historia que hemos revisado y ahora estamos publicando.

Otro artículo relacionado con técnicas moleculares asociadas a la bioarqueología, es titulado *Secuenciación de ARN antiguo en bioarqueología*, donde se explica la evolución que han tenido las plataformas de secuenciación y los resultados que se han obtenido para el estudio de genomas antiguos. La secuenciación de tercera generación va a permitir el estudio de las moléculas antiguas, sin requerir los previos pasos de amplificación, lo cual permite evitar los problemas relacionados con los ácidos nucleicos antiguos, en este caso también de secuenciar ARN (ácido ribonucleico), teniendo en cuenta que cuando se extraen estas moléculas de material arqueológico, vienen asociados tanto el ADN como el ARN.

Tenemos en esta sección el privilegio de publicar un manuscrito del genetista y botánico Robert Mck. Bird, hijo de Junius Bird, quien en 1948 excavó por primera vez el sitio precerámico Huaca Prieta. En la década de los años 1980 y 1990, Robert Bird sostuvo un debate intenso con Duccio Bonavía y Alexander Grobman, acerca del origen del maíz andino. La propuesta de Bird indicaba que el maíz andino no era el resultado de una domesticación independiente, sino que había llegado de México. Los argumentos en que sostenía su propuesta estaban basados en la ausencia de restos de maíz en el formativo temprano y le llamaba la atención porque después de aparecer en el precerámico tenía una larga ausencia hasta reaparecer en el formativo medio, específicamente en la época denominada Cupisnique.

En el artículo que hoy presentamos, Bird hace una re-evaluación del maíz arqueológico andino, comentando los recientes hallazgos de maíz en contextos precerámicos del sitio Paredones y Huaca Prieta excavados por Tom Dillehay y Duccio Bonavía. También hace una nueva revisión sobre la domesticación del maíz en México y los parientes silvestres que tuvieron el rol decisivo para el origen el maíz en este territorio. Por lo tanto para aquellos interesados en la arqueobotánica del maíz, este es un documento valioso e importante para la actualización de los conocimientos sobre este importante cultivo.

Finalmente nuevamente publicamos la Fotogalería de Bioarqueología, aquí hay que explicar que los temas que se exponen con las fotografías, no son artículos en estricto, el objetivo es que el lector pueda observar fotografías de materiales inéditos a los cuales hemos tenido acceso durante los últimos 20 años producto de los diversos análisis realizados. También con esta entrega queremos dejar en claro que esta sección sirve para aclarar algunos temas que algunas personas por desconocimiento de la información adecuada, han incurrido en graves errores que se transmiten masivamente originando confusiones y tergiversando la historia.

Invitamos a todos aquellos que tengan curiosidad para conocer algunos aspectos que no están bien informados, puedan recurrir a nosotros para guiarlos correctamente en el conocimiento de temas relacionados con la bioarqueología. Nuestra política es informar adecuadamente, formar con nuevos conocimientos a profesionales y alumnos que tengan interés en esta disciplina tan interesante. Agradecemos a la empresa Quetzal SAC por su apoyo brindado para la elaboración de este número.





ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Estudios Isotópicos para establecer la dieta de los Camélidos en la Ocupación Post Moche en Plaza 1, Huaca de la Luna, Trujillo-Perú

Diana Lilibeth Floreano Salinas
Université de Rennes 1
dfloreanosalinas@gmail.com

Resumen

Una muestra de 43 entierros de camélidos que proceden de diferentes contextos funerarios de la Plaza 1 en Huaca de la Luna, fueron sometidos a análisis isotópicos de ^{13}C y ^{15}N obtenidos del colágeno de hueso, de los cuales 21 muestras aportaron mediciones válidas por tener el colágeno diagenéticamente óptimo para estos estudios. Los valores isotópicos de estas muestras provienen en su mayoría de individuos tiernos (3 a 9 meses), indicando que estuvieron consumiendo plantas C4 con alto contenido de nitrógeno, como "maíz" y plantas herbáceas de ambientes áridos cerca a la orilla marina. Estos datos y las evidencias zooarqueológicas indican por lo tanto una cría local de rebaños de camélidos, que no solamente fue para motivos rituales, sino también para el sustento económico de la población local.

Palabras clave: colágeno, camélidos, maíz, Huaca de la Luna

Abstract

A sample of 43 burials of camelids from different funerary contexts Square 1 in Huaca de la Luna, were subjected to isotopic analysis ^{13}C and ^{15}N obtained from bone collagen, of which 21 samples provided valid measurements for having collagen diagenetically optimal for these studies. The isotopic values of these samples come mostly from individuals tender (3 to 9 months), indicating that C4 plants were consuming high nitrogen content, such as "corn" and herbaceous plants arid environments near the sea shore. These data and evidence indicates zooarchaeological therefore a local breeding herds of camelids, which was not only for ritual purposes, but also for the economic livelihood of the local population.

Keywords: collagen, camelids, corn, Huaca de la Luna

Introducción

Los camélidos son mamíferos herbívoros oriundos de Sudamérica. En el antiguo Perú fueron muy apreciados, apoyaron como animales de carga, transporte, sirvieron en la alimentación y participaron en rituales.

El dominio ecológico de los camélidos fue muy amplio lo cual se debe a que poseen características propias que los diferencian de otros herbívoros. Se adaptan a vivir en diferentes altitudes (desde el nivel del mar hasta la puna), son animales que pueden resistir ante la falta de agua, temperaturas altas y bajas, ambientes áridos o húmedos, son dóciles, comen el pasto sin arrancarlo de raíz, sus patas presentan almohadillas que no dañan la vegetación que pisan, defecan en un solo lugar, su carne posee bajo contenido de colesterol y también se aprovecha sus vísceras, huesos, tendones, cuero y fibra.

Desde que se reporta su domesticación, las sociedades prehispánicas han tenido a los camélidos como animales muy apreciados. Con la llegada de los españoles y la introducción de nuevos herbívoros domesticados en el viejo mundo y traídos por la conquista española, cambió la concepción del significado de los camélidos, especialmente de los domesticados ("llama" y "alpaca").

Actualmente cuando se hace referencia al hábitat de los camélidos, se relaciona con las regiones alto-andinas, indicándose de que estos animales no pueden vivir en la región de la costa peruana. Esta posición ha planteado una partición de acuerdos, a tal punto que la interrogante es: los camélidos hallados en los sitios arqueológicos de la costa fueron eventualmente traídos de la sierra (Topic et al. 1987) o fueron criados en la costa peruana en épocas prehispánicas (Pozorski 1976, 1979; Shimada y Shimada 1981, 1985; Bonavia 1996; Roselló et al. 2001; Vásquez y Rosales 2009a).

Esta interrogante ha persistido hasta la actualidad ya que son escasas las investigaciones zooarqueológicas de sitios prehispánicos de la costa, tenemos los aportes de: Pozorski 1976, 1979; Shimada y Shimada 1985; Vásquez et al. 2001, 2003; Roselló et al. 2001) y los recientes análisis de isótopos estables sobre colecciones óseas de estos herbívoros, para saber sobre su crianza local, gestión de pastos y tipo de dieta (Szpak 2013; Szpak et al. 2009, 2012, 2013, 2014, 2015a, 2015b; Thornton et al. 2011; Dufour et al. 2014).

Para la época precerámica se tiene registrado la presencia de camélidos domésticos en ecosistemas costeros prehispánicos (2000 a 1500 años a.C.), y en el período formativo su presencia es más fuerte llegando a tener un aumento de población a partir del intermedio temprano (100-700 años d.C.) con la sociedad Moche, más tarde con los Chimú hasta que con la presencia de los españoles y la introducción de fauna hispánica fueron aniquilados desapareciendo los rebaños que existían (Bonavia 1996).

Hoy en día en la diversidad de excavaciones arqueológicas de la costa peruana se siguen evidenciando sus huesos y coprolitos, reflejando su crianza en rebaños cuya magnitud es variable según los sitios. Son los investigadores como Pozorski (1976), Shimada y Shimada (1981), Wheeler (1995), Kent et al. (2000), Vásquez et al. (2003) y Vásquez y Rosales (2009a, 2009b) que sustentan crianza local en los sitios arqueológicos costeros. Bonavia (1996) realiza una revisión de varias publicaciones en zooarqueología, fisiología, genética y filogenia de los camélidos sudamericanos, donde sustenta que había crianza de camélidos domésticos en épocas prehispánicas en la costa y que este sustento es demostrable por las evidencias zooarqueológicas de los diversos sitios arqueológicos costeros, así como por las características fisiológicas y filogenéticas que presentan estos herbívoros.

En nuestro medio, los especialistas en zooarqueología, Vásquez y Rosales han realizado estudios zooarqueológicos en el Complejo Arqueológico Huacas del Sol y de la Luna desde el año 1997 hasta la fecha, reportando en sus diversas publicaciones e informes, importantes evidencias óseas de camélidos para este complejo arqueológico. La metodología especializada (osteometría, perfiles etarios, tafonomía) que han aplicado ha permitido identificar taxonómicamente dos especies de camélidos domésticos: *Lama glama* "llama" y *Vicugna pacos* "alpaca". Aquí se empleó la osteometría dirigida a las primeras falanges las que reportan que tienen un 100% de confiabilidad, se aplicó fórmulas discriminantes para primeras falanges delanteras y traseras. Con esta discriminación llegaron a la conclusión de que las primeras falanges delanteras son las más confiables estadísticamente y por lo tanto facilitan una identificación taxonómica del material óseo (Vásquez et al. 2003; Vásquez y Rosales 2009a).

Por otro lado también se ha utilizado para la identificación taxonómica de camélidos estudios especializados del esmalte dentario de incisivos, estudios microscópicos de fibras y otros huesos, lo cual ha demostrado que también es efectivo (Kent et al. 2000; Vásquez et al. 2003), aunque hoy en día el nivel de avance de la ciencia ha demostrado que es posible realizar estudios moleculares a los camélidos arqueológicos y conocer su identidad.

La osteometría a las primeras falanges de camélidos de otros sitios arqueológicos moche, como Guadalupito (valle de Santa) (Vásquez y Rosales 2001), Huaca Colorada (valle de Jequetepeque) (Vásquez y Rosales 2008a, 2009b, 2010, 2011a, 2012c, 2013, 2014a, 2014b), Cerro Chépén (valle de Jequetepeque) (Vásquez y Rosales 2004, 2005 y 2006) y Sipán (valle de Lambayeque) (Vásquez y Rosales 2008b, 2011b, 2012a, 2012b), ha demostrado que en esta época, existían dos especies domésticas *Lama glama* "llama" y *Vicugna pacos* "alpaca", en forma recurrente, lo que indica que habrían existido rebaños mixtos.

Esta recurrencia de estas dos especies de camélidos domésticos ha planteado la actividad de crianza local en estos sitios costeros prehispánicos, pero a la vez surge la presencia de camélidos producto del cruce, estos conformarían rebaños mixtos y por tanto la presencia de híbridos. Esto fue discutido por (Vásquez y Rosales 2009a) quienes tomaron el modelo de especiación geográfica o vicariante para otorgar una explicación. Ellos señalan que hay intervención de factores genéticos y evolutivos que pueden haber influido en la aparición de una nueva forma doméstica en los ecosistemas costeros prehispánicos, además del efecto de la regla de Bergman y el consumo de nuevos pastos (plantas C4), los cuales contribuyeron en la morfología de esta nueva variedad de camélido doméstico que vivió en la época Mochica.

Estos aportes en las investigaciones zooarqueológicas dieron luces de la crianza local y por tanto consumo de vegetación de los alrededores de los sitios arqueológicos. Sin embargo para completar este sustento es necesario realizar estudios especializados, tal como los estudios isotópicos utilizando los isótopos estables de ^{13}C y ^{15}N .

La evidencia de alimentación con pastos de los alrededores a los sitios arqueológicos de la costa norte, ha sido presentada por DeNiro (1988) para sitios de la norcosteros. Posteriormente tenemos los trabajos de Thornton et al. (2011), Szpak (2013); Szpak et al. (2009, 2012, 2013, 2014, 2015a y 2015b) y Dufour et al. (2014), quienes han corroborado este planteamiento, siendo el investigador que más ha contribuido con este tema el canadiense Paul Szpak.

En este contexto los materiales zooarqueológicos descubiertos en la Huaca de la Luna sin duda son una valiosa fuente de información que nos brinda de forma directa la evidencia para investigar y tratar de reconstruir los procesos culturales, sociales e hipotetizar aspectos rituales del contexto moche de esta parte de la costa norte. Un caso particular es el de la Plaza 1, una arquitectura pública con diversos sectores excavados (frontis norte, noreste y terrazas) donde se definió contextos funerarios de camélidos que intruyen sobre arquitectura moche del Templo Viejo, lo que correspondería a una ocupación post moche.

Estos contextos funerarios de camélidos ubicados en estos espacios arquitectónicos son el reflejo del mundo mágico religioso Chimú enlazado a actos rituales de pago a sus ancestros. En este sentido la realización de estos ritos confirmaría tradiciones que se vienen transmitiendo por generaciones, esta vez este estudio compete a camélidos de la época Chimú en Huaca de la Luna, tradición que posiblemente fue la que realizaron la gente moche y lo único que cambia es el tiempo, su forma de producción, sus interrelaciones y el estilo de llevar a cabo sus actividades.

Por otro lado la información histórica de las crónicas y la etnohistórica nos apoya a comprender estas dinámicas de interacción social en este momento.

Consecuentemente la presente investigación ha tomado muestras de contextos funerarios de camélidos de Plaza 1 de Huaca de la Luna para someterla a estudios especializados de isótopos estables. En esta línea fue necesario obtener una buena base de estudios zooarqueológicos, tal como, primero: identificación taxonómica, basada en la observación de la presencia o ausencia del esmalte en los incisivos; segundo: determinación de la edad establecida en base al estudio dentario: a partir del brote y desgaste dentario además de la fusión de las epífisis de los huesos largos.

Los resultados obtenidos de esta investigación nos conducirá a dilucidar no sólo la dieta de estos camélidos, sino también otros aspectos importantes de la sociedad Chimú en este sitio arqueológico del valle de Moche y la ideología ritual de las ofrendas de camélidos en Huaca de la Luna.

Contexto Arqueológico

El Complejo Arqueológico Huacas del Sol y de la Luna, considerado como la capital de la sociedad Moche se encuentra ubicado en el valle de Moche, a la margen izquierda del río que lleva el mismo nombre. Este lugar se encuentra a 5 km de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, costa norte del Perú (Figura 1). En el sitio se destaca una montaña denominada Cerro Blanco, en cuyas bases y faldas se asentaron los Moches hacia el 400-600 d.C. que fue su época de apogeo.

Este complejo ocupa una extensión de aproximadamente 100 hectáreas donde destacan dos edificios públicos de grandes dimensiones: al oeste y cerca del cauce del río Moche la conocida Huaca del Sol, y unos 500 metros más al este y en el arranque de las faldas del Cerro Banco, la Huaca de la Luna; al centro de estos dos edificios y en las laderas del cerro Blanco, al sur del de huaca de la Luna, el asentamiento urbano donde habitaron la elite urbana moche, los especialistas, y personal que brindó servicio a la ciudad. (Informe técnico PHDLL 2008-2014).

Esta sociedad se adaptó al ambiente costero y dominó amplios valles fértiles por el norte con el sistema de tres valles (el valle alto de Piura, el sistema de valles del bajo Lambayeque y el sistema de valles del bajo Jequetepeque) y al sur manteniendo un carácter unitario, los valles Chicama, Moche, Virú, Chao, Santa y Nepeña (Castillo y Uceda 2008). De esta manera fomentaron proyectos de irrigación de gran magnitud logrando la mejora de la agricultura a su vez aumentando la economía (Canziani 2012).



Figura N° 1: Mapa de la costa norte del Perú con la ubicación geográfica de la Huaca de La Luna.

Según Uceda (2010) sustenta que existen tres grandes momentos en la ocupación del sitio: “El primero, desde sus orígenes –que por ahora no son precisos hasta el año 600 ó 650 d.C., es el momento de dominio de la sociedad por parte de un modelo teocrático que tuvo sus inicios en la época de Chavín o antes y que culminó con los moches. El segundo, desde los 600 ó 650 hasta los 850 ó 900 d.C., es el momento del colapso de la sociedad teocrática y la búsqueda de un nuevo modelo de organización social y política, una sociedad de poder civil, que culmina con el abandono del sitio y la desaparición de lo que ahora denominamos cultura Moche. El tercer momento, después del 900 d.C. hasta la llegada de los españoles, es aquel del abandono del sitio y su reutilización por los chimúes, tanto en algunos de sus espacios sagrados –para usarlos como lugares de culto y entierro o en el Núcleo Urbano moche, transformándolo en campos de cultivo y sus cementerios.” (Uceda 2010:255).

Huaca de la Luna y la Plaza 1

Huaca de la Luna es un edificio que fue construido sobre las faldas del cerro Blanco, se encuentra conformado por ambientes como: Plaza 1, Plaza 2a, Plaza 2b, Plaza 3a, Plaza 3b, Plaza 3c, Plataforma I y Plataforma II (Uceda et al. 1994; Uceda y Tufinio 2003; Uceda 2001, 2006, 2007; Tufinio 2008). La forma final de este templo es el resultado de la superposición de cinco edificios –A, B, C, D, E y F–, siendo A el más tardío (Uceda y Tufinio 2003).

La Plaza 1, es un espacio amurallado, una unidad espacial segregada que no tiene una forma geométrica pura, ya que presenta una prolongación en el extremo norte que mide 49 m; mientras el extremo sur frente a la fachada principal de la Plataforma I mide 69,5 m de ancho y el largo total de ésta es de 170,4 m. Este componente arquitectónico está delimitado al norte, este y oeste por muros anchos (perimétricos) con reforzamientos y el límite sur lo conforma el Frontis Norte de la Huaca de la Luna (Figura 2) (Informe Proyecto HDLL 2014).

La Plaza 1, corresponde a un área de carácter público donde se concentró una gran cantidad de personas para presenciar la ceremonia más importante de esta cultura, la presentación de la copa con sangre (Tufinio 2005). Así mismo dentro de la Plaza 1 se disponen elementos arquitectónicos menores, tenemos: un recinto esquinero, un altar mayor, dos terrazas y la plaza ceremonial. El recinto esquinero se encuentra en el sector sureste, indicando la relación del frontis norte de los edificios de la plataforma I y la plaza.

El altar mayor se localiza en el extremo suroeste, mide 3,69 m en sentido norte-sur y 5,13 m en sentido este-oeste (sin incluir la rampa) y 1,05 m de alto. La forma de este altar es semicircular, escalonado con el arco hacia el norte, la parte recta hacia el sur y con posee una rampa al lado este; hacia su lado sur posee representaciones iconográficas de un personaje en relieve con pinturas.

Las dos terrazas se han denominado como: Terrazas 1 y 2 (2 a y b), éstas poseen ambientes en cuyo interior presentan arquitectura menor, donde se realizaron actos rituales como parte de la ceremonia en la Plaza. La Terraza 1 presenta rampas, recintos, muros decorados (dios de las montañas y manta raya), la Terraza 2 está conformada por rampas, banquetas, estructura en forma de U, murales de paneles rectangulares “escaques”, recinto con pequeño ambiente esquinero.

La plaza ceremonial corresponde al espacio más amplio que conforma la Plaza 1, sus paramentos internos están decorados en relieves por la procesión de guerreros y prisioneros desnudos. Es el área que albergó a una gran cantidad de público para presenciar las ceremonias rituales de esta cultura.

Es importante indicar que, la descripción realizada anteriormente corresponde a arquitectura Moche, sin embargo posterior a ella se registró evidencias de la ocupación Chimú. La cual se manifiesta a través de arquitectura chimú como pisos y muros delgados sin enlucir sobre la arena. En Plaza 1 en el sector noreste, este y sureste de Plaza I se hallaron arquitectura Chimú. En el sector noreste y este se encuentran entierros de camélidos y humanos, mientras para el sector sureste elementos arquitectónicos como: altar y ofrendas (vasijas chimú), estructura Chimú 1, 2 y entierro Chimú.

Dichas evidencias en Plaza 1 indican que el viejo templo Moche continuaría siendo un lugar importante aún después de su abandono. Uceda (2010: 261) señala que "... hay evidencia que indica que el sitio fue totalmente abandonado y luego reocupado, posiblemente en forma continua, pero no como un centro urbano ceremonial. Ciertos espacios arquitectónicos del Templo Antiguo son reocupados por gente chimú para construir tumbas, altares o colocar ofrendas; ello nos indica la clara continuidad cultural entre los moches y chimúes. (Informe Técnico PHDLL, 2010).

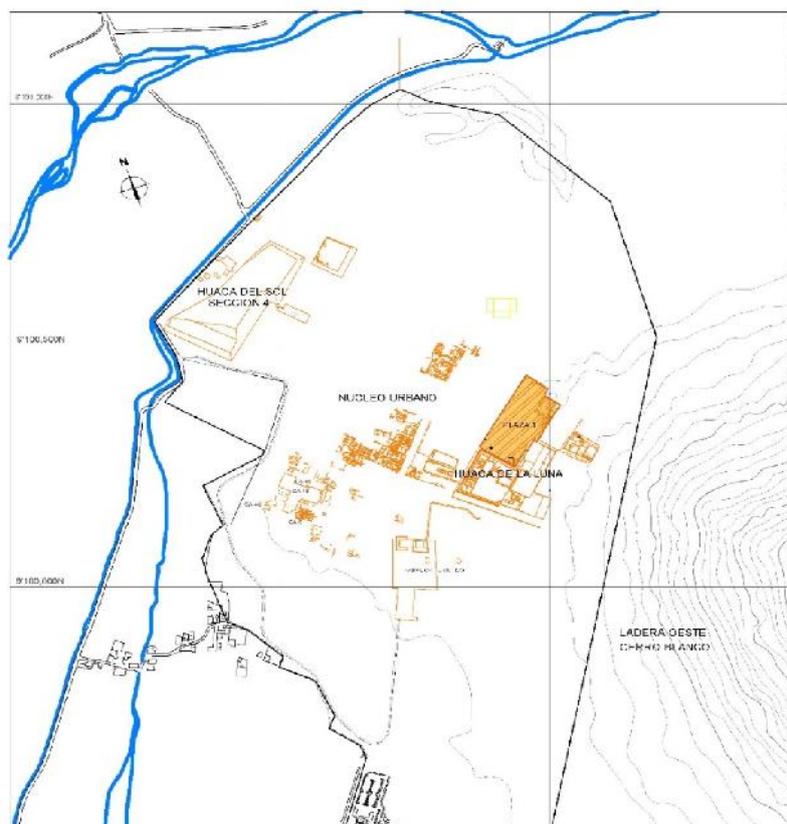


Figura N° 2: Plano de ubicación de Huaca de la Luna, indicando la ubicación de la Plaza 1, lugar de donde se extrajo la muestra de ofrendas de camélidos para los análisis isotópicos.

Investigaciones zooarqueológicas e isótopos estables en camélidos de yacimientos costeros

Las investigaciones que competen estos puntos de zooarqueología e isótopos estables para la época moche no han colmado las expectativas hasta la actualidad a pesar que se cuenta con la evidencia para someterla a estudios.

En la década de 1980, el físico norteamericano Michael DeNiro (1988) llevó a cabo las primeras investigaciones sobre isótopos estables para muestras óseas de algunos yacimientos arqueológicos de la costa norte del Perú. Los datos de los análisis realizados le permitieron plantear en lo que se refiere a huesos de camélidos costeros prehispánicos, que estos pudieron estar ingiriendo recursos marinos, posiblemente algas marinas (DeNiro, 1988).

Este planteamiento permitió proponer que los camélidos que habitaron la costa prehispánica, habrían estado alimentándose de algún tipo de harina de peces o restos de peces secos-deshidratados que son el excedente de la pesca para consumo (Shaughnessy et al. 2008), teniendo en cuenta que estos animales en cautiverio consumen cualquier alimento disponible.

Siguiendo con los estudios isotópicos en muestras óseas de camélidos, el antropólogo Paul Szpak y su equipo aceptan que este tipo de alimentación (algas) se haya producido, pero los altos niveles de nitrógeno que presentan las muestras plantean una nueva hipótesis para expresar el porqué de estos valores altos de ^{15}N en aquellos camélidos que están alimentándose con plantas C4, o sea plantas de la costa, en especial *Zea mays* “maíz” (Szpak et al. 2012).

El fundamento sobre esta hipótesis es la posibilidad de uso de abono en el cultivo de “maíz”, en este caso el uso de “guano de las islas”, basado en evidencias de artefactos de la sociedad moche en algunas islas de la costa norte, también indican adicionalmente que el empleo de estos fertilizantes es dificultoso de probar, pero con el análisis de los isótopos estables se puede abastecer información. De esta manera cuando la tierra agrícola se abona con guano de la isla, la tierra tiene un alto contenido de nitrógeno que se transfiere luego a la planta, la que a su vez si es consumida por los camélidos o humanos, se tendrá un enriquecimiento en ^{15}N (Szpak et al. 2012).

Otro trabajo interesante realizado por Szpak et al. (2009), ha sido el estudio de ^{15}N y ^{13}C en colágeno de hueso y fibra de camélido de los sitios arqueológicos Huaca Santa Clara y Grupo Gallinazo, ubicados en el valle de Virú y que corresponden al Período Intermedio Temprano (100 años a.C. a 700 años d.C). Sus resultados arrojan presencia de dos grupos diferentes de camélidos: llama y alpaca, sin embargo no notaron una división entre ambas especies que nos demuestre dietas desiguales.

Los datos de los valores isotópicos de los camélidos de los sitios mencionados nos indican que se están alimentando de una variedad de plantas C4. Este planteamiento ha permitido a los investigadores de este estudio a pensar en una falta de prácticas estandarizadas de alimentación y una economía relativamente diversificada, con respecto a la cría de camélidos en el Período Intermedio Temprano.

En la región de Osmore, al sur del Perú (departamento de Moquegua) Thornton et al. (2011) realizaron investigaciones arqueológicas y zooarqueológicas sobre los

camélidos evidenciados en sus excavaciones. Los resultados dan a conocer que la actividad de pastoreo de camélidos fue un sostén económico fuerte en la subsistencia durante el Horizonte Medio.

Thornton et al. (2011) explora los datos de altitud en que se efectuó el pastoreo y crianza de los camélidos para lo cual aplica análisis de ^{13}C y ^{15}N . Un total de 28 muestras óseas de camélidos, fueron medidas de los sitios arqueológicos Cerro Baúl y Cerro Mejía (2500 msnm), el sitio Yaral (1000 msnm) del Intermedio Tardío (1000 a 1430 años d.C.) y el sitio colonial de Torata Alta (2500 msnm, cuenca del Lago Titicaca).

Los resultados obtenidos indicaron que de 23 camélidos de origen arqueológico, cinco individuos tienen valores ^{13}C y ^{15}N similares a camélidos modernos que pastan en la puna del altiplano. Otros tres ejemplares del sitio Cerro Baúl y dos de Yaral (sitio de valle medio), tuvieron valores inesperadamente altos de ^{13}C y ^{15}N , fuera del rango para camélidos que pastan en habitats de puna, en el altiplano. Ellos explican estos resultados en función a las diferencias en las prácticas de consumo de forrajes, rangos altitudinales de pastoreo o condiciones climáticas.

La explicación de estos valores, se hicieron mediante estudios de isótopos de estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) con objeto de poder inferir la altitud de los habitats donde se desarrollaron estos animales. Uno de los individuos de Cerro Baúl presentó un valor no local de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, que era indicativo de un origen en la puna este o sur de la región del lago Titicaca. Por lo tanto este estudio mediante el uso de una combinación de técnicas isotópicas (^{13}C , ^{15}N y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), pueden ser utilizados para identificar las zonas de pastoreo, en este caso de muestras de camélidos de sitios de la costa frente a muestras de sitios de los andes localizados en la puna, pero no son resolutivas para discriminar entre muestras de un mismo sitio costero (Thornton et al. 2011).

Dentro del diseño de estas investigaciones isotópicas, Szpak et al. (2013) realizan una colecta de vegetación nativa moderna para someterla a análisis isotópicos. Un aspecto importante de la metodología fue trazar un transecto vertical desde la orilla del mar (0 msnm) hasta la zona de jalca (4000 msnm) de la cuenca del río Moche.

Con esta investigación se examinan los agentes que afectan el ^{13}C y ^{15}N en las estructuras isotópicas de las plantas, con una dirección preferencial en 12 especies diferentes de plantas cultivadas y 139 plantas silvestres de 13 localidades. Estos sitios están asociados con una precipitación media anual que oscila entre 0 y 710 mm. Así las plantas que crecen en sitios de baja altitud y que reciben pequeñas cantidades de precipitación se caracterizan por valores ^{15}N superiores a las plantas que crecen en las zonas altas y reciben mayor cantidad de precipitación. En el caso del ^{13}C foliar, este se correlacionó positivamente con la altura y la precipitación, lo cual indica una influencia de la altitud en los valores isotópicos observados para las plantas silvestres. Esta base de datos fue aplicada posteriormente con éxito para los materiales analizados de los dos sitios arqueológicos del valle bajo de Virú, que fueron presentados en otro estudio (Szpak et al. 2014).

Datos isotópicos de muestras óseas de Huaca de la Luna, son aquellos que provienen de la Plataforma Uhle (ocupación mochica, 100-800 años d.C) en la Huaca de la Luna, de este sitio, Goepfert et al. (2013) estudiaron el ^{18}O en el esmalte dental

de camélidos arqueológicos. Los resultados fueron comparados con los estudios similares de una alpaca moderna. Finalmente, se demostró que los camélidos arqueológicos fueron criados en la costa durante los primeros años de su vida, incluso se precisa que este evento sucedió durante el crecimiento de sus M2 y M3 mandibulares.

En este estudio se hace una discusión sobre el uso del hueso para determinar el origen y traslados de los animales, señalándose que está limitado por el funcionamiento metabólico del tejido óseo. Según esta investigación, los valores isotópicos de este tipo de tejido son difíciles de interpretar, porque supone el resultado del consumo de una mezcla de diferentes tipos de vegetación en diferentes momentos y emplazamientos (Goepfert et al. 2013).

Sin embargo, Dufour et al. (2014) presentan un nuevo estudio isotópico combinando el análisis de colágeno óseo de tres muestras (^{13}C y ^{15}N), carbonato estructural de hueso (^{13}C y ^{18}O) y una serie de análisis de carbonato estructural del esmalte de los molares (^{13}C y ^{18}O) de dos sitios mochica: la Plataforma Uhle en Huaca de la Luna, y El Brujo en el valle de Chicama. Los resultados obtenidos, indican que los camélidos mochica fueron criados en los valles bajos y medios. Según este estudio, los camélidos mochicas habrían tenido diversas y complejas historias vitales, consumiendo cantidades sustanciales de forraje de maíz. Concluyen indicando que los pastores mochicas adaptaron sus prácticas de crianza al medio ambiente de las tierras bajas y las hicieron variadas, deslindando así que este proceso se haya limitado únicamente a las zonas de altiplano. (Dufour et al. 2014).

Un nuevo estudio de Szpak y su equipo, referidos a la aplicación isotópica en colágeno del hueso y fibra de camélidos se indica que los valores isotópicos de ^{13}C y ^{15}N en colágeno óseo y fibra de una gran colección de camélidos de los sitios del Huaca Gallinazo y Huaca Santa Clara, en el valle de Virú, del Periodo Intermedio Temprano (200 años a.C. a 800 años d.C.), las composiciones isotópicas encontradas en estos camélidos son consistentes con las composiciones isotópicas de las plantas colectadas en la costa, pero no así con plantas de sitios alto-andinos, lo que sugiere que estos animales fueron criados localmente (Szpak et al. 2014).

Otra investigación sobre isótopos de colecciones óseas de camélidos de la Zona Urbana Moche en Huaca de la Luna, es el realizado por Vásquez y un equipo de especialistas de la Universidad Autónoma de Madrid. Utilizando técnicas osteométricas sobre primeras falanges de camélidos, han identificado las dos especies domésticas ("llama" y "alpaca"), las cuales han sido valorados isotópicamente del colágeno extraído de las primeras falanges, lo cual ha permitido conocer que los camélidos de la ZUM estaban consumiendo plantas C4 con alto contenido de ^{15}N , y que por los valores isotópicos de ambas especies, tienen como diferencia un tipo diferente de pastoreo, donde las "llamas" consumen plantas C4 de ambientes con mayor aridez (cerca a la playa) y las "alpacas" también consumen plantas C4 pero de ambientes posiblemente más elevados que Huaca de la Luna o en las inmediaciones de esta, concluyendo que se trata de una muestra que arroja como resultado que estos camélidos no fueron traídos de sitios andinos de mayor altitud (Vásquez et al. 2016, en prensa)

La revisión efectuada de los trabajos de DeNiro (1988), Szpak et al. (2009, 2013, 2014), Thornton et al. (2011), Goepfert et al. (2013), Dufour et al. (2014) y Vásquez et al. (2016), tienen un denominador común, y es que los valores isotópicos encajan dentro del consumo de pastos de ecosistemas costeros de baja y mediana altitud, y se distinguen bien de aquellos camélidos que viven y consumen pastos alto-andinos. Por lo tanto, con la perspectiva isotópica, habría un consenso para una propuesta de crianza local de camélidos en la costa norte prehispánica, desde el Período Intermedio Temprano hasta el Horizonte Medio, y que los restos de camélidos de varios contextos de Huaca de la Luna, están arrojando importantes datos sobre la crianza local, que permite interpretar nuestra muestra de ofrendas de camélidos que proviene de la Plaza 1, desde una perspectiva diferente a aquellos camélidos que provienen de sitios andinos de altura.

Materiales y Métodos

La Muestra

La muestra para esta investigación ha sido tomada de la Plaza 1, específicamente del sector noreste y este que fue donde se evidenciaron entierros de camélidos.

En este contexto se obtuvo una relación de la cantidad de entierros post-Moche, lo cual contabiliza un corpus de 75 entierros de camélidos. Con la relación de entierros, se seleccionó una muestra representativa examinando todos los entierros (Figura 3).

Los criterios de elección de la muestra implicaron la elección de los huesos largos, especialmente el fémur y la tibia. Los requisitos que han tenido que cumplir huesos son los siguientes:

- Estos han tenido que estar completos, para utilizar la diáfisis del la parte central.
- Sin huellas antrópicas (seccionado, raspado, incisiones, fracturas, percusión, mordeduras, entre otros).
- Libres de ataque por agentes naturales (meteorizados, fracturas u erosiones).
- Libres de erosión biológica (no mordidos, sin intervención de insectos u hongos y sin erosión radicular).
- Sin haber sufrido combustión (quemados).
- Sin haber recibido tratamiento de conservación ya que el uso de consolidante u pegamento, es un factor negativo.

Finalmente, las muestras elegidas fueron 43 que representan el 57,33%, estos se presentan a continuación en la tabla 1, donde se observa que los entierros que corresponden a la T1: 20 muestras; a T2: 1 muestra; al Frontis Norte: 10 muestras; a la Unidad 1: 9 muestras; a la Unidad 2: 1 muestra y a la Unidad 3: 2 muestras.

Después del análisis isotópico los resultados positivos que indican colágeno diagenéticamente viable fueron 21, los cuales fueron sometidos a un estudio zooarqueológico para obtener mayor información.

Estudios zooarqueológicos:

- *Identificación taxonómica*

Para su identificación taxonómica se aprovechó el método cualitativo el cual utiliza características tales como la forma de los incisivos y la presencia de esmalte en la cara labial y lingual de estos incisivos basándose en los criterios de Wheeler (1982).

De acuerdo con el estudio de Wheeler, incisivos de forma espatulada con presencia de esmalte en ambos lados pertenecen o a la "llama" o al "guanaco". Incisivos de forma espatulada con esmalte solamente en la cara labial pertenecen a la "alpaca", mientras incisivos de forma rectangular con esmalte solamente en la cara labial indican "vicuña".

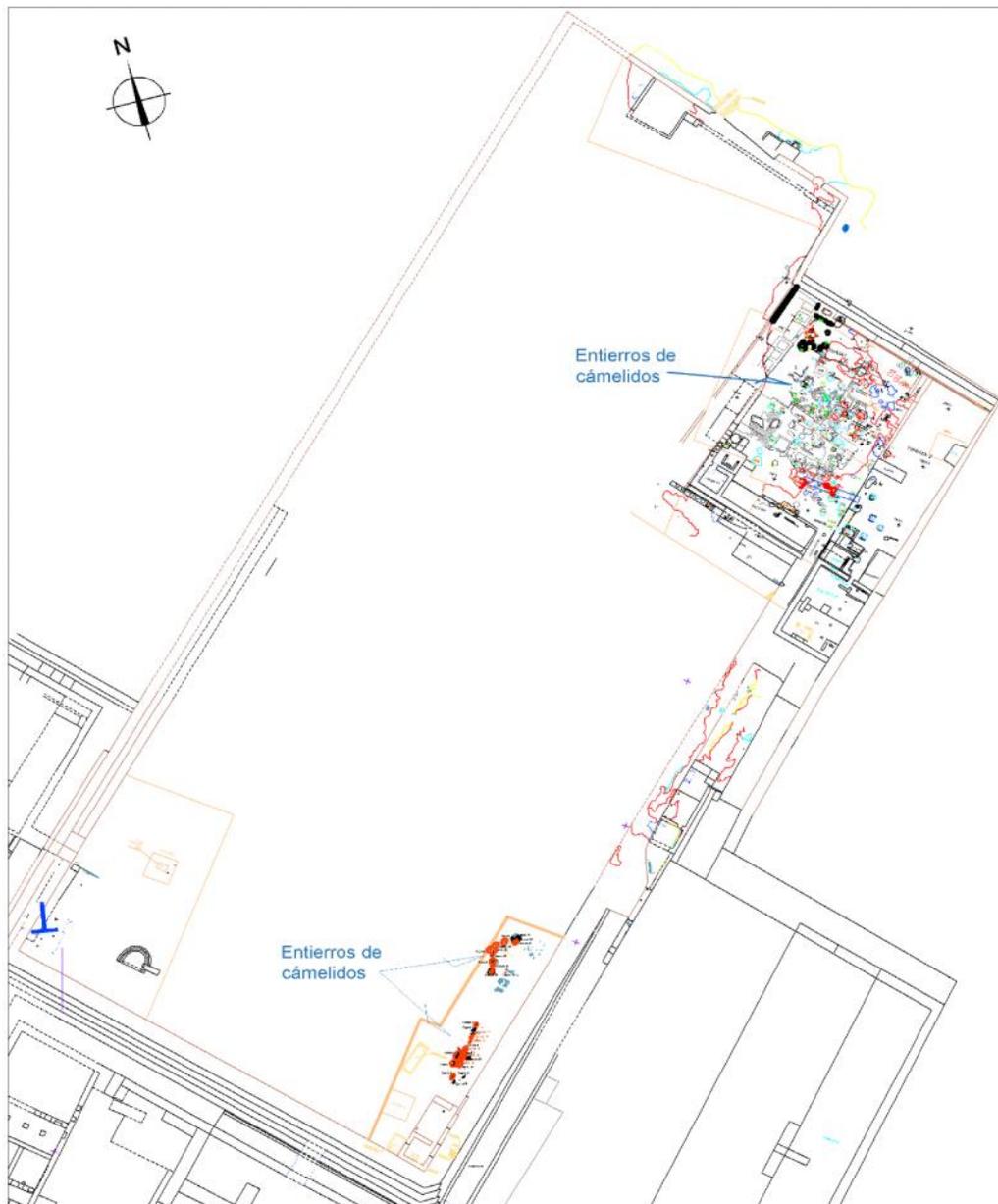


Figura N° 3: Plano de ubicación de muestras óseas de camélidos en Plaza 1, Huaca de la Luna.

- Perfiles de edad

Los perfiles de edad fueron estudiados a partir del estudio del desgaste dentario de los maxilares inferiores y superiores (Wheeler 1982). En el caso de los incisivos se procedió a estimar la edad según el planteamiento de Puig y Monge (1983).

Tabla N° 1: Relación de muestras de Camelidae sometidas a análisis de isótopos estables, ocupación post-moche de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

MUESTRAS DE CAMELIDAE PARA ANALISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE UNA OCUPACION POST MOCHE PLAZA 1 - HUACA DE LA LUNA							
N° de Referencia	Unidad	Matriz	Denominación	Parte anatómica muestreada	N° de Caja	Temporada excavación	
1	T-2	E-9	Camélido	Fémur izquierdo	C0054	2010	
2	T-1	E-21	Camélido	Fémur izquierdo	C0055	2010	
3		E-24	Camélido	Fémur izquierdo	C0055	2010	
4		E-30 (n-5)	Camélido	Radio	C0057	2010	
5		E-30 (n-5)	Camélido	Húmero	C0057	2010	
6		E-42	Camélido	Fémur derecho	C0092	2011	
7		Pozo 8	Camélido	Fémur	C0095	2011	
8		Pozo 9	Camélido	Fémur izquierdo	C0096	2011	
9		Pozo 9	Camélido	Fémur derecho	C0096	2011	
10		Pozo 10	Camélido	Fémur izquierdo	C0097	2011	
11		Pozo 11	Camélido	Fémur izquierdo	C0097	2011	
12		Pozo 12	Camélido	Fémur izquierdo	C0097	2011	
13		Pozo 15	Camélido	Fémur izquierdo	C0098	2011	
14		Pozo 16	Camélido	Fémur derecho	C0113	2012	
15		Pozo 16	Camélido	Fémur derecho	C0113	2012	
16		Pozo 18	Camélido	Fémur izquierdo	C0114	2012	
17		Pozo 19	Camélido	Fémur derecho	C0114	2012	
18		Pozo 20	Camélido	Fémur izquierdo	C0115	2012	
19		Pozo 20	Camélido	Fémur derecho	C0116	2012	
20		Pozo 20	Camélido	Fémur derecho	C0116	2012	
21		E-106	Camélido	Fémur izquierdo	C0118	2012	
22		Frontis Norte	Arena eólica	Camélido 2	Fémur derecho	C008	2005
23	Arena eólica		Camélido 3	Fémur izquierdo	C008	2005	
24	Arena eólica		Camélido 4	Fémur izquierdo	C009	2005	
25	Arena eólica		Camélido 8	Fémur izquierdo	C009	2005	
26	Arena eólica		Camélido 9	Fémur izquierdo	C010	2005	
27	Nivel de piso		Camélido 12	Fémur izquierdo	C011	2005	
28	Nivel de piso		Camélido 13	Fémur derecho	C012	2005	
29	Nivel de piso		Camélido 14	Fémur derecho	C012	2005	
30	Nivel de piso		Camélido 16	Fémur izquierdo	C013	2005	
31	Debajo de piso		Camélido 18	Fémur izquierdo	C013	2005	
32	Unidad 1	Sobre piso	Camélido 20	Fémur derecho	C132	2014	
33		Sobre piso	Camélido 21	Fémur derecho	C132	2014	
34		Sobre piso	Camélido 22	Fémur derecho	C132	2014	
35		Sobre piso	Camélido 23	Fémur izquierdo	C132	2014	
36		Relleno en arena	Camélido 24	Fémur derecho	C133	2014	
37		Sobre piso	Camélido 25	Fémur izquierdo	C133	2014	
38		Piso 1	Camélido 26	Fémur derecho	C134	2014	
39		Piso 1	Camélido 27	Fémur derecho	C134	2014	
40		Cateo 4:Celdilla 2	Camélido	Frag. Húmero	C131	2014	
41		Unidad 2	A (Sup)	Camélido	Fémur izquierdo	C135	2014
42		Unidad 3	A (Sup)	Camélido	Frag. Húmero	C136	2014
43		Unidad 3A	A (Sup)	Camélido	Fémur izquierdo	C140	2014

La aplicación de estos dos métodos sin embargo puede tener un efecto diferencial por estar realizados el primero sobre mandíbulas de muestras del altiplano (Wheeler 1982) y sobre incisivos de camélidos chilenos en el otro caso (Puig y Monge 1983), además que están siendo aplicados sobre una muestra de camélidos que según las evidencias fueron criados en ecosistemas costeros y están extintos.

Por otro lado también se observó la fusión de las epífisis de los huesos largos siguiendo la secuencia de fusión ósea propuesta por Kent (1982).

Estudios isotópicos:

Las muestras de Camelidae seleccionadas para estudios isotópicos fueron sometidas a limpieza la que se realizó con una micropulidora *Dremel* en el área central de la diáfisis y para cada muestra fue necesario utilizar un disco pulidor nuevo lo cual evitó la contaminación entre las muestras. Posteriormente el área limpiada fue seccionada utilizando una sierra eléctrica, teniendo que esterilizar después de cada muestra la hoja de la sierra. Las partes óseas seccionadas fueron cada una triturada y molida en mortero de ágata, para lo cual se utilizó nitrógeno líquido el que facilitó el proceso.

Teniendo las muestras pulverizadas, estas se colocaron en papel aluminio previamente rotulado con su procedencia. Aproximadamente se obtuvo 3 g de hueso molido que sirvió para continuar con el siguiente paso.

- Extracción de colágeno

Se tomó 1g de muestra pulverizada de cada primera falange mediante procedimientos mecánicos, con ayuda de nitrógeno líquido, para cada muestra y así facilitar el pulverizado. Luego de la pulverización, se desmineralizó añadiendo 10 ml de HCl 1.5 M, agitando hasta asegurar la eliminación completa de los carbonatos, durante 30 minutos. Luego se realizaron sucesivos lavados con agua destilada y se centrifugó hasta alcanzar pH neutro.

A la solución obtenida se añadió 5 ml de HCl 1 mM hasta dejar el pH alrededor de 3. El siguiente paso consistió en calentar a 70 °C durante 16 horas. En esta fase se disuelve y concentra el componente proteico de la fase soluble. Finalmente se centrifuga durante 10 minutos a 3000 rpm. Se recoge el sobrenadante y se evapora a 70 °C hasta llegar a caramelizar la proteína (no pasar de 80 °C).

- Análisis isotópico

Tomando 1 mg de colágeno de cada muestra se realizó la combustión en un analizador elemental Termo Flash 1112 acoplado en flujo continuo a un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas Termo Delta V Advantage (Bremen, Germany). Con este proceso se llegó a fijar los isótopos estables de carbono y nitrógeno para cada muestra.

Posteriormente, en una balanza analítica con seis decimales de gramo de precisión se pesaron para pasar a ser encapsuladas en estaño. Las precisiones analíticas fueron mejores de 0.15 ‰ en la determinación del ^{13}C y 0.2 ‰ para el ^{15}N .

Como estándares de composición isotópica se empleó el NBS-22, IAEA-CH-6, IAEA-CH-7 para el ^{13}C y IAEA-N1 e IAEA-N2 para ^{15}N .

La determinación elemental de carbono y nitrógeno se realizó con el propio IRMS obteniéndose precisiones analíticas mejores que un 3% en términos relativos.

-Tratamiento de los datos

Fue importante tener en cuenta los porcentajes elementales de carbono y nitrógeno, las relaciones molares C:N, así como el rendimiento en la extracción de colágeno, que son indicadores que pueden ser usados para evaluar el potencial de las alteraciones diagenéticas o la posible contaminación del colágeno del hueso.

DeNiro (1988) recomienda que las relaciones molares C:N del colágeno óseo debe situarse en los rangos de 2.9 a 3.6 para considerar que el colágeno está bien preservado y es válido para utilizarlo en estudios de paleodietas. Así mismo, las muestras de colágeno bien preservadas presentan contenidos en carbono por encima del 13 % y contenidos en nitrógeno por encima del 4.8 % (Ambrose 1990).

Con los valores obtenidos se procedió a realizar estadísticas descriptivas, coeficiente de correlación y ha estimarlos mediante un gráfico bivariado, utilizando los valores de ^{13}C y ^{15}N . Se obtuvo también los valores isotópicos modernos de una "alpaca" de la localidad de Huamachuco, cedida por el Biólogo Víctor Vásquez Sánchez (Vásquez et al. 2016, en prensa).

Resultados

Identificación taxonómica y perfiles Etarios

Según el examen del esmalte de los incisivos, 4 individuos fueron identificados por tener esmalte en ambos lados de los incisivos y por lo tanto se trata de individuos identificables como *Lama glama* "llama". Se trata de dos individuos de 3 meses denominados Camélido 20 y Camélido 25, luego tenemos un individuo de 4 meses denominado Camélido 23 y uno de 9 meses denominado Camélido 24 (tabla 2).

La identidad asociada con "llama" también esta reforzada porque los metatarsianos del Camélido 2 y la mandíbula del Camélido 25, tuvieron aún fibra que conserva el color, y precisamente el Camélido 25 sus incisivos indicaban que se trata de *Lama glama* "llama" y concuerda con las características y color de la fibra de "llama", similares características tenemos para la fibra del Camélido 2, que presentaba fibra en sus metatarsianos, por lo tanto también se trataría de una "llama".

Aunque solo tenemos identificados de forma segura 4 individuos tiernos que pertenecen a *Lama glama* "llama", es posible que la mayor cantidad de la muestra analizada sean de esta especie o con más seguridad de una especie doméstica. Por otro lado los perfiles de edades están indicando un gran porcentaje de individuos tiernos, que haciendo un desglose indican que los individuos de 3 meses están representados en 33.7%, siguen los individuos de 9 meses con 28,5%, los individuos

de 4 y 5 meses con 2.9% respectivamente, los de 6 meses, 1 año 3 meses, 1 año 5 meses, y un individuo clasificado como tierno, con 4,7% respectivamente.

Tabla N° 2: Datos de la identificación taxonómica y los perfiles etarios de la muestra de entierros de camélidos analizadas que tuvieron resultados positivos con el análisis isotópico

PERFILES ETARIOS DE CAMÉLIDOS: PLAZA 1: HUACA DE LA LUNA: MUESTRAS POSITIVAS DEL ANÁLISIS ISOTÓPICO							
MUESTRAS POSITIVAS	CONTEXTO				Temporada excavación	Perfiles de Edad	Taxa identificado
	Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz			
Camélido 2	Frontis Norte Trinchera 1	NE	81 CL	Arena eólica	2005	5 meses: mandíbula con Pd3, Pd4 y M1 erupcionando.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 3	Frontis Norte Trinchera 1	NE	72CL 73CL	Arena eólica	2005	9 meses: fémur derecho s/f en ambas epífisis.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 4	Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Arena eólica	2005	6 meses: mandíbula con Pd3, Pd4 y M1 con primera corona erupcionada.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 8	Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Arena eólica	2005	9 meses: fémur izquierdo s/f en ambas epífisis.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 9	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Arena eólica	2005	9 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, Pd4 presente y las dos coronas erupcionadas de M1.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 12	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Nivel de Piso	2005	9 meses: fémur derecho s/f en ambas epífisis.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 13	Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Nivel de Piso	2005	1 año 3 meses: mandíbula con Pd3, Pd4, M1 y M2 por erupcionar.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 14	Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Nivel de Piso	2005	3 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, Pd4 presente y M1 aún no erupciona.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 16	Frontis Norte Trinchera 1	NE	80CL 80CM	Nivel de Piso	2005	3 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, Pd4 presente y M1 aún no erupciona.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 18	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Debajo de Piso	2005	3 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, Pd4 presente y M1 aún no erupciona.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 20	Plaza 1 Unidad 1	80C	91-92Cj 91-92Ck	Sobre Piso	2014	3 meses: mandíbula con Pd3, Pd4, M1 erupcionando, I2, I3 con esmalte en ambos lados.	<i>Lama glama</i>
Camélido 21	Plaza 1 Unidad 1	80C	95Cj	Sobre Piso	2014	Tierno: metacarpiano con la parte distal s/f y la proximal fusionada.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 22	Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Ci 93-94Cj	Sobre Piso	2014	4 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, Pd4 presente y M1 erupcionando.	<i>Lama sp.</i>
Camélido 23	Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Ci	Sobre Piso	2014	4 meses: mandíbula con Pd3, Pd4 y M1 aún por erupcionar, apareciendo la primera corona, I1 y I3 con esmalte en ambos lados. Fémur izq con la diáfisis arqueada.	<i>Lama glama</i>
Camélido 24	Plaza 1 Unidad 1	80C	95-96Cj 95-96Ck	Relleno en arena	2014	9 meses: mandíbula con Pd3, Pd4 y ambas coronas de M1 erupcionadas, I1, I2, I3 con esmalte en ambos lados.	<i>Lama glama</i>
Camélido 25	Plaza 1 Unidad 1	80C	96-97Ci	Sobre Piso	2014	3 meses: mandíbula con Pd3, Pd4 y M1 aún por erupcionar, I1, I2, I3 esmalte en ambos lados.	<i>Lama glama</i>
Camélido 26	Plaza 1 Unidad 1	80C	90-91Cj 90-91 Ck	Piso 1	2014	3 meses: mandíbula con alveolo de Pd3, presente Pd4 y M1 aún por erupcionar, I12, I2, I3 con esmalte en ambos lados.	<i>Lama glama</i>
Camélido 27	Plaza 1 Unidad 1	80C	92-93Cj	Piso 1	2014	3 meses: en la mandíbula sólo se aprecia el alveolo de M1, el cual aún está por erupcionar.	<i>Lama glama</i>
Camélido	Plaza 1 Unidad 1	180D	181DK	Pozo 10	2011	5 meses: sólo presenta el alveolo de M1 cuya primera corona ha erupcionado.	<i>Lama sp.</i>
Camélido	Plaza 1 Unidad 2	220C	224-226Ci 224-226Cl	A Sup	2014	9 meses: fémur izquierdo con ambas epífisis s/f.	<i>Lama sp.</i>
Camélido	Plaza 1 Unidad 3	200C	212-219Ch 212-219	A Sup	2014	1 año 5 meses: húmero distal fusionado, la parte proximal fracturada.	<i>Lama sp.</i>

Isótopos de carbono y nitrógeno en colágeno del hueso

Los resultados isotópicos se muestran en la tabla 3 donde se aprecian las composiciones isotópicas y elementales en el colágeno óseo de las 21 muestras que tuvieron resultados positivos.

Tabla N° 3: Resultados analíticos de %C, %N, ¹³C, ¹⁵N con repeticiones y ratios molares C/N obtenidos en el colágeno extraído de 21 muestras de entierros de camélidos de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

Ref. muestra	Tipo Muestra	d 13Cvpdb - %Ct				PROMEDIO d 13Cvpdb	PROMEDIO %Ct	Ref. muestra	Tipo Muestra	d 15Nair - %Nt				PROMEDIO d 15Nair	PROMEDIO %Nt	C/N	C/N MOLAR
		d 13Cvpdb	%Ct	d 13Cvpdb	%Ct					d 15Nair	%Nt	d 15Nair	%Nt				
22	Camélido 2	-12.02	36.77			-12.02	36.77	22	Camélido 2	6.54	13.01			6.54	13.01	2.83	3.30
23	Camélido 3	-8.50	39.46	-8.57	36.28	-8.54	37.87	23	Camélido 3	13.88	14.26	14.19	13.40	14.03	13.83	2.74	3.19
24	Camélido 4	-12.77	39.79			-12.77	39.79	24	Camélido 4	10.41	14.45			10.41	14.45	2.75	3.21
25	Camélido 8	-9.94	42.67			-9.94	42.67	25	Camélido 8	9.81	15.32			9.81	15.32	2.78	3.25
26	Camélido 9	-13.35	35.82			-13.35	35.82	26	Camélido 9	10.77	13.14			10.77	13.14	2.73	3.18
27	Camélido 12	-14.02	34.64			-14.02	34.64	27	Camélido 12	6.79	12.47			6.79	12.47	2.78	3.24
28	Camélido 13	-13.51	36.07			-13.51	36.07	28	Camélido 13	8.45	13.03			8.45	13.03	2.77	3.23
29	Camélido 14	-12.70	34.41	-12.37	32.46	-12.53	33.44	29	Camélido 14	6.00	12.46	5.87	11.99	5.93	12.23	2.73	3.19
30	Camélido 16	-9.43	36.32			-9.43	36.32	30	Camélido 16	8.46	12.95			8.46	12.95	2.81	3.27
31	Camélido 18	-10.29	33.21			-10.29	33.21	31	Camélido 18	9.06	12.01			9.06	12.01	2.77	3.23
32	Camélido 20	-10.20	28.94			-10.20	28.94	32	Camélido 20	10.77	10.15			10.77	10.15	2.85	3.33
33	Camélido 21	-16.53	42.01	-16.39	41.25	-16.46	41.63	33	Camélido 21	3.06	15.11	3.11	15.12	3.08	15.11	2.75	3.21
10	Camélido (U:1)	-12.88	6.77			-12.88	6.77	10	Camélido (U:1)	12.66	2.34			12.66	2.34	2.90	3.38
34	Camélido 22	-8.43	37.62			-8.43	37.62	34	Camélido 22	9.02	13.55			9.02	13.55	2.78	3.24
35	Camélido 23	-12.08	36.78			-12.08	36.78	35	Camélido 23	9.65	13.44			9.65	13.44	2.74	3.19
36	Camélido 24	-13.09	44.08			-13.09	44.08	36	Camélido 24	7.53	15.84			7.53	15.84	2.78	3.25
37	Camélido 25	-12.53	45.12			-12.53	45.12	37	Camélido 25	8.51	16.00			8.51	16.00	2.82	3.29
38	Camélido 26	-12.10	37.47			-12.10	37.47	38	Camélido 26	6.55	13.39			6.55	13.39	2.80	3.26
39	Camélido 27	-11.83	44.08			-11.83	44.08	39	Camélido 27	7.24	15.78			7.24	15.78	2.79	3.26
41	Camélido (U:2)	-6.80	41.69	-6.44	40.91	-6.62	41.30	41	Camélido (U:2)	13.84	14.68	13.39	16.16	13.62	15.42	2.68	3.13
42	Camélido (U:3)	-12.94	41.30			-12.94	41.30	42	Camélido (U:3)	7.96	14.98			7.96	14.98	2.76	3.22

Tabla N° 4: Composición isotópica de 21 muestras obtenido del colágeno según entierros de camélidos de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

MUESTRAS POSITIVAS	Referencia	CONTEXTO				Temporada	Perfiles de Edad	Taxa identificado	Parte anatómica analizada	Análisis isotópico	
		Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz					¹³ C	¹⁵ N
Camélido 2	22	Frontis Norte Trinchera 1	NE	81 CL	Arena eólica	2005	5 meses	Lama sp.	Fémur der	-12.02	6.54
Camélido 3	23	Frontis Norte Trinchera 1	NE	72CL 73CL	Arena eólica	2005	9 meses	Lama sp.	Fémur izq	-8.54	14.03
Camélido 4	24	Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Arena eólica	2005	6 meses	Lama sp.	Fémur izq	-12.77	10.41
Camélido 8	25	Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Arena eólica	2005	9 meses	Lama sp.	Fémur izq	-9.94	9.81
Camélido 9	26	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Arena eólica	2005	9 meses	Lama sp.	Fémur izq	-13.35	10.77
Camélido 12		Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Nivel de Piso	2005	9 meses	Lama sp.	Fémur izq	-14.02	6.79
Camélido 13		Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Nivel de Piso	2005	1 año 3 meses	Lama sp.	Fémur der	-13.51	8.45
Camélido 14		Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Nivel de Piso	2005	3 meses	Lama sp.	Fémur der	-12.53	5.93
Camélido 16		Frontis Norte Trinchera 1	NE	80CL 80CM	Nivel de Piso	2005	3 meses	Lama sp.	Fémur izq	-9.43	8.46
Camélido 18		Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Debajo de Piso	2005	3 meses	Lama sp.	Fémur izq	-10.29	9.06
Camélido 20		Plaza 1 Unidad 1	80C	91-92Cj 91-92Ck	Sobre Piso	2014	3 meses	Lama glama	Fémur der	-10.2	10.77
Camélido 21		Plaza 1 Unidad 1	80C	95Cj	Sobre Piso	2014	Tiempo Metacarpiano con la parte distal s/f y la proximal fusionada	Lama sp.	Fémur der	-16.46	3.08
Camélido 22		Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Cj 93-94Ck	Sobre Piso	2014	4 meses	Lama sp.	Fémur der	-8.43	9.02
Camélido 23		Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Cj	Sobre Piso	2014	Mandíbula: alveolo de Pd3, Pd4 presente y M1 erupcionando	Lama glama	Fémur izq	-12.08	9.65
Camélido 24		Plaza 1 Unidad 1	80C	95-96Cj 95-96Ck	Relleno en arena	2014	9 meses	Lama glama	Fémur der	-13.09	7.53
Camélido 25		Plaza 1 Unidad 1	80C	96-97Cj	Sobre Piso	2014	3 meses	Lama glama	Fémur izq	-12.53	8.51
Camélido 26		Plaza 1 Unidad 1	80C	90-91Cj 90-91 Ck	Piso 1	2014	Mandíbula: Pd3, Pd4 y M1 aún por erupcionar, I1, I2, I3 esmalte en ambos lados	Lama glama	Fémur der	-12.1	6.55
Camélido 27		Plaza 1 Unidad 1	80C	92-93Cj	Piso 1	2014	Mandíbula: alveolo de Pd3, presente Pd4 y M1 aún por erupcionar, I1, I2, I3 esmalte en ambos lados	Lama sp.	Fémur der	-11.83	7.24
Camélido		Plaza 1 Unidad 1	180D	181DK	Pozo	2011	5 meses	Lama sp.	Fémur izq	-12.88	12.66
Camélido		Plaza 1 Unidad 2	220C	224-226Ci 224-226Cj	A Sup	2014	9 meses	Lama sp.	Fémur izq	-6.62	13.62
Camélido		Plaza 1 Unidad 3	200C	212-219Ch 212-219	A Sup	2014	1 año 5 meses	Lama sp.	Frag húmero	-12.94	7.96

Los valores isotópicos individuales para los camélidos de la Plaza 1 indican que los ¹³C se encuentran entre -16.46‰ y -6.62‰, con un promedio de -11.69‰. Los valores de ¹⁵N tienen rangos entre 14.03‰ y 3.08‰, con un promedio de 8.89‰ (tabla 5).

Tabla N° 5: Estadísticas descriptivas y Coeficiente de Correlación de los valores isotópicos de ¹³C y ¹⁵N de las 21 muestras de camélidos analizados de Plaza 1, Huaca de la Luna

Estadísticas	d13C	d15N
Media	-11.693333	8.89714286
Mediana	-12.1	8.51
Moda	-12.53	10.77
Desviación estándar	2.24521343	2.62430018
Varianza de la muestra	5.04098333	6.88695143
Mínimo	-16.46	3.08
Máximo	-6.62	14.03
N	21	21
Nivel de confianza(95.0%)	1.0220089	1.19456712
Coeficiente de Correlación	0.64	

Al encontrarse diversas edades en la muestra, se presentan en las siguientes tablas los datos isotópicos agrupados en edades: camélidos de 3 meses, camélidos de 4 a 6 meses, camélidos de 9 meses y camélidos de 1 año 3/5 meses.

Tabla N° 6: Composición isotópica de camélidos de 3 meses de edad procedentes de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

Huaca de la Luna: Plaza 1: Composición isotópica de camélidos de 3 meses										
MUESTRAS POSITIVAS	CONTEXTO				Temporada excavación	Perfiles de Edad	Taxa identificado	Parte anatómica analizada	Análisis isotópico	
	Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz					13C	15N
Camélido 14	Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Nivel de Piso	2005	3 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-12.53	5.93
Camélido 16	Frontis Norte Trinchera 1	NE	80CL 80CM	Nivel de Piso	2005	3 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-9.43	8.46
Camélido 18	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Debajo de Piso	2005	3 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-10.29	9.06
Camélido 20	Plaza 1 Unidad 1	80C	91-92Cj 91-92Ck	Sobre Piso	2014	3 meses	<i>Lama glama</i>	Fémur der	-10.2	10.77
Camélido 25	Plaza 1 Unidad 1	80C	96-97Ci	Sobre Piso	2014	3 meses	<i>Lama glama</i>	Fémur izq	-12.53	8.51
Camélido 26	Plaza 1 Unidad 1	80C	90-91Cj 90-91 Ck	Piso 1	2014	3 meses	<i>Lama glama</i>	Fémur der	-12.1	6.55
Camélido 27	Plaza 1 Unidad 1	80C	92-93Cj	Piso 1	2014	3 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-11.83	7.24

Tabla N° 7: Composición isotópica de camélidos de 4 a 6 meses de edad procedentes de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

Huaca de la Luna: Plaza 1: Composición isotópica de camélidos de 4 a 6 meses										
MUESTRAS POSITIVAS	CONTEXTO				Temporada excavación	Perfiles de Edad	Taxa identificado	Parte anatómica analizada	Análisis isotópico	
	Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz					13C	15N
Camélido 2	Frontis Norte Trinchera 1	NE	81 CL	Arena eólica	2005	5 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-12.02	6.54
Camélido 4	Frontis Norte Trinchera 1	NE	77CL 78CL	Arena eólica	2005	6 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-12.77	10.41
Camélido 21	Plaza 1 Unidad 1	80C	95Cj	Sobre Piso	2014	Tierno	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-16.46	3.08
Camélido 22	Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Ci 93-94Cj	Sobre Piso	2014	4 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-8.43	9.02
Camélido 23	Plaza 1 Unidad 1	80C	93-94Ci	Sobre Piso	2014	4 meses	<i>Lama glama</i>	Fémur izq	-12.08	9.65
Camélido	Plaza 1 Unidad 1	180D	181DK	Pozo 10	2011	5 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-12.88	12.66

Tabla N° 8: Composición isotópica de camélidos de 9 meses de edad procedentes de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

Huaca de la Luna: Plaza 1: Composición isotópica de camélidos de 9 meses										
MUESTRAS POSITIVAS	CONTEXTO				Temporada excavación	Perfiles de Edad	Taxa identificado	Parte anatómica analizada	Análisis isotópico	
	Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz					13C	15N
Camélido 3	Frontis Norte Trinchera 1	NE	72CL 73CL	Arena eólica	2005	9 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-8.54	14.03
Camélido 8	Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Arena eólica	2005	9 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-9.94	9.81
Camélido 9	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Arena eólica	2005	9 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-13.35	10.77
Camélido 12	Frontis Norte Trinchera 1	NE	75CL	Nivel de Piso	2005	9 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-14.02	6.79
Camélido 24	Plaza 1 Unidad 1	80C	95-96Cj 95-96Ck	Relleno en arena	2014	9 meses	<i>Lama glama</i>	Fémur der	-13.09	7.53
Camélido	Plaza 1 Unidad 2	220C	224-226Ci 224-226Cl	A Sup	2014	9 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur izq	-6.62	13.62

Tabla N° 9: Composición isotópica de camélidos de 1 año 3/5 meses de edad procedentes de la Plaza 1 de la Huaca de la Luna.

Huaca de la Luna: Plaza 1: Composición isotópica de camélidos de 1 año 3/5 meses										
MUESTRAS POSITIVAS	CONTEXTO				Temporada excavación	Perfiles de Edad	Taxa identificado	Parte anatómica analizada	Análisis isotópico	
	Unidad	Cuadro	Cuadrícula	Matriz					13C	15N
Camélido 13	Frontis Norte Trinchera 1	NE	76CL 77CL	Nivel de Piso	2005	1 año 3 meses	<i>Lama sp.</i>	Fémur der	-13.51	8.45
Camélido	Plaza 1 Unidad 3	200C	212-219Ch 212-219	A Sup	2014	1 año 5 meses	<i>Lama sp.</i>	Húmero der	-12.94	7.96

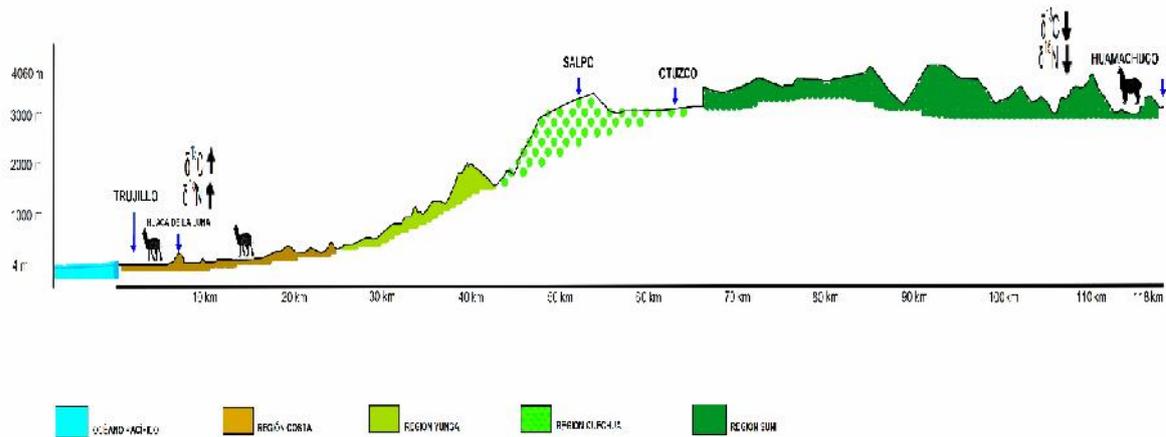


Figura N° 3: Corte topográfico longitudinal desde la costa (Huaca de la Luna, Trujillo) hasta la sierra (Huamachuco, sierra o altiplano), mostrando las concentraciones de ^{13}C y ^{15}N según la altitud. (Adaptado de Thornton et al. 2011 y Google Earth).

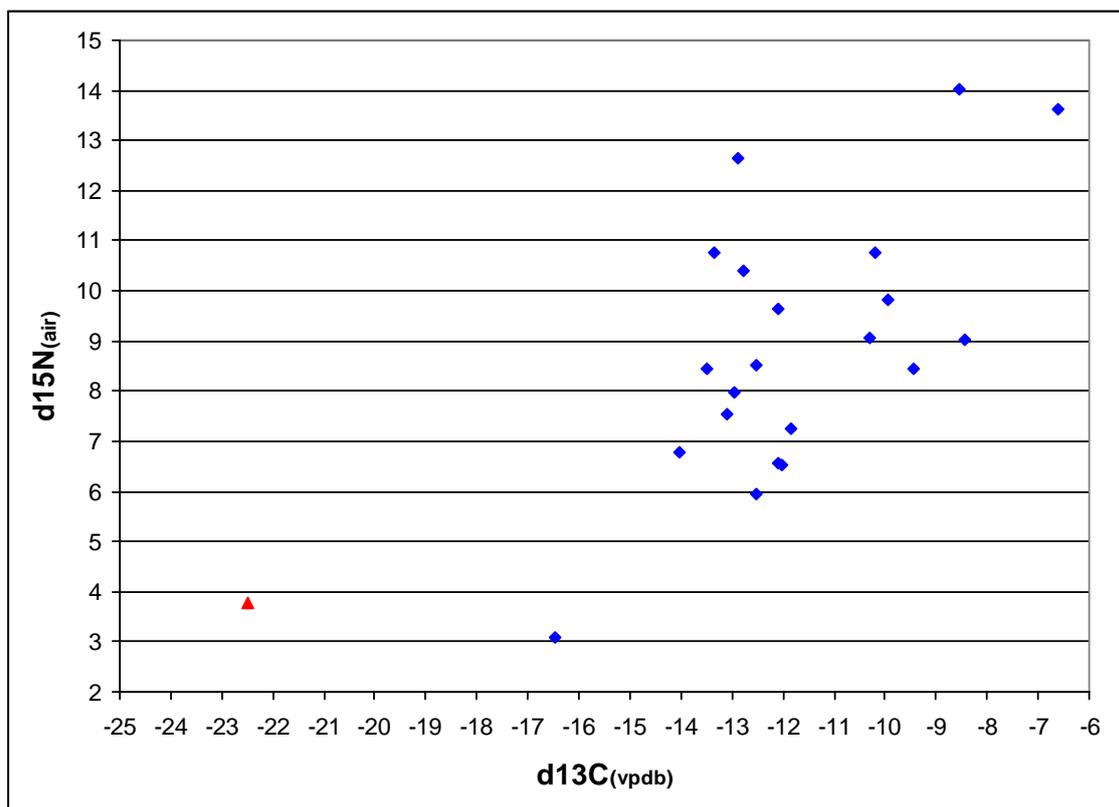


Figura N° 4: Resultados isotópicos ^{13}C y ^{15}N del colágeno óseo extraído de restos de 21 camélidos de la Plaza 1, Huaca de la Luna y una "alpaca" moderna de Huamachuco.

Leyenda: ◆ Camélidos de Plaza 1 ▲ *Vicugna pacos* (moderna de la sierra: Huamachuco)

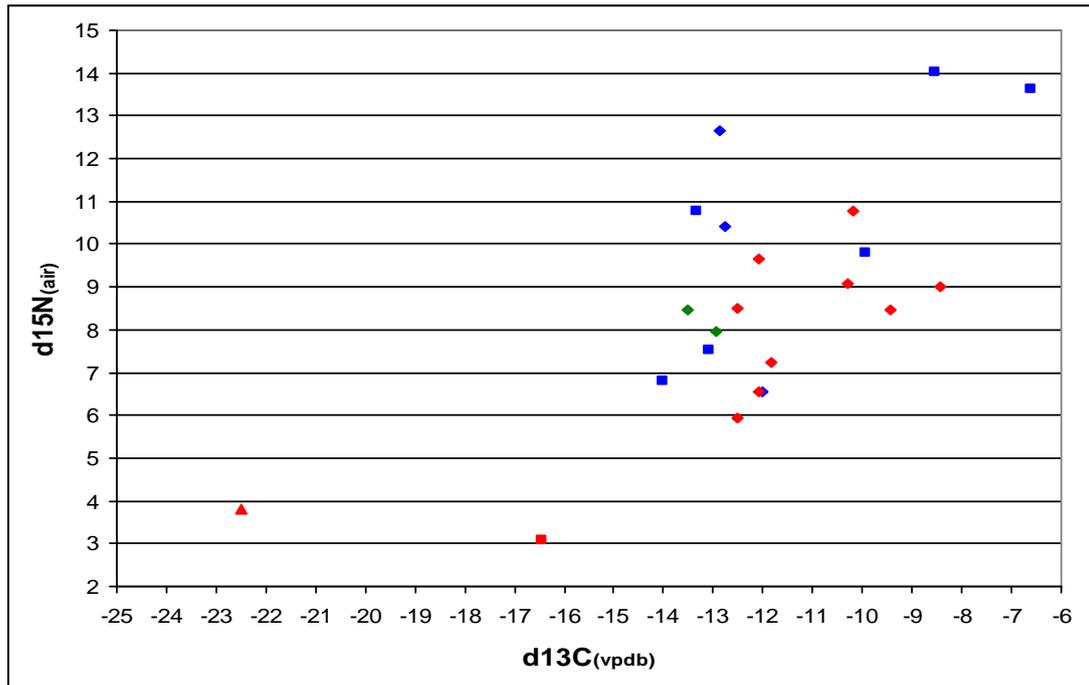


Figura N° 5: Resultados isotópicos ^{13}C y ^{15}N del colágeno óseo extraído de restos de 21 camélidos de la Plaza 1 según edades (perfil etario), Huaca de la Luna y una "alpaca" moderna de Huamachuco.

- Leyenda: ◆ Individuos de 3 meses de edad ■ Individuos de 9 meses
◆ Individuos de 5 y 6 meses ◆ Individuos de 1 año 3 meses y 1 año 5 meses
■ Individuo Tierno ▲ *Vicugna pacos* (moderna de la sierra: Huamachuco)

Discusión

Los resultados isotópicos de nitrógeno y carbono obtenidos muestran unos valores para los camélidos de la Plaza 1 que indican que los ^{13}C se encuentran entre -16.46‰ y -6.62‰, con un promedio de -11.69‰ (SD 2.2). Los valores de ^{15}N tienen rangos entre 14.03‰ y 3.08‰, con un promedio de 8.89‰ (SD 2.6).

Un análisis de los valores de ^{13}C para esta muestra de camélidos ofrendados, indica una variación de 9.84‰, entre -16.46‰ que corresponde a un individuo tierno, el cual tiene también valores bajos de ^{15}N con 3.08‰. Se trata del Camélido 21, muestra que se obtuvo de un fémur derecho. Es posible que este individuo habría llegado de un sitio de mayor altitud, teniendo en cuenta los valores de ^{13}C , que indica una zona intermedia entre las plantas C3 y C4, y el valor bajo de ^{15}N que es típico de sitios de mayor altitud, los cuales

por mayor pluviometría, solubilizan más el nitrógeno, tal como se observa en la figura 3 (Thornton et al. 2011).

Las otras muestras que tienen valores isotópicos que indican consumo de plantas C4, están comprendidas entre el Camélido 12, con valores de ^{13}C de -14.02‰ y ^{15}N con 6.79‰ , y el Camélido de la unidad 2 de la Plaza 1 con valores ^{13}C de -6.62‰ y ^{15}N con 13.62‰ , es decir un rango de 7.4‰ , el cual indica que se trata de una muestra de camélidos que están consumiendo plantas C4, y con mucha posibilidad el forraje es "maíz" y plantas herbáceas de ambientes áridos, por los altos niveles de nitrógeno que se observa en el Camélido 3, Camélido 4, Camélido 9, Camélido 20 y Camélido Unidad 1, cuyos valores están entre 10.41‰ y 14.03‰ (tabla 4).

Estos valores en general son notablemente más elevados que los que podría esperarse para herbívoros terrestres adultos. Sin embargo hay un detalle importante a discutir, y se trata que la mayoría de las muestras analizadas son de camélidos tiernos, donde los individuos de 3 meses de edad constituyen un 33.3% y posiblemente dejaron de lactar y recién están consumiendo pastos, hecho que se aprecia en el escaso desgaste de los incisivos y la ausencia del M1 (tabla 6).

Según Nitsch et al. (2011) los mamíferos tiernos que están en edad de lactancia, tienen la señal isotópica de la madre, y recién cuando empiezan a comer pastos, los valores isotópicos comienzan a variar por el cambio de la dieta. Aunque el equipo de Nitsch ha realizado esta valoración para muestras de infantes humanos que estuvieron lactando y luego dejaron de lactar, ellos explican que este proceso es común en los mamíferos que alimentan con leche a sus crías, así llevándolo al caso de los camélidos podemos observar que hay 5 individuos de camélidos de 3 meses que tienen valores de nitrógeno entre 8 y 11‰ (figura 5).

También en la figura 5 observamos que hay dos individuos tiernos pero con una edad de 9 meses, que tienen valores entre 13‰ y 14‰ de ^{15}N . Teniendo en cuenta su edad, estos individuos ya están pastando solos. Una posibilidad de su alto contenido de nitrógeno es que están consumiendo "maíz" siendo que serán sacrificados para ofrendas o están pastando en zonas áridas cerca a la orilla de playa, donde hay vegetación herbácea con altos contenidos de nitrógeno como lo demuestra Szpak et al. (2013).

Sin embargo hay 4 individuos de la misma edad (9 meses) que tienen valores de nitrógeno entre 9.81‰ y 10.77‰ (camélido 8 y camélido 9) y 6.79‰ y 7.53‰ (camélido 12 y camélido 24), lo que a priori indicaría una estrategia de pastoreo diferencial para los individuos de 9 meses, lo cual puede estar en función a la ideología ritual en la ofrendas de estos camélidos (figura 5).

Los valores obtenidos en este estudio evidencian que la dieta de estos animales fue muy distinta a la que siguen los rebaños actuales que habitan en el ambiente de los andes peruanos, como se aprecia al comparar los resultados obtenidos en este trabajo respecto a una muestra moderna de *Vicugna pacos* "alpaca" que fue obtenida de Huamachuco, una localidad situada a 3269 msnm, donde los valores de este individuo encajan con el consumo de plantas C3 por sus valores más negativos y los bajos valores de nitrógeno (-22.38‰ para ^{13}C y 3.79‰ para ^{15}N , figuras 4 y 5).

Valores isotópicos que indican una dieta de pastos de baja altitud, especialmente C4 y altos contenidos de nitrógeno, han sido presentados por Dufour et al. (2014) para muestras de Huaca de la Luna y El Brujo, Szpak et al. (2009) para muestras de Huaca Santa Clara en Virú, y últimamente Vásquez et al. (2016, en prensa) para muestras de la Zona Urbana Moche, donde los datos isotópicos concuerdan con una dieta de plantas C4 y alto valores de nitrógeno.

Por otro lado hay que indicar que los valores isotópicos obtenidos, tienen un valor de $R^2 = 0.64$ (tabla 5) lo cual indica una correlación lineal fuerte. Similares valores de correlación fuerte ha obtenido Szpak et al. (2009), indicando que la fuente de enriquecimiento en ^{15}N en el colágeno de los huesos de los camélidos no deriva de una fuente marina, es decir no habría posibilidad de un consumo de restos de peces, como han propuesto algunos investigadores como Shaughnessy et al. (2008).

A la fecha los estudios isotópicos de muestras de camélidos de yacimientos costeros, especialmente de la época moche, están indicando que los altos valores de nitrógeno, estarían relacionados con un abonamiento de los cultivos de maíz y también un consumo de plantas C4 de ambientes áridos, tal como se indica en los estudios de Szpak et al. (2013) y Vásquez et al. (2016 en prensa).

Tampoco hay estudios isotópicos sobre individuos tiernos de camélidos que nos pudieran guiar en las interpretaciones, pero según los resultados obtenidos y la comparación con estudios de otros especialistas, la muestra de camélidos analizada de Plaza 1, encajan dentro de un consumo de plantas C4 de baja altitud y maíz, lo cual implica que estos rebaños y los individuos tiernos ofrendados habrían nacido localmente y no habrían sido traídos de sitios de altitud, lo cual encaja dentro de la crianza local de rebaños de "llamas".

Conclusiones

Los análisis isotópicos de ^{13}C indican que los camélidos estudiados, que en su mayoría son tiernos (3 meses a 9 meses), tuvieron que incorporar en su dieta un alto porcentaje de plantas tipo C4, más abundantes en áreas bajas y cálidas, que en zonas altoandinas, así entre estas plantas también tenemos consumo de "maíz".

La variabilidad de los valores de ^{15}N y ^{13}C sugiere que hubo algunos animales tiernos que tuvieron diferente tipo de pastoreo, algunos muestran una dieta rica en nitrógeno, que puede indicar consumo de "maíz" y otros están pastando en zonas áridas cerca a la orilla marina, donde hay plantas herbáceas con alto contenido de nitrógeno, hay en este caso dos "llamas" de 9 meses que tienen un ^{15}N muy elevado, similar al que presentan los carnívoros terrestres.

La mayoría de los individuos de camélidos estudiados presentan unos patrones de dieta relativamente parecidos, descartándose así el comercio o intercambio de estos animales con ejemplares procedentes de rebaños criados en otros habitats como el alto-andino.

También la evidencia zooarqueológica y los restos de estructuras constructivas asociadas a corrales, así como presencia de importantes cantidades de coprolitos de camélidos cerca de los conjuntos arquitectónicos del Núcleo Urbano Moche (NUM), son fuertes argumentos que convergen para apoyar la hipótesis de la cría de camélidos a escala local. La abundante presencia de restos de camélidos en este sitio y las actividades rituales que se desarrollaban en la Plaza 1, indican que la cría local de estos animales, permitía tener un acceso rápido y selectivo para realizar las ofrendas en esta parte superior de Huaca de la Luna.

Agradecimientos

A mis profesores Víctor Vásquez y Teresa Rosales, que me acogieron en el Laboratorio de ARQUEOBIOS, donde realice mis prácticas y donde recibí muchos conocimientos, que me servirán para toda la vida. Gracias por apoyarme en contactarme con el Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad Autónoma de Madrid-España; sin ello no hubiese sido posible realizar esta investigación. A mi profesor Santiago Uceda por darme la oportunidad de participar en esta maestría, es quien gestionó junto a la Universidad de Trujillo e hizo posible se desarrolle por primera vez en nuestra ciudad y país. Gracias por darme un espacio de su tiempo y atenderme en todas mis consultas académicas. A mis compañeros de la maestría, algunos de ellos amigos, por escucharme, aguantarme y animarme a seguir adelante. Gracias por compartir sus conocimientos y buenos momentos. A mi querido colega José Carcelén, por encaminarme y guiarme hacia la investigación arqueológica. Gracias por el tiempo y paciencia para escuchar mis consultas y aclarar mis dudas. A mis padres y hermanas por su apoyo, cariño y consejos para mantenerme firme y no decaer a pesar de las adversidades. Gracias por toda su estimación.

Referencias Bibliográficas

- Ambrose, S.H. (1990): Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal Archaeological Science* 17, 431-451.
- Bonavia, D. (1996): Los Camélidos Sudamericanos. Una introducción a su estudio. IFEA-UPCH-Conservation International. Lima. pp. 858.

- Canziani, J. (2012): *Ciudad y Territorio en los Andes. Contribuciones a la historia del urbanismo prehispánico*. Segunda edición. Lima, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Castillo, L.J., Uceda, S. (2008): The Mochicas. *Handbook of South American Archaeology*. H. Silverman & W. H. Isbell (editors.): 707-729. New York.
- Cox, G., Sealy, J. (1997): Investigating identity and life histories: isotopic analysis and historical documentation of slave skeletons found on the Cape town foreshore, South Africa. *International Journal of Historical Archaeology* 1 (3): 207-224.
- DeNiro, M.J. (1988): Marine food sources for prehistoric coastal Peruvian camelids: isotopic evidence and implications. *Economic Prehistory of the Central Andes*. Wing E., Wheeler J. (editors). BAR International Series: Oxford: 119-129.
- Dufour, E., Goepfert, B., Gutiérrez, B., Chauchat, C., Franco, R., Vásquez, S. (2014): Pastoralism in northern Peru during pre-Hispanic times: insights from the Mochica Period (100-800 AD) based on stable isotopic analysis of domestic camelids. *PLOS One* 9: e87559.
- Goepfert, N., Dufour, E., Gutiérrez, B., Chauchat, C. (2013): Origen geográfico de camélidos en el período mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 42: 25-48.
- Kent, J. (1982): *The domestication and exploitation of the South American camelids: methods of analysis and their application to circum-lacustrine archaeological sites in Bolivia and Peru*. PhD Dissertation, Washington University-St. Louis, University Microfilms. Ann Arbor.
- Kent, J., Vásquez, V., Rosales, T. (2000): Pastoreo y manejo de camélidos en la época Lambayeque: datos zooarqueológicos. El uso de los camélidos a través del tiempo. Mengoni, G., Olivera, D. y Yacobaccio, H. editores. Grupo de Zooarqueología de camélidos e International Council for Archaeozoology. Buenos Aires, Argentina, 131-143.
- Margalef, R. (1995): *Ecología*. Editorial Omega. 968 págs.
- Nitsch, E.K., Humphrey, L.T., Hedges, R.E. (2011): Using stable isotope analysis to examine the effect of economic change on breastfeeding practices in Spitalfields, London, UK. *American Journal Physical Anthropology* 146: 619-628.

- ONERN (1973): *Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuenca del Río Moche*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Oficina de la Presidencia de la República del Perú. Vol.1. Lima-Perú.
- Pate, F.D. (1994): Bone Chemistry and Paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory*, Vol 1, N° 2.
- Pozorski, S. (1976): *Prehistoric Subsistence Patterns and Site Economics in the Moche Valley, Peru*. PhD Dissertation. Anthropology Department, University of Texas. Austin.
- Pozorski, S. (1979): Late prehistoric llama remains from the Moche Valley, Peru. *Annals of the Carnegie Museum of Natural History* 48: 139-170. Pittsburgh.
- Puig, S., Monge, S. (1983): Determinación de la edad en Lama guanicoe (Müller). *Deserta* 7. Mendoza, Argentina. pp. 246-270
- Roselló, E., Vásquez, V., Morales, A., Rosales, T. (2001): Marine Resources from an Urban Moche (470-600 AD) Area in the Huacas del Sol y de la Luna. Archaeological Complex (Trujillo, Peru). *International Journal of Osteoarchaeology* N° 11: 72-87.
- Shaughnessy, R., Nelson, A.J., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2008): Isotopic evidence for the social economy of textile production in ancient Peru. Paper presented at the 73 rd Annual meeting of the Society for American Archaeology, Conference. Location.
- Shimada, M., Shimada, I. (1981): Explotación y manejo de los recursos en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico. *Revista del Museo Nacional*. Tomo XLV: 19-73.
- Shimada, M., Shimada, I. (1985): Prehistoric llama breeding and herding on the north coast of Peru. *American Antiquity* 50: 3.26.
- Szpak, P. (2013): *Stable isotope ecology and human-animal interactions in northern Peru*. PhD Dissertation. Anthropology. University of Western Ontario London, Notario, Canada.
- Szpak, P., Chicoine, D., Millaire, J.F., White, C.D., Parry, R., Longstaffe, F.J. (2015a): Early Horizon camelid management practices in the Nepeña Valley, north-central coast of Peru. *Environmental Archaeology* 21:3, 230-245.

- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Lau, G.F., Surette, F., Longstaffe, F.J. (2015b): Origins of prehispanic camelid wool textiles from the north and central coasts of Peru traced by carbon and nitrogen isotopic analyses. *Current anthropology* 56 (3): 449-459.
- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2014): Small scale camelid husbandry on the north coast of Peru (Virú Valley): insight from stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 36: 110-129.
- Szpak, P., White, C.D., Longstaffe, F., Millaire, J.F., Vásquez, V.F. (2013): Carbon and nitrogen isotopic survey of northern Peruvian plants: baselines for paleodietary and paleoecological studies. *PLoS One* 8: e53763.
- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2012): Small scale camelid husbandry on the north coast of Peru (Virú Valley): insight from stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 36: 110-129.
- Szpak, P., White, C.D., Millaire, J.F., Longstaffe, F.J. (2009): Isotopic evidence for camelid diet and management practices in the Virú valleys, Northern Perú (Early Intermediate Period). Paper presented at the 28th Northeast conference on Andean Archaeology and Ethnohistory, New Paltz, New York, October 3-4.
- 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: 544-567.
- Topic, T.L., McGreevy, T.H., Topic, J.R. (1987): A comment on the breeding and herding of llamas and alpacas on the north Coast of Peru. *American Antiquity* 52: 832-835.
- Tufinio, M. (2005): Excavaciones en el Frontis Norte y plaza 1 de Huaca de la Luna". En: *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2004*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 57-93. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.
- Tufinio, M. (2008): Excavaciones en el Frontis Norte y plaza 1 de Huaca de la Luna. En: *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2007*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 21-28 Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.

- Uceda, S. (2001): Investigations at Huaca de la Luna, Moche Valley: An Example of Moche Religious Architecture. *Moche Art and Archaeology in Ancient Peru*. Studies in the History of Art 63. Joanne Pillsbury (editor). Center for Advanced Studies in the Visual Arts, Symposium Papers XL. Washington D. C. National Gallery of Art, pp. 47-67.
- Uceda, S. (2006): La secuencia ocupacional en huacas del Sol y de la Luna. Arkinka, Revista de Arquitectura, diseño y construcción. Año 10, N° 133, diciembre, pp. 80-86. Lima.
- Uceda, S. (2007): Huacas del Sol y la Luna: Cien años después de los trabajos de Max Uhle. *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2006*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 265-290. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.
- Uceda, S. (2010): Los contextos urbanos de producción artesanal en el complejo arqueológico de las huacas del Sol y de la Luna. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 39 (2), pp. 243-297. Lima, Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Uceda, S., Morales, R. (2009): Informe Técnico 2008. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R. (2011): Informe Técnico 2010. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R. (2015): Informe Técnico 2014. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R., Canziani, J., Montoya, M. (1994): Investigaciones sobre la arquitectura y relieves policromos en la Huaca de la Luna, valle de Moche. Moche: propuestas y perspectivas. Actas del Primer Coloquio sobre la Cultura Moche (Trujillo, 12 al 16 de abril de 1993), Santiago Uceda y Elías Mujica, editores. *Travaux de l'Institut Français d'Études Andines* 79: 251-303. Lima, Universidad de La Libertad - Trujillo, Instituto Francés de Estudios Andinos y Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales.
- Uceda, S., Tufinio, M. (2003): El complejo arquitectónico religioso Moche de Huaca de la Luna: una aproximación a su dinámica ocupacional. *Moche: hacia el final del milenio*. Actas del Segundo Coloquio sobre la Cultura

- Moche (Trujillo, 1 al 7 de agosto de 1999), Santiago Uceda y Elías Mujica, editores, tomo II, págs. 179-228. Lima, Universidad Nacional de Trujillo y Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vásquez, V., Redondo, R., Rosales, T., Peiró, V., Dorado, G. (2016): Evidencias isotópicas (^{13}C y ^{15}N) y zooarqueológicas de manejo local de rebaños de camélidos en Huaca de la Luna, Costa Norte del Perú. (*en prensa*).
- Vásquez, V., Rosales, T. (2001): Análisis de restos de fauna y botánicos del Proyecto Arqueológico PSUM. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Santa de la Universidad de Montreal. Temporada 2001.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2003): Zooarqueología de la zona urbana Moche. *Moche hacia el final del milenio*: 33-63. Uceda y Mujica editores. Pontificia Universidad Católica del Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2004): Análisis Arqueozoológico y Arqueobotánico de Cerro Chepén. Temporada 2004. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2005): Arqueozoología y Arqueobotánica de los restos de la Estructura IV, Cerro Chepén. Temporada 2005. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2006): Arqueozoología y Arqueobotánica de los restos de la Estructura IX: Unidad Arquitectónica 29, Cerro Chepén. Temporada 2006. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2008a): Análisis de restos de fauna y vegetales de Jatanca. Apéndice 1: 1-24. Informe Final Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2007. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores).
- Vásquez, V., Rosales, T. (2008b): Análisis de restos de fauna de Sipán. Temporada 2007. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán-I.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2009a): Osteometría y genética de los camélidos mochica, costa norte del Perú. *Revista del Museo de Antropología* 2 (1): 141-150. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2009b): Análisis de restos de fauna y vegetales de Jatanca. Apéndice 1: 1-25. Informe Final Proyecto de Investigación

- Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2008. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2010): Análisis de restos de fauna y vegetales del sitio Huaca Colorada, Jatanca. Apéndice 1: 1-34. Informe Final Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2009. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011a): Informe de los materiales paleobotánicos y faunísticos recuperados de las excavaciones de Jatanca y Huaca Colorada. Apéndice 1: 1-69. Informe Final de la Temporada de Investigación 2010. Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011b): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2010. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Huaca Rajada, Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011c): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2011. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012a): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán, Sector I, Sub Sector Huaca I. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012b): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012c): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada, valle de Jequetepeque. Apéndice 1: 1-62. Informe Final de la Temporada de Investigación 2011. Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012d): Análisis de restos de fauna y botánicos de CA 45, CA 45B, CA 46, CA 47 y Plaza 1, Huaca de la Luna. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Huaca de la Luna.

- Vásquez, V., Rosales, T. (2013): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada, valle de Jequetepeque. Apéndice 1: 1-57. Informe Final de la Temporada de Investigación 2012. Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2014a): Restos de fauna y vegetales del sitio Je64, valle de Jequetepeque. Temporada 2013. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2014b): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada y Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2014. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada.
- Vásquez, V., Rosales, T., Coronado, L. (2001): Evidencias arqueológicas de crianza de camélidos en los siglos V y VI en la costa norte de Perú. *El uso de los camélidos a través del tiempo*. Grupo Zooarqueología de Camélidos, International Council for Archaeozoology. Ediciones del Tridente. Buenos Aires. Pp. 241-260.
- Vásquez, V., Rosales, T., Morales, A., Roselló, E. (2003): Zooarqueología de la Zona Urbana Moche, Complejo Huacas del Sol y de la Luna, valle de Moche. *Moche. Hacia el final del milenio. Actas del Segundo Coloquio sobre la cultura Moche, Trujillo, 1 al 7 de agosto de 1999*. Uceda, S., Mujica, E. (editores) Pontificia Universidad Católica del Perú-Universidad Nacional de Trujillo. Vol. 2: 33-64.
- Wheeler, J. (1982): Aging llamas and alpacas by their teeth. *Llama World 1* Denver, Colorado. pp. 12-17
- Wheeler, J., Russel, A.J.F., Redden, H. (1995): Llama and alpacas: pre-conquest breeds and post-conquest hybrids. *Journal of Archaeological Science* 22: 833-840.



Études Isotopiques pour établir la diète des Camélidés de l'occupation Post Moche dans la Place 1, Huaca de la Luna, Trujillo-Pérou

Diana Lilibeth Floreano Salinas
Université de Rennes 1
dfloreanosalinas@gmail.com

Resumen

Una muestra de 43 entierros de camélidos correspondiente a una ocupación Post Moche (Chimú), que proceden de diferentes contextos funerarios de la Plaza 1 en Huaca de la Luna, fueron sometidos a análisis isotópicos de ^{13}C y ^{15}N obtenidos del colágeno de hueso, de los cuales 21 muestras aportaron mediciones válidas por tener el colágeno diagenéticamente óptimo para estos estudios. Los valores isotópicos de estas muestras provienen en su mayoría de individuos tiernos (3 a 9 meses), indicando que estuvieron consumiendo plantas C4 con alto contenido de nitrógeno, como "maíz" y plantas herbáceas de ambientes áridos cerca a la orilla marina. Estos datos y las evidencias zooarqueológicas indican por lo tanto una cría local de rebaños de camélidos, que no solamente fue para motivos rituales, sino también para el sustento económico de la población local.

Palabras clave: colágeno, camélidos, maíz, Huaca de la Luna

Résumé

Un échantillon de 43 camélidés enterrés correspondant à une occupation post-Moche (Chimú), qui proviennent de différents contextes funéraires de la Place 1 à Huaca de la Luna, ont été soumis à des isotopes de ^{13}C et ^{15}N obtenus à partir de collagène osseux, desquelles 21 échantillons ont fourni des mesures valables grâce à la présence de collagène diagenétiquement optimal pour ces études. Les valeurs isotopiques de ces échantillons proviennent principalement d'individus jeunes (3 à 9 mois), indiquant qu'ils ont consommé des plantes C4 à forte teneur en azote, telles que le « maïs » et des plantes herbacées des environnements arides près du rivage de la mer. Ces données et les preuves archéozoologiques indiquent donc un élevage local de troupeaux de camélidés, qui avait non seulement des fins rituelles, mais qui servait aussi à la vie économique de la population locale.

Mots-clés: collagène, camélidés, maïs, Huaca de la Luna

Introduction

Les camélidés sont des mammifères herbivores originaires d'Amérique du Sud. Très appréciés dans l'ancien Pérou, ils servaient comme animaux de bât, pour le transport, servaient pour l'alimentation et jouaient un rôle lors de rituels.

L'aire écologique des camélidés est très large ce qui est dû à leurs caractéristiques spécifiques qui les différencient des autres herbivores. Ils s'adaptent à des altitudes différentes (depuis le niveau de la mer jusqu'aux hauts plateaux andins), et ce sont des animaux qui peuvent résister à l'absence d'eau, aux hautes et basses températures, à des environnements humides ou arides, ils sont dociles, mangent l'herbe sans déraciner, leurs pattes sont équipées de coussins qui ne nuisent pas à la végétation qu'ils piétinent, ils défèquent en un seul endroit, leur viande présente un faible taux de cholestérol et on peut utiliser leurs viscères, os, tendons, leur cuir et leur laine.

Depuis leur domestication, les sociétés préhispaniques ont considéré les camélidés comme des animaux très prisés. Avec l'arrivée des Espagnols et l'introduction de nouveaux herbivores domestiqués dans l'Ancien Monde et apportés lors de la conquête espagnole, la conception du sens des camélidés a changé, surtout en ce qui concerne les espèces domestiquées (« lama » et « alpaga »).

Actuellement, lorsqu'on fait référence à l'habitat des camélidés, on relie ces animaux aux hautes régions des Andes, indiquant que ces animaux ne peuvent pas vivre sur la côte péruvienne. Cette position a soulevé un débat, au point que la question est : les camélidés trouvés dans les sites archéologiques de la côte ont finalement été amenés des montagnes ou ont été élevés sur la côte péruvienne, à l'époque préhispanique.

Pour y répondre, plusieurs recherches archéozoologiques sur des sites préhispaniques côtiers ont été menées, nous avons les contributions de : Pozorski (1976, 1979); Shimada et Shimada (1985); Vasquez et al. (2001, 2003); Roselló et al. (2001) et les récentes analyses des isotopes stables sur les collections d'os de ces herbivores, pour en apprendre davantage sur leur élevage local, la gestion des pâturages et le type de régime alimentaire (Szapak 2013; Szpak et al. 2009, 2012, 2013, 2014, 2015a, 2015b; Thornton et al. 2011; Dufour et al. 2014).

Les résultats de ces recherches archéozoologiques ont mis en lumière l'élevage local sur la côte nord et donc la consommation de la végétation autour des sites archéologiques. Cependant, pour compléter cette affirmation, des études spécialisées sont nécessaires pour déterminer le régime alimentaire des camélidés au moyen d'études isotopiques, en utilisant des isotopes stables de ^{13}C et ^{15}N . Ceux-ci nous permettront de déterminer si les camélidés avaient un régime alimentaire à base de plantes C4 qui poussent à basse altitude (côte) ou de plantes C3 d'altitude (sierra).

À l'heure actuelle, on dispose de preuves d'une alimentation à partir de pâturages aux alentours des sites archéologiques de la côte nord, cela a été présenté par DeNiro (1988) pour des sites de la côte nord. Par la suite, nous avons les travaux de Thornton et al. (2011), Szpak (2013); Szpak et al. (2009, 2012, 2013, 2014, 2015a et 2015b) et Dufour et al. (2014), qui ont corroboré cette approche, le Canadien Paul Szpak étant le chercheur qui a le plus contribué à ce sujet.

Dans ce contexte, le matériel archéozoologique découvert dans la Place 1, Huaca de la Luna, pour l'occupation post-Moche, constitue certainement une source d'information précieuse qui nous fournit de manière directe les indices pour enquêter sur le régime alimentaire des camélidés sacrifiés en offrande dans divers secteurs fouillés (la façade nord et les terrasses) où des contextes funéraires intrusif ont été définis dans l'architecture moche du Vieux Temple, ce qui correspondrait à une occupation Chimú.

Ces contextes d'enterrement de camélidés, situés dans ces espaces architecturaux, reflètent le monde magique et religieux Chimú lié à des actes rituels d'offrandes à leurs ancêtres. En ce sens, la réalisation de ces rites confirmerait les traditions qui ont été transmises au fil des générations, cette fois cette étude prend en compte les camélidés de l'époque Chimu à Huaca de la Luna, une tradition que réalisait probablement le peuple Moche et la seule chose qui change au fil du temps est leurs pratiques de production, leurs interrelations et la forme employée pour mener à bien leurs activités.

Par ailleurs, les informations historiques des chroniques et l'ethnohistoire nous aident à comprendre ces dynamiques des interactions sociales de cette époque.

Par conséquent, pour notre recherche, nous avons prélevé des échantillons de contextes d'enterrement de camélidés post-Moche découverts dans la Place 1 de la Huaca de la Luna pour les soumettre à des études spécialisées d'isotopes stables ^{13}C et ^{15}N . Dans cette optique, il était nécessaire d'obtenir une bonne base d'études archéozoologiques, comme, en premier lieu : l'identification taxonomique, basée sur l'observation de la présence ou l'absence d'émail sur les incisives; deuxièmement : la détermination de l'âge établi en fonction de l'étude dentaire : à partir du bourgeonnement et de l'usure des dents, en plus de la fusion des épiphyses des os longs

Les résultats obtenus de ces recherches nous ont amenés à élucider non seulement le régime alimentaire de ces camélidés, mais aussi d'autres aspects importants de la société Chimú comme la continuité de l'existence de troupeaux côtiers jusqu'à cette époque, dans ce site archéologique de la vallée de Moche et l'idéologie des offrandes rituelles de camélidés Chimú à Huaca de la Luna.

Contexte Archéologique

Le complexe archéologique Huaca del Soly de la Luna, considéré comme la capitale de la société Moche, est situé dans la vallée de Moche, sur la rive gauche de la rivière du même nom. Cet endroit se trouve à 5 km de la ville de Trujillo, département de La Libertad, au nord du Pérou (Figure n° 1). Sur le site, on remarque la montagne appelée Cerro Blanco, dont la base des pentes a accueilli l'établissement Moche. C'est entre 300 à 600 apr. J.-C. que ce site atteint son apogée avec la formation d'un État territorial (Uceda 2007).

Le complexe couvre une superficie d'environ 100 hectares qui comprennent deux bâtiments publics de grandes dimensions : le premier à l'ouest et près du lit de la rivière Moche, appelé Huaca del Sol, et le second à 500 mètres à l'est et sur les premières pentes de Cerro Blanco, la Huaca de la Lune. Entre ces deux bâtiments et

sur les flancs du Cerro Blanco, au sud de la Huaca de la Luna, se trouve un établissement urbain où vivaient l'élite urbaine moche, les spécialistes et le personnel qui fournissait des services à la ville (Uceda 2007), (Figure n° 2).

Selon Uceda (2010), il y a trois grandes périodes d'occupation du site : « La première, depuis ses origines -qui pour l'instant ne sont pas exactes-, jusqu'à l'an 600 ou 650 apr. J.-C., est le temps de la domination de la société par un modèle théocratique qui a fait ses débuts à l'époque de Chavin ou avant, et qui a culminé avec les Moche. Le second, de 600 ou 650 jusqu'à 850 ou 900 après J.-C., est le moment de l'effondrement de la société théocratique et la recherche d'un nouveau modèle d'organisation sociale et politique, une société du pouvoir civil, aboutissant à l'abandon du site et la disparition de ce que nous appelons maintenant la culture Moche. La troisième occupation, de 900 apr. J.-C. jusqu'à l'arrivée des Espagnols, est celle de l'abandon du site et sa réutilisation par les Chimús, dans certains des espaces sacrés - pour les utiliser comme lieux de culte et d'inhumation- ou dans le centre urbain Moche, le transformant en champs et en cimetière. »(Uceda 2010 : 255).



Figure N° 1: Carte de la côte nord du Pérou avec l'emplacement Géographique Huaca de la Luna.

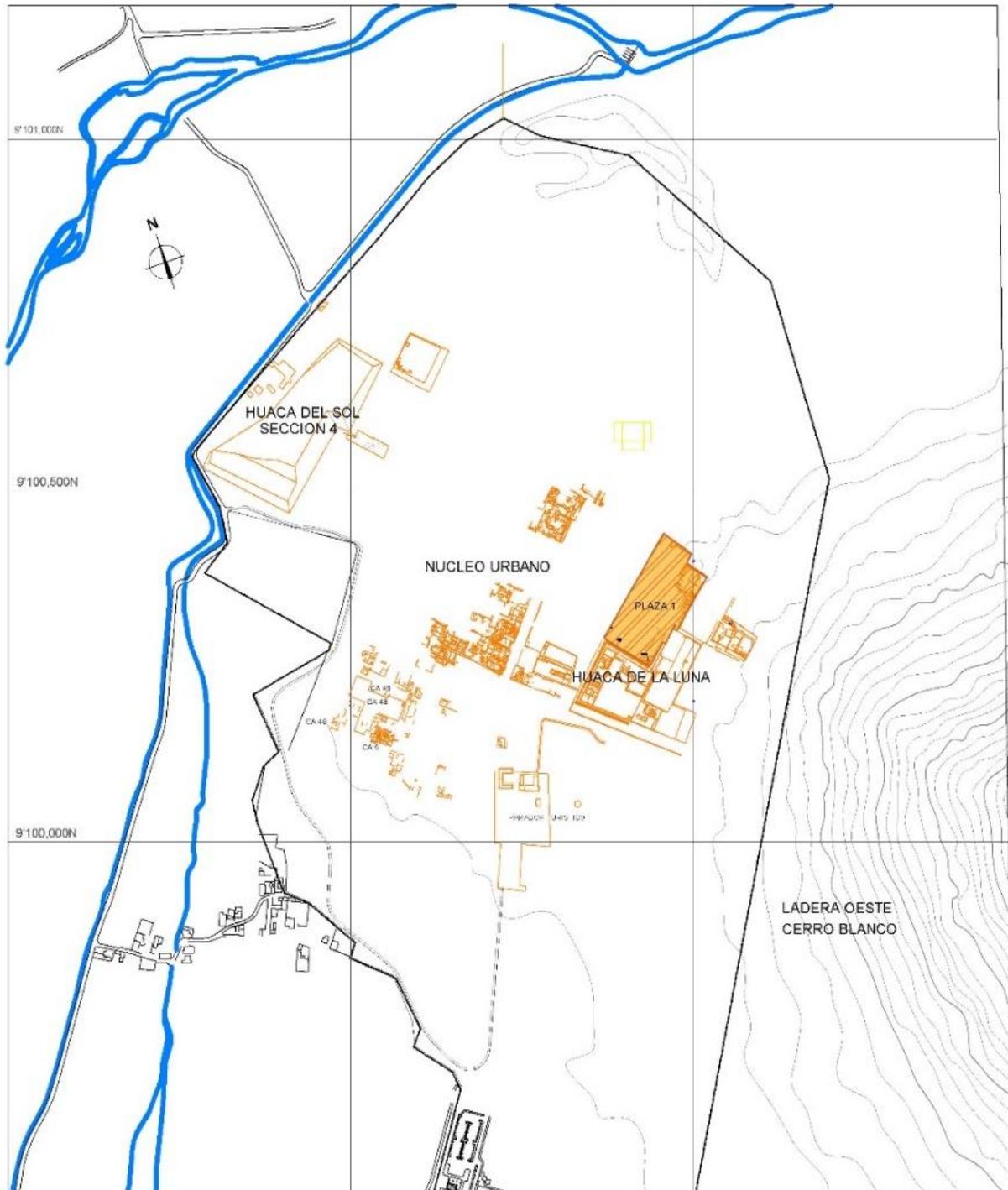


Figure N° 2: Plan du complexe archéologique Huaca del Sol

- **Huaca de la luna**

Huaca de la Luna est un bâtiment construit sur les pentes du Cerro Blanco, il est composé de secteurs tels que : la Place 1, la Place 2a, la Place 2b, la Place 3a, la Place 3b, la Plaza 3c, la Plateforme I et la Plateforme II (Uceda et al. 1994; Uceda et Tufinio 2003; Uceda 2001, 2006, 2007; Tufinio 2008), (Figure n ° 2). La forme finale de

ce temple est le résultat de la superposition de cinq bâtiments -A, B, C, D, E et F-, A étant le plus récent (Uceda et Tufinio, 2003).

- Place 1

Occupation Moche

C'est un espace clos, une unité spatiale séparée qui n'a pas de forme géométrique pure car elle présente une extension à l'extrémité nord mesurant 49 m; tandis que l'extrémité sud en face de la façade principale de la plateforme I mesure 69,5 m de large et la longueur totale de celle-ci est de 170,4 m. Ce complexe architectural est délimité au nord, à l'est et à l'ouest par des murs épais (périmétriques) avec des renforts et la limite sud-est formée par la façade nord de la Huaca de la Luna (Castillo et al. 2014). Cela correspond à une zone de nature publique où beaucoup de gens se rassemblaient pour assister à la cérémonie la plus importante de cette culture, la présentation de la coupe de sang (Tufinio 2005). Dans la place 1, on trouve des éléments architecturaux mineurs comme une pièce dans un coin, une structure semi-circulaire, deux terrasses et la place cérémonielle.

Occupation Chimú.

C'est aux alentours de 600 après J.-C. qu'est peut-être survenu l'effondrement de la société théocratique Moche, éventuellement lié à un « meganiño » (Uceda et Canziani 1993; Uceda et Tufinio 2003). Par la suite, depuis 650 jusqu'à 850 ou 900 après J.-C., le processus de sécularisation du pouvoir Moche s'est accentué et n'a pris fin qu'avec l'apparition de l'état Chimú (Uceda 2010). De 1000 apr. J.-C. jusqu'à la fin de l'époque Chimú, vers 1470 apr. J.-C., il existe des preuves qui indiquent que l'ancien temple a été réoccupé, presque continuellement, et utilisé comme centre rituel et cérémoniel de culte lié aux ancêtres et aux anciens dieux du panthéon Moche. Apparemment, il y avait un groupe corporatif Chimú qui voyait la Huaca de la Luna comme un centre où effectuer leurs cérémonies, sous le commandement d'un dirigeant de rang mineur de la société Chimú qui présidait ces activités (Tufinio 2012).

Les manifestations de l'occupation Chimu dans la Huaca de la Luna se présentent sous deux types d'indices de changements dans le bâtiment : des ajouts architecturaux (secteur nord-est, est et sud-est de la Place 1), des tombes d'êtres humains associées à des céramiques d'influence Wari ou Lambayeque et des enterrements d'offrandes de camélidés (secteur nord-est et est). Toutes les structures Chimú sont composées d'adobes parallélépipèdes ainsi que d'adobes Moche réutilisés. Ces dernières ont un enduit rugueux, et presque aucune structure ne présente de décoration (Castillo et al. 2014).

Enterrements de camélidés

En 2005, dans le cadre des travaux du Projet archéologique Huaca de la Luna, des fouilles archéologiques ont été menées dans la façade nord de la Huaca et dans le secteur nord-ouest de la Place 1, avec les découvertes d'offrandes de camélidés déposées sur un niveau de sable éolien qui recouvrait le sol de la place, ou dans

d'autres cas qui se trouvaient creusées dans ce dernier. Les campagnes de fouilles sur la Place 1 ont continué de 2008 à 2014, et les interventions, comprenant les secteurs nord, et nord-est (terrasses 1 et 2), le secteur est, sud-est et ouest, ont mis au jour un total de 126 sépultures humaines et 75 enterrements de camélidés, et ces derniers, similaires aux individus de la campagne de 2005, ont été trouvés sur un niveau de sable éolien au-dessus du sol de la Place 1 ou intrusifs dans ce dernier.

Les offrandes enterrées de camélidés post-Moche ont été classées en trois types, les enterrements camélidés individuels (sans association), les enterrements de camélidés multiples (dans une tranchée et à différents niveaux) et les enterrements de camélidés dans le cadre du mobilier funéraire de tombes d'individus humains. La forme des fosses est ovale et irrégulière et de dimensions différentes.

La position générale des individus (couché sur le côté gauche ou droit avec la tête orientée au sud ou au nord) indique qu'il y aurait un schéma d'inhumation pour les offrandes de camélidés, car ils ont été logés de manière à ce qu'ils rentrent dans la fosse.

La plupart du temps, les enterrements de camélidés ont été trouvés en bon état de conservation, présentant un squelette complet et dans certains cas, de la peau et de la laine.

Matériels et Méthodes

Les échantillons

Les échantillons de cette étude ont été prélevés de la Place 1, en particulier du secteur nord-est et de la façade nord là où se trouvent les enterrements de camélidés.

Dans ce contexte, on a constitué une compilation de la quantité d'enterrements post-Moche, ce qui représente un corpus de 75 enterrements de camélidés. À partir de cette compilation, un échantillon représentatif a été sélectionné en examinant toutes les offrandes (Figure n°03).

Les critères de sélection de l'échantillon ont impliqué le choix des os longs, en particulier le fémur et le tibia, et dans certains cas l'humérus. Les exigences que devaient remplir les os sont :

- Ils devaient être complets pour utiliser la diaphyse de la partie centrale
- Sans trace anthropique (coupés, grattages, des incisions, des fractures, des coups reçus, des morsures, etc.).
- Sans attaque d'agents naturels (intempéries, fractures ou érosions).
- Sans érosion biologique (pas mordu, sans intervention d'insectes ou des champignons, sans érosion des racines).
- Sans avoir subi la combustion (brûlé).
- Sans avoir reçu un traitement de conservation puisque l'utilisation de consolidateur ou de la colle est un facteur négatif.

Enfin, 43 échantillons ont été choisis, représentant 57,33% du total. Ceux-ci sont présentés ci-dessous dans le tableau 1, où on observe les correspondances entre les échantillons et les enterrements : T1 : 20 échantillons ; T2 : 1 échantillon ; la façade nord : 10 échantillons ; l'unité 1 : 9 échantillons ; l'unité 2 : 1 échantillon et l'unité 3 : 2 échantillons.

Après l'analyse isotopique, les résultats positifs qui indiquent un collagène diagenétiquement viable correspondent à 21 échantillons, qui ont été soumis à une étude archéozoologique pour obtenir plus d'informations.

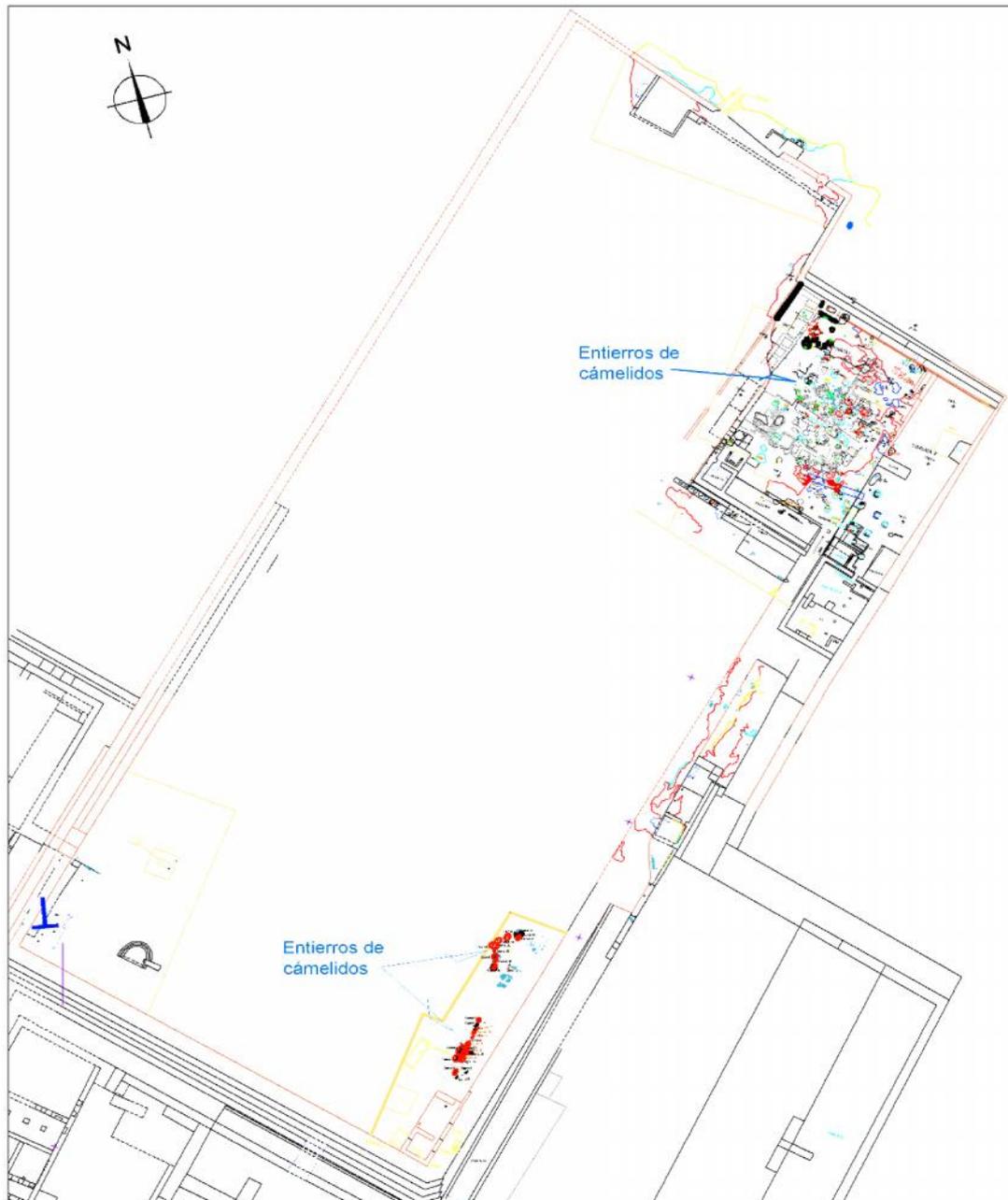


Figure N° 3: Carte de localisation des échantillons d'os camélidés Plaza 1, Huaca de la Luna.

Études archéozoologiques:

- **Identification taxonomique**

Pour l'identification taxonomique, on a utilisé la méthode qualitative qui utilise des caractéristiques telles que la forme des incisives et la présence de l'émail sur la face vestibulaire et linguale de ces incisives en nous basant sur les critères de Wheeler (1982).

Selon l'étude de Wheeler, les incisives de forme spatulée avec de la présence d'émail sur les deux côtés appartiennent au lama ou au guanaco. Les incisives de forme spatulée avec de l'émail seulement sur la face labiale appartiennent à l'alpaga, tandis que les incisives rectangulaires avec de l'émail juste sur la face labiale indiquent la vigogne.

- **Profil des âges**

Les profils des âges ont été étudiés à partir de l'étude de l'usure dentaire des mâchoires inférieure et supérieure (Wheeler, 1982). Dans le cas des incisives, nous avons procédé à l'estimation de l'âge selon l'approche de Puig et Monge (1983).

Tableau N° 1 : Récapitulatif des échantillons de Camelidae soumis a l'analyse des isotopes stables, occupation post-moche de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

ÉCHANTILLON DE CAMELIDAE POUR ANALYSE DES ISOTOPES STABLES D'UNE OCCUPATION POST MOCHE							
PLACE 1 - HUACA DE LA LUNA							
N° de Référence	Unité	Matrice	Dénomination	Partie anatomique échantillonnée	Code PHLL	N° de Caisse	Campagne de fouilles
1	T-2	E-9	Camélidé	Fémur gauche	457	C0054	2010
2		E-21	Camélidé	Fémur gauche	463	C0055	2010
3		E-24	Camélidé	Fémur gauche	464	C0055	2010
4		E-30 (n-5)	Camélidé	Radius	472	C0057	2010
5		E-30 (n-5)	Camélidé	Humérus	489	C0057	2010
6		E-42	Camélidé	Fémur droit	598	C0092	2011
7		Puits 8	Camélidé	Fémur	607	C0095	2011
8		Puits 9	Camélidé	Fémur gauche	611	C0096	2011
9		Puits 9	Camélidé	Fémur droit	612	C0096	2011
10		Puits 10	Camélidé	Fémur gauche	617	C0097	2011
11		Puits 11	Camélidé	Fémur gauche	618	C0097	2011
12		Puits 12	Camélidé	Fémur gauche	619	C0097	2011
13		Puits 15	Camélidé	Fémur gauche	622	C0098	2011
14		Puits 16	Camélidé	Fémur droit	741	C0113	2012
15		Puits 16	Camélidé	Fémur droit	742	C0113	2012
16		Puits 18	Camélidé	Fémur gauche	744	C0114	2012
17		Puits 19	Camélidé	Fémur droit	745	C0114	2012
18		Puits 20	Camélidé	Fémur gauche	749	C0115	2012
19		Puits 20	Camélidé	Fémur droit	750	C0116	2012
20		Puits 20	Camélidé	Fémur droit	754	C0116	2012
21	T-1	E-106	Camélidé	Fémur gauche	784	C0118	2012
22		Sable éolien	Camélidé 2	Fémur droit	100	C008	2005
23	Façade	Sable éolien	Camélidé 3	Fémur gauche	101	C008	2005
24	Nord	Sable éolien	Camélidé 4	Fémur gauche	102	C009	2005
25		Sable éolien	Camélidé 8	Fémur gauche	106	C009	2005
26	Façade	Sable éolien	Camélidé 9	Fémur gauche	107	C010	2005
27	Nord	Niveau de sol	Camélidé 12	Fémur gauche	110	C011	2005
28		Niveau de sol	Camélidé 13	Fémur droit	111	C012	2005
29		Niveau de sol	Camélidé 14	Fémur droit	112	C012	2005
30		Niveau de sol	Camélidé 16	Fémur gauche	114	C013	2005
31		Sous le sol	Camélidé 18	Fémur gauche	116	C013	2005
32		Sur le sol	Camélidé 20	Fémur droit	935	C132	2014
33		Sur le sol	Camélidé 21	Fémur droit	936	C132	2014
34		Sur le sol	Camélidé 22	Fémur droit	937	C132	2014
35		Sur le sol	Camélidé 23	Fémur gauche	938	C132	2014
36		Remplis. dans sable	Camélidé 24	Fémur droit	939	C133	2014
37		Sur le sol	Camélidé 25	Fémur gauche	940	C133	2014
38		Sol 1	Camélidé 26	Fémur droit	941	C134	2014
39		Sol 1	Camélidé 27	Fémur droit	942	C134	2014
40	Unité 1	Sondage 4 : cellule 2	Camélidé	Frag. Humérus	926	C131	2014
41	Unité 2	À (Sup)	Camélidé	Fémur gauche	947	C135	2014
42	Unité 3	À (Sup)	Camélidé	Frag. Humérus	953	C136	2014
43	Unité 3A	À (Sup)	Camélidé	Fémur gauche	980	C140	2014

L'application de ces méthodes peut cependant avoir un effet différentiel du fait que la première a été réalisée sur des échantillons de mâchoires de l'altiplano (Wheeler 1982) et la seconde sur des incisives de camélidés chiliens (Puig et Monge, 1983). De plus, nous les avons appliquées sur un échantillon de camélidés qui, selon les données, ont été élevés dans les écosystèmes côtiers et qui sont éteints.

D'autre part, la fusion de l'épiphyse des os longs a également été observée, en suivant la séquence de fusion osseuse proposée par Kent (1982).

Études isotopiques:

Les échantillons de camélidés sélectionnés pour les études isotopiques ont été soumis à un nettoyage qui a été réalisé en utilisant un micropolissoire *Dremel* dans la zone centrale de la diaphyse et pour chaque échantillon. Il a fallu utiliser une nouvelle polisseuse de disque ce qui a empêché la contamination entre les échantillons. Ensuite, la surface nettoyée a été coupée à l'aide d'une scie électrique, la lame de la scie étant stérilisée après chaque échantillon. Les portions d'os sectionnées ont été écrasées et broyées chacune dans un mortier en agate, en utilisant de l'azote liquide pour faciliter le processus.

Une fois les échantillons en poudre, ils ont été placés dans du papier aluminium préalablement marqué avec son origine. On a obtenu environ 3 g d'os moulu qui a servi à l'étape suivante.

- Extraction de collagène

On a pris 1 g d'échantillon en poudre de chaque portion d'os (fémur, tibia ou humérus) par des moyens mécaniques, en utilisant de l'azote liquide, pour chaque échantillon et ainsi facilité la pulvérisation. Après la pulvérisation, on a déminéralisé en ajoutant 10 ml de HCl 1,5 M, en remuant jusqu'à s'assurer de l'élimination complète des carbonates, pendant 30 minutes. Ensuite, on a réalisé des lavages successifs avec de l'eau distillée, puis on a centrifugé jusqu'à atteindre un pH neutre.

On a ajouté 5 ml de HCl 1 mM à la solution obtenue pour laisser le pH aux environ de 3. L'étape suivante a consisté à chauffer à 70°C pendant 16 heures. Dans cette phase, le composant protéique de la phase soluble est dissout et concentré. Enfin, on centrifuge pendant 10 minutes à 3000 tours par minute. On recueille le surnageant et on l'évapore à 70°C jusqu'à caraméliser la protéine (sans dépasser 80°C).

- Analyse isotopique

Prenant 1 mg de collagène de chaque échantillon, on a réalisé la combustion dans un analyseur élémentaire Termo flash 1112 couplé en flux continu à un spectromètre de masse des rapports isotopiques Termo Delta V Advantage (Bremen, Allemagne). Ce processus a permis d'établir des isotopes stables du carbone et de l'azote pour chaque échantillon.

Ensuite, les échantillons ont été pesés dans une balance analytique à six décimales de gramme de précision avant d'être encapsulés dans de l'étain. Les précisions analytiques ont été supérieures à 0,15 ‰ dans la détermination de ^{13}C et

0.2 ‰ pour le ^{15}N . Comme normes standards de composition isotopique, on a utilisé le NBS-22, AIEA-CH-6, AIEA-CH-7 pour ^{13}C et l'AIEA-N1 et l'AIEA-N2 pour le ^{15}N .

La détermination élémentaire du carbone et de l'azote a été réalisée avec les propres IRMS en obtenant des précisions analytiques supérieures à 3% en termes relatifs.

-Traitement des données

Il était important de considérer les pourcentages élémentaires de carbone et d'azote, les rapports molaires C : N ainsi que les performances dans l'extraction du collagène, qui sont des indicateurs qui peuvent être utilisés pour évaluer le potentiel d'altération diagénétique ou la possible contamination de collagène osseux.

DeNiro (1988) recommande que le rapport molaire C : N du collagène osseux soit entre 2,9 et 3,6 pour considérer que le collagène est bien conservé et qu'il est valide pour une utilisation dans des études de paléodiètes. En outre, des échantillons de collagène bien conservés présentent des teneurs en carbone supérieures à 13% et plus de 4,8% d'azote (Ambrose, 1990).

À partir des valeurs obtenues, on a procédé aux analyses statistiques descriptives, calculant le coefficient de corrélation et on a estimés les résultats au moyen d'un graphique bidimensionnel en utilisant les valeurs de ^{13}C et ^{15}N . On a également obtenu les valeurs isotopiques modernes d'un « alpaga » de la ville de Huamachuco, cédées par le biologiste Victor Vasquez Sanchez (Vasquez et al. 2016, sous presse).

Résultats

Identification taxonomique et profil d'âge

Selon l'examen de l'émail des incisives, 4 individus ont été identifiés comme ayant l'émail des deux côtés des incisives et il s'agit donc d'individus identifiables comme étant des lamas (*Lama glama*). Il s'agit de deux individus de trois mois dénommés camélidé 20 et camélidé 25, un individu de 4 mois nommé camélidés 23 et un autre de 9 mois appelé camélidé 24 (tableau 2).

L'identification associée à « lama » est également renforcée par le fait que les métatarses du camélidé 2 et la mandibule de camélidé 25 avaient encore des fibres qui conservent la couleur et précisément les incisives du camélidé 25 indiquent que c'est un lama *Lama glama* et cela concorde avec les caractéristiques et les couleurs des fibres de lama. On a des caractéristiques similaires pour le camélidé 2, qui présentait des fibres sur ses métatarsiens qui confirment que ce serait un lama.

Aunque solo tenemos identificados de forma segura 4 individuos tiernos que pertenecen a *Lama glama* "llama", es posible que la mayor cantidad de la muestra analizada sea de esta especie o con más seguridad de una especie doméstica. Por otro lado los perfiles de edades están indicando un gran porcentaje de individuos tiernos, que haciendo un desglose indican que los individuos de 3 meses están representados en 33.7%, siguen los individuos de 9 meses con 28,5%, los individuos

de 4 y 5 meses con 2.9% respectivamente, los de 6 meses, 1 año 3 meses, 1 año 5 meses, y un individuo clasificado como tierno, con 4,7% respectivamente.

Bien que nous ayons identifié seulement quatre individus jeunes de manière sûre comme appartenant à l'espèce *Lama glama* ou lama, il est possible qu'un plus grand nombre d'échantillons analysés soient de cette espèce, ou de façon plus certaine d'une espèce domestique. Par ailleurs, des profils d'âge indiquent un pourcentage élevé d'individus jeunes, ce qui donne l'éventail d'âge suivant : les individus de trois mois sont représentés à 33,7%, ceux de neuf mois avec 28,5% les individus de quatre à cinq mois avec 2,9% et respectivement, ceux de trois mois, un an et trois mois, un an et cinq mois, et un individu classé comme immature, avec 4,7%.

Tableau N° 2: Données d'identification taxonomique et profils d'âges des échantillons d'offrandes de camélidés analysés qui ont eu des résultats positifs avec l'analyse isotopique.

PROFIL D'ÂGE DES CAMÉLIDÉS : PLACE 1 : HUACA DE LA LUNA : ÉCHANTILLONS POSITIFS DE L'ANALYSE ISOTOPIQUE							
ÉCHANTILLONS POSITIFS	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon identifié
	Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice			
Camélidé 2	Façade nord Tranchée 1	NE	81 CL	Sable éolien	2005	5 mois : mandibule avec Pd3, Pd4 et M1 sortante.	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 3	Façade nord Tranchée 1	NE	72CL 73CL	Sable éolien	2005	9 mois : fémur droit s/f dans les deux épiphyses	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 4	Façade nord Tranchée 1	NE	77CL 78CL	Sable éolien	2005	6 mois : mandibule avec Pd3, Pd4 et M1 avec première couronne sortante	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 8	Façade nord Tranchée 1	NE	76CL 77CL	Sable éolien	2005	9 mois : fémur gauche s/f dans les deux épiphyses	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 9	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	Sable éolien	2005	9 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, Pd4 présente et les deux couronnes sorties de M1.	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 12	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	Niveau de sol	2005	9 mois : fémur droit s/f dans les deux épiphyses	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 13	Façade nord Tranchée 1	NE	76CL 77CL	Niveau de sol	2005	1 an 3 mois : mandibule avec Pd3, Pd4, M1 et M2 pas encore sorties	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 14	Façade nord Tranchée 1	NE	77CL 78CL	Niveau de sol	2005	3 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 pas encore sortie	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 16	Façade nord Tranchée 1	NE	80CL 80CM	Niveau de sol	2005	3 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 pas encore sortie	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 18	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	Sous le sol	2005	3 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 pas encore sortie	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 20	Place 1 Unité 1	80C	91-92Cj 91-92Ck	Sur le sol	2014	3 mois : mandibule avec Pd3, Pd4, M1 sortante, I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	<i>Lama glama</i>
Camélidé 21	Place 1 Unité 1	80C	95Cj	Sur le sol	2014	Jeune : Metacarpin avec les parties distale s/f et proximale fusionnées	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 22	Place 1 Unité 1	80C	93-94Ci 93-94Cj	Sur le sol	2014	4 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 sortante.	<i>Lama sp.</i>
Camélidé 23	Place 1 Unité 1	80C	93-94Ci	Sur le sol	2014	4 mois : mandibule avec Pd3, Pd4 et M1 pas encore sortie, apparition de la prem. couronne, I1 et I3 avec de l'émail des deux côtés. Fémur g. avec la diaphyse courbe	<i>Lama glama</i>
Camélidé 24	Place 1 Unité 1	80C	95-96Cj 95-96Ck	remplis- sage de sable	2014	9 mois : mandibule avec Pd3, Pd4 et les deux couronnes de M1 sorties, I1, I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	<i>Lama glama</i>
Camélidé 25	Place 1 Unité 1	80C	96-97Ci	Sur le sol	2014	3 mois : mandibule avec Pd3, Pd4 et M1 pas encore sorties, I1, I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	<i>Lama glama</i>
Camélidé 26	Place 1 Unité 1	80C	90-91Cj 90-91 Ck	Sol 1	2014	3 mois : mandibule avec alvéole de Pd3, présente Pd4 et M1 pas encore sorties I12, I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	<i>Lama glama</i>
Camélidé 27	Place 1 Unité 1	80C	92-93Cj	Sol 1	2014	3 mois : dans la mandibule on apprécie l'alvéole de M1 pas encore sortie	<i>Lama glama</i>
Camélidé	Place 1 Unité 1	180D	181DK	Puits 10	2011	5 mois : présente juste l'alvéole de M1 dont la première couronne est sortie	<i>Lama sp.</i>
Camélidé	Place 1 Unité 2	220C	224-226Ci 224-226Cj	A Sup	2014	9 mois : fémur gauche avec les deux épiphyses s/f.	<i>Lama sp.</i>
Camélidé	Place 1 Unité 3	200C	212-219Ch 212-219	A Sup	2014	1 an 5 mois : humérus distal fusionné la partie proximale fracturée.	<i>Lama sp.</i>

Isotopes de carbone et d'azote dans le collagène de l'os

Les résultats isotopiques sont présentés dans le tableau 3, où on peut apprécier les compositions isotopiques et élémentaires du collagène des os des 21 échantillons testés qui ont eu des résultats positifs.

Tableau N° 3 : Résultats analytiques de %C, %N, ¹³C, ¹⁵N avec répétitions et rapports molaires C/N obtenus dans le collagène extrait de 21 échantillons d'enterrements de camélidés de l'occupation post-Moche (Chimú) Place 1 de la Huaca de la Luna.

Ref. échant.	Type échant.	d 13Cvpdb - %Ct				MEDIANE		Ref. échant.	Type échant.	d 15Nair - %Nt				MEDIANE		Ratios C/N	
		¹³ C _{VDPDB}	%C _T	¹³ C _{VDPDB}	%C _T	¹³ C _{VDPDB}	%C _T			¹⁵ N _{NR}	%N _T	¹⁵ N _{NR}	%N _T	¹⁵ N _{NR}	%N _T	C/N	C/N _{MOLAR}
22	Camélidé 2	-12,02	36,77			-12,02	36,77	22	Camélidé 2	6,54	13,01			6,54	13,01	2,83	3,30
23	Camélidé 3	-8,50	39,46	-8,57	36,28	-8,54	37,87	23	Camélidé 3	13,88	14,26	14,19	13,40	14,03	13,83	2,74	3,19
24	Camélidé 4	-12,77	39,79			-12,77	39,79	24	Camélidé 4	10,41	14,45			10,41	14,45	2,75	3,21
25	Camélidé 8	-9,94	42,67			-9,94	42,67	25	Camélidé 8	9,81	15,32			9,81	15,32	2,78	3,25
26	Camélidé 9	-13,35	35,82			-13,35	35,82	26	Camélidé 9	10,77	13,14			10,77	13,14	2,73	3,18
27	Camélidé 12	-14,02	34,64			-14,02	34,64	27	Camélidé 12	6,79	12,47			6,79	12,47	2,78	3,24
28	Camélidé 13	-13,51	36,07			-13,51	36,07	28	Camélidé 13	8,45	13,03			8,45	13,03	2,77	3,23
29	Camélidé 14	-12,70	34,41	-12,37	32,46	-12,53	33,44	29	Camélidé 14	6,00	12,46	5,87	11,99	5,93	12,23	2,73	3,19
30	Camélidé 16	-9,43	36,32			-9,43	36,32	30	Camélidé 16	8,46	12,95			8,46	12,95	2,81	3,27
31	Camélidé 18	-10,29	33,21			-10,29	33,21	31	Camélidé 18	9,06	12,01			9,06	12,01	2,77	3,23
32	Camélidé 20	-10,20	28,94			-10,20	28,94	32	Camélidé 20	10,77	10,15			10,77	10,15	2,85	3,33
33	Camélidé 21	-16,53	42,01	-16,39	41,25	-16,46	41,63	33	Camélidé 21	3,06	15,11	3,11	15,12	3,08	15,11	2,75	3,21
10	Camélidé (U:1)	-12,88	6,77			-12,88	6,77	10	Camélidé (U:1)	12,66	2,34			12,66	2,34	2,90	3,38
34	Camélidé 22	-8,43	37,62			-8,43	37,62	34	Camélidé 22	9,02	13,55			9,02	13,55	2,78	3,24
35	Camélidé 23	-12,08	36,78			-12,08	36,78	35	Camélidé 23	9,65	13,44			9,65	13,44	2,74	3,19
36	Camélidé 24	-13,09	44,08			-13,09	44,08	36	Camélidé 24	7,53	15,84			7,53	15,84	2,78	3,25
37	Camélidé 25	-12,53	45,12			-12,53	45,12	37	Camélidé 25	8,51	16,00			8,51	16,00	2,82	3,29
38	Camélidé 26	-12,10	37,47			-12,10	37,47	38	Camélidé 26	6,55	13,39			6,55	13,39	2,80	3,26
39	Camélidé 27	-11,83	44,08			-11,83	44,08	39	Camélidé 27	7,24	15,78			7,24	15,78	2,79	3,26
41	Camélidé (U:2)	-6,80	41,69	-6,44	40,91	-6,62	41,30	41	Camélidé (U:2)	13,84	14,68	13,39	16,16	13,62	15,42	2,68	3,13
42	Camélidé (U:3)	-12,94	41,30			-12,94	41,30	42	Camélidé (U:3)	7,96	14,98			7,96	14,98	2,76	3,22

Tableau N° 4 : Composition isotopique de 21 échantillons obtenus du collagène, en des offrandes de camélidés de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

HUACA DE LA LUNA: PLACE 1: ECHANTILLON DE CAMELIDES ETUDIÉS PAR ISOTOPES																
ÉCHANTILLONS	POSTIFS	Référence	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon	Partie anatomo- miqué analysée	Analyse isotopique					
			Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice					13C	15N				
Camélidé 2	22	Façade nord	NE	81 CL	Sable	2005	5 mois	Lama sp.	Fémur droit	-12,02	6,54					
												Tranchée 1	72CL	éolien	Mandibule avec Pd3, Pd4 y M1 sortant	9 mois
												Tranchée 1	73CL	éolien		
Camélidé 3	23	Façade nord	NE	77CL	Sable	2005	6 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-8,54	14,03					
												Tranchée 1	78CL	éolien	Fémur droit s/f dans les deux épiphyses	9 mois
												Tranchée 1	77CL	éolien		
Camélidé 4	24	Façade nord	NE	75CL	Niveau	2005	9 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-13,35	10,77					
												Tranchée 1	78CL	éolien	Mandibule : alvéole de Pd3, Pd4 présente et les deux couronnes sortantes de M1	9 mois
												Tranchée 1	76CL	Niveau		
Camélidé 8	25	Façade nord	NE	77CL	Sable	2005	9 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-9,94	9,81					
												Tranchée 1	77CL	éolien	Fémur gauche s/f dans les deux épiphyses	9 mois
												Tranchée 1	75CL	éolien		
Camélidé 12	27	Façade nord	NE	75CL	Niveau	2005	9 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-14,02	6,79					
												Tranchée 1	77CL	de sol	Fémur droit s/f dans les deux épiphyses	1 an 3 mois
												Tranchée 1	76CL	Niveau		
Camélidé 13	28	Façade nord	NE	77CL	Niveau	2005	3 mois	Lama sp.	Fémur droit	-13,51	8,45					
												Tranchée 1	77CL	de sol	Mandibule : Pd3, Pd4, M1 y M2 sur le point de sortir. Fémur s/f	3 mois
												Tranchée 1	78CL	de sol		
Camélidé 14	29	Façade nord	NE	80CL	Niveau	2005	3 mois	Lama sp.	Fémur droit	-12,53	5,93					
												Tranchée 1	80CL	de sol	Mandibule : alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 pas encore sortie	3 mois
												Tranchée 1	80CM	de sol		
Camélidé 16	30	Façade nord	NE	75CL	Sous	2005	3 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-9,43	8,46					
												Tranchée 1	75CL	le sol	Mandibule : alvéole de Pd3, Pd4 présente y M1 pas encore sortie	3 mois
												Tranchée 1	80CM	de sol		
Camélidé 18	31	Tranchée 1	NE	91-92Cj	Sur	2014	3 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-10,29	9,06					
												Unité 1	91-92Ck	le sol	Mandibule : alvéole de Pd3, Pd4, M1 sortant I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	3 mois
												Unité 1	95Cj	le sol		
Camélidé 20	32	Tranchée 1	80C	91-92Ck	Sur	2014	3 mois	Lama sp.	Fémur droit	-10,2	10,77					
												Unité 1	95Cj	le sol	Mandibule : Pd3, Pd4, M1 sortant I2, I3 avec de l'émail des deux côtés	3 mois
												Unité 1	93-94Cj	Sur		
Camélidé 21	33	Tranchée 1	80C	93-94Cj	Sur	2014	4 mois	Lama sp.	Fémur droit	-16,46	3,08					
												Unité 1	93-94Cj	le sol	Mandibule : alvéole de Pd3, Pd4 présente et M1 sortante	4 mois
												Unité 1	93-94Cj	le sol		
Camélidé 22	34	Tranchée 1	80C	93-94Cj	Sur	2014	4 mois	Lama sp.	Fémur droit	-8,43	9,02					
												Unité 1	93-94Cj	le sol	Mandibule : Pd3, Pd4 y M1 pas encore sortie, apparition de la première couronne, I2 et I3 avec de l'émail des deux côtés, Fémur gauche avec la diaphyse courbée	9 mois
												Unité 1	95-96Cj	remplissage de sable		
Camélidé 24	36	Tranchée 1	80C	95-96Ck	Sur	2014	3 mois	Lama glama	Fémur droit	-13,09	7,53					
												Unité 1	95-96Ck	de sol	Mandibule : Pd3, Pd4 et deux couronnes de M1 sortantes, I1, I2, I3 émail des deux côtés	3 mois
												Unité 1	96-97Cl	le sol		
Camélidé 25	37	Tranchée 1	80C	90-91Cj	Sur	2014	3 mois	Lama glama	Fémur gauche	-12,53	8,51					
												Unité 1	90-91Cj	le sol	Mandibule : Pd3, Pd4 y M1 sur le point de sortir, I1, I2, I3 émail des deux côtés	3 mois
												Unité 1	90-91Cj	le sol		
Camélidé 26	38	Tranchée 1	80C	90-91 Ck	Sol 1	2014	3 mois	Lama glama	Fémur droit	-12,1	6,55					
												Unité 1	92-93Cj	le sol	Mandibule : alvéole de Pd3, présence de Pd4 et M1 sur le point de sortir, I1, I2, I3 émail des deux côtés	3 mois
												Unité 1	92-93Cj	le sol		
Camélidé 27	39	Tranchée 1	80C	92-93Cj	Puits	2014	5 mois	Lama sp.	Fémur droit	-11,83	7,24					
												Unité 1	92-93Cj	le sol	Mandibule : on note juste l'alvéole de M1, qui n'est pas encore sortie	5 mois
												Unité 1	92-93Cj	le sol		
Camélidé 10	10	Tranchée 1	180D	181DK	A	2011	9 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-12,88	12,66					
												Unité 1	224-226Ci	le sol	Mandibule : alvéole de M1 dont la première couronne est sortie	9 mois
												Unité 1	224-226Ci	le sol		
Camélidé 41	41	Tranchée 1	220C	212-219Ch	A	2014	1 an 5 mois	Lama sp.	Fémur gauche	-6,62	13,62					
												Unité 2	212-219Ch	le sol	Fémur gauche avec les deux épiphyses s/f	1 an 5 mois
												Unité 2	212-219Ch	le sol		
Camélidé 42	42	Tranchée 1	200C	212-219	Sup	2014	Humérus distal fusionné, la partie proximale fracturée	Lama sp.	Frag humérus	-12,94	7,96					
												Unité 3	212-219	le sol		
												Unité 3	212-219	le sol		

Les valeurs isotopiques individuelles pour les camélidés de la Place 1 indiquent que les ¹³C sont entre -16,46‰ et -6,62‰, avec une moyenne de -11,69‰. Les valeurs de ¹⁵N varient entre 3.14‰ et 3.08‰, avec en moyenne 8,89‰ (tableau 5).

Tableau N° 5 : Statistiques descriptives et Coefficient de Corrélation des valeurs isotopiques de ¹³C et ¹⁵N des 21 échantillons de camélidés analysés de la Place 1, Huaca de la Luna.

Statistiques	d13C	d15N
Moyenne	-11,6933333	8,897142857
Médiane	-12,1	8,51
Mode	-12,53	10,77
Ecart-type	2,24521343	2,624300179
Variance de l'échantillon	5,04098333	6,886951429
Minimum	-16,46	3,08
Maximum	-6,62	14,03
N	21	21
Nveau de confiance (95.0%)	1,0220089	1,194567116
Coefficient de Correlation	0,64	

Comme nous avons des âges différents pour les échantillons, nous présentons les données isotopiques regroupées par âges dans les tableaux suivants : camélidés de 3 mois, camélidés de 4 à 6 mois, camélidés de 9 mois et camélidés de 1 et 3/5 mois.

Tableau N° 6: Composition isotopique des camélidés âgés de 3 mois de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

HUACA DE LA LUNA: PLACE 1: ECHANTILLON DE CAMELIDES ETUDIÉS PAR ISOTOPES										
ECHANT. POSITIFS	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon identifié	Partie anatomique analysée	Analyse isotopique	
	Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice					¹³ C	¹⁵ N
Camélidé 14	Façade nord Tranchée 1	NE	77CL 78CL	Niveau de sol	2005	3 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-12,53	5,93
Camélidé 16	Façade nord Tranchée 1	NE	80CL 80CM	Niveau de sol	2005	3 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-9,43	8,46
Camélidé 18	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	sous le sol	2005	3 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-10,29	9,06
Camélidé 20	Place 1 Unité 1	80C	91-92Cj 91-92Ck	Sur le sol	2014	3 mois	<i>Lama glama</i>	Fémur dr.	-10,2	10,77
Camélidé 25	Place 1 Unité 1	80C	96-97Cl	Sur le sol	2014	3 mois	<i>Lama glama</i>	Fémur g.	-12,53	8,51
Camélidé 26	Place 1 Unité 1	80C	90-91Cj 90-91 Ck	sol 1	2014	3 mois	<i>Lama glama</i>	Fémur dr.	-12,1	6,55
Camélidé 27	Place 1 Unité 1	80C	92-93Cj	sol 1	2014	3 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-11,83	7,24

Tableau N° 7: Composition isotopique des camélidés âgés de 4 à 6 mois de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

HUACA DE LA LUNA: PLACE 1: ECHANTILLON DE CAMELIDES ETUDIÉS PAR ISOTOPES										
ECHANT. POSITIFS	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon identifié	Partie anatomique analysée	Analyse isotopique	
	Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice					13C	15N
Camélidé 2	Façade nord Tranchée 1	NE	81 CL	Sable éolien	2005	5 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-12,02	6,54
Camélidé 4	Façade nord Tranchée 1	NE	77CL 78CL	Sable éolien	2005	6 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-12,77	10,41
Camélidé 21	Place 1 Unité 1	80C	95Cj	Sur le sol	2014	Tierno	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-16,46	3,08
Camélidé 22	Place 1 Unité 1	80C	93-94Ci 93-94Cj	Sur le sol	2014	4 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-8,43	9,02
Camélidé 23	Place 1 Unité 1	80C	93-94Ci	Sur le sol	2014	4 mois	<i>Lama glama</i>	Fémur g.	-12,08	9,65
Camélidé	Place 1 Unité 1	180D	181DK	Puits 10	2011	5 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-12,88	12,66

Tableau N° 8: Composition isotopique des camélidés âgés de 9 mois de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

HUACA DE LA LUNA: PLACE 1: ECHANTILLON DE CAMELIDES ETUDIÉS PAR ISOTOPES										
ECHANTILLONS POSITIFS	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon identifié	Partie anatomique analysée	Analyse isotopique	
	Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice					13C	15N
Camélidé 3	Façade nord Tranchée 1	NE	72CL 73CL	Sable éolien	2005	9 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-8,54	14,03
Camélidé 8	Façade nord Tranchée 1	NE	76CL 77CL	Sable éolien	2005	9 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-9,94	9,81
Camélidé 9	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	Sable éolien	2005	9 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-13,35	10,77
Camélidé 12	Façade nord Tranchée 1	NE	75CL	Niveau de sol	2005	9 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-14,02	6,79
Camélidé 24	Place 1 Unité 1	80C	95-96Cj 95-96Ck	Remplissage de sable	2014	9 mois	<i>Lama glama</i>	Fémur dr.	-13,09	7,53
Camélidé	Place 1 Unité 2	220C	224-226Ci 224-226Cj	A Sup	2014	9 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur g.	-6,62	13,62

Tableau N° 9: Composition isotopique des camélidés âgés de un an et 3/5 mois de la Place 1 de la Huaca de la Luna.

HUACA DE LA LUNA: PLACE 1: ECHANTILLON DE CAMELIDES ETUDIÉS PAR ISOTOPES										
ECHANT. POSITIFS	CONTEXTE				Campagne	Profil d'âge	Taxon identifié	Partie anatomique analysée	Analyse isotopique	
	Unité	Quadrant	Quadricule	Matrice					13C	15N
Camélidé 13	Façade nord Tranchée 1	NE	76CL 77CL	Niveau de sol	2005	1 an 3 mois	<i>Lama sp.</i>	Fémur dr.	-13,51	8,45
Camélidé	Place 1 Unité 3	200C	212-219Ch 212-219	A Sup	2014	1 an 5 mois	<i>Lama sp.</i>	Humérus dr.	-12,94	7,96

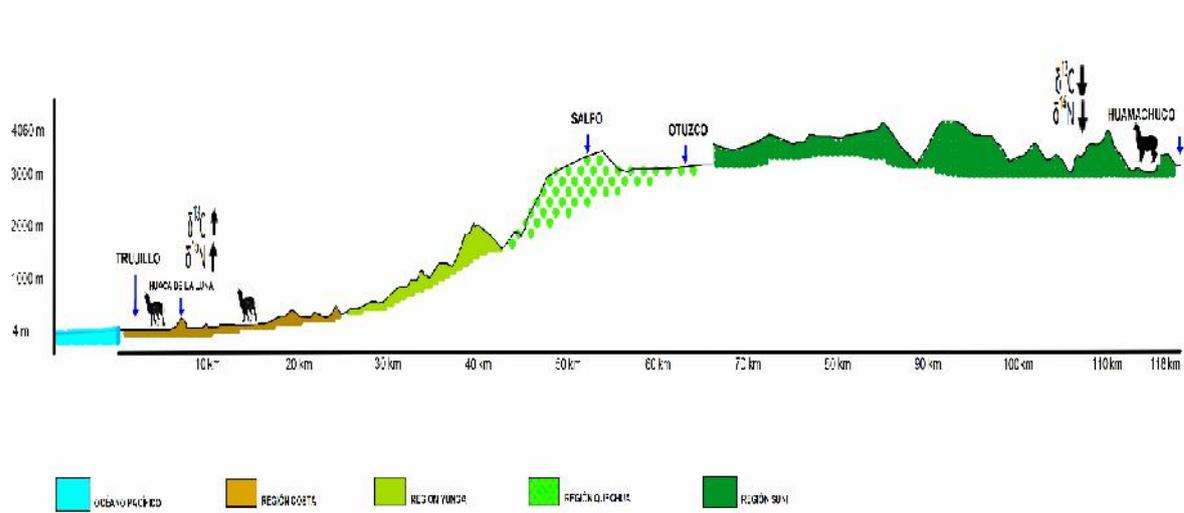


Figure N° 3: Coupe longitudinale topographique de la côte (Huaca de la Luna, Trujillo) à la montagne (Huamachuco, sierra ou altiplano), montrant les concentrations de ¹³C et ¹⁵N selon l'altitude (adapté de Thornton et al. 2011 et Google Earth).

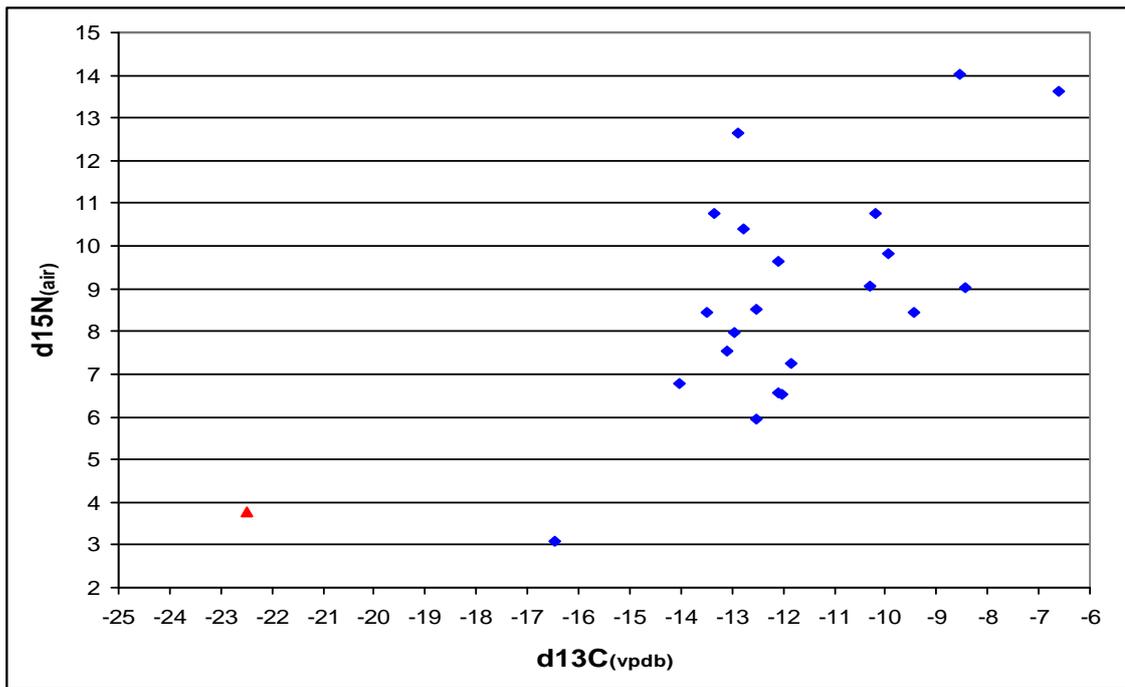


Figure N° 4: Les résultats isotopiques ¹³C et ¹⁵N du collagène osseux extrait des restes de 21 camélidés de Place 1, Huaca de la Luna et « alpaga » moderne de Luna et « alpaga » moderne de Huamachuco.

Légende :

◆	Camélidés de Place 1
▲	<i>Vicugna pacos</i> (moderne de la sierra: Huamachuco)

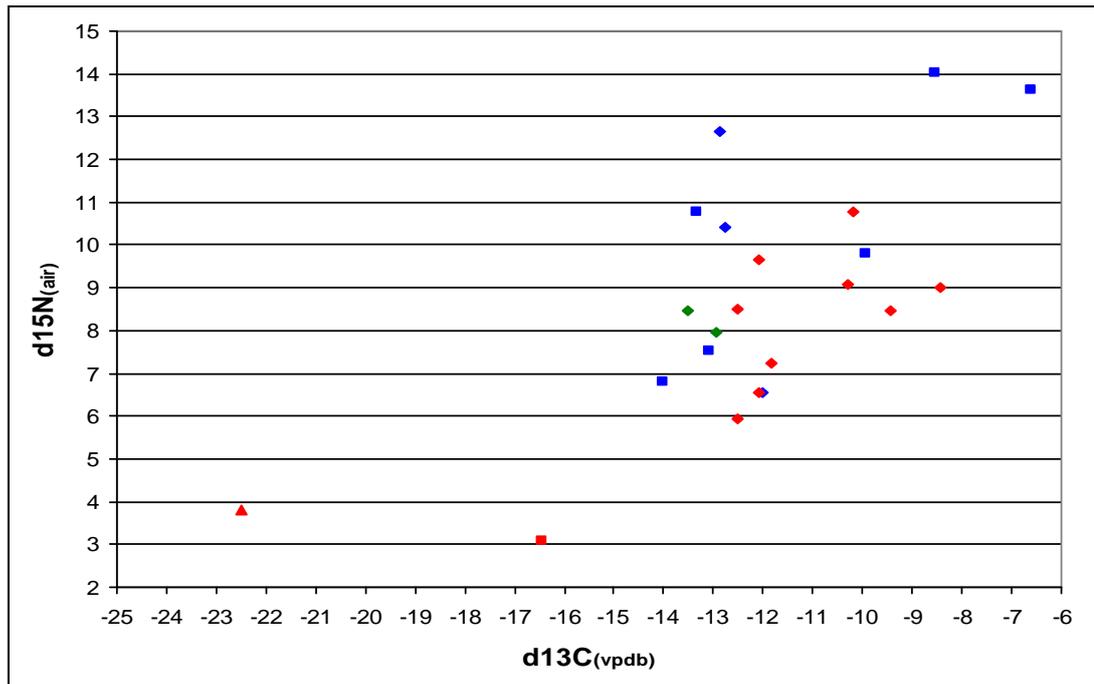


Figure N° 5: Les résultats isotopiques et ^{13}C et ^{15}N de collagène osseux extrait des restes de 21 camélidés de Place 1 par âge (profil d'âge), Huaca de la Luna et « alpaga » moderne de Huamachuco.

Légende:

◆ Individus de 3 mois d'âge.	■ Individus de 9 mois.
◆ Individus de 5 et 6 mois.	◆ Individus de 1 an 3 mois et 1 an 5 mois.
■ Individu jeune.	▲ Vicugna pacos (moderne de la sierra Huamachuco).

Les résultats des valeurs de ^{13}C pour identifier le type de plante (C3 ou C4) que consomme les camélidés des offrandes post-Moche de la Place 1, montrent une variation de -8,43‰ à -16,46‰, cette dernière valeur -16,46‰ correspond à un individu jeune qui a aussi des valeurs faibles de ^{15}N avec 3,08‰. Il s'agit du camélidé 21, un échantillon qui a été obtenu à partir d'un fémur droit. En prenant en compte les valeurs de ^{13}C , elles correspondent à une zone intermédiaire entre les plantes de C3 et de C4, de même que la faible valeur de ^{15}N qui est typique des sites de haute altitude. La figure 3.

Les autres échantillons qui ont des valeurs isotopiques indiquant la consommation de plantes C4 correspondent au camélidé 12 avec des valeurs de ^{13}C de -14,02‰ et 6,79‰ de ^{15}N , et au camélidé de l'unité 2 de la Place 1 avec des valeurs de -6,62 ‰

de ^{13}C et de 13,62 ‰ d ^{15}N avec, soit une gamme de 7,4 ‰, ce qui indique que ces camélidés consommaient des plantes C4 (tableau 4).

Dans les échantillons étudiés, on observe des niveaux élevés d'isotopes d'azote dans le camélidé 3, le camélidé 4, le camélidé 9, le camélidé 20 et le camélidé de l'Unité 1, dont les valeurs sont comprises entre 10,41‰ et 14,03‰. Ces valeurs sont généralement beaucoup plus élevées que ceux que l'on pouvait attendre pour des herbivores terrestres adultes. Cependant, la plupart des échantillons analysés proviennent de camélidés jeunes, les individus de 3 mois d'âge constituent 33,3% et étaient peut-être sevrés et commençaient tout juste à manger de l'herbe, un fait que l'on peut noter par la faible usure des incisives et l'absence de M1 (tableau 6).

Pour les camélidés de 9 mois (6 individus), on observe une stratégie de pâture différentielle représentée par les valeurs isotopiques de deux camélidés, correspondant au camélidé 3 et au camélidé de l'Unité 2, qui ont des valeurs élevées d'azote entre 13‰ et 14‰ de ^{15}N , et de 4 individus du même âge (9 mois) ayant des valeurs d'azote entre 9,81‰ et 10,77‰ (camélidés 8 et 9) et 6,79‰ et 7,53‰ (camélidés 12 et 24). (Figure 5).

Les valeurs obtenues dans cette étude montrent que le régime alimentaire de ces animaux était très différent de celui suivi par les troupeaux actuels qui vivent dans les environnements montagneux des Andes péruviennes, comme on le voit en comparant les résultats obtenus dans ce travail à l'échantillon moderne d'un « alpaga » *Vicugna pacos* qui était originaire de Huamachuco, une ville située 3269 mètres d'altitude, où les valeurs de cet individu concordent avec la consommation de plantes C3 du fait de valeurs plus négatives et de faibles valeurs d'azote (-22,38‰ pour ^{13}C et 3,79‰ pour ^{15}N , figures 4 et 5).

DISCUSSION

Les résultats nous permettent de discuter du type de régime alimentaire des camélidés d'une occupation post-Moche, découverts dans la Place 1 de la Huaca de la Luna, et de déterminer l'efficacité de l'application des isotopes stables pour compléter les études archéozoologiques.

Les valeurs de ^{13}C obtenues à partir de 20 camélidés post-Moche soumis à des études isotopiques varient entre -14,02‰ et -6,62‰, plage de valeurs correspondant à des plantes C4 (plantes de basse altitude, en particulier sur la côte). Toutefois, un individu, le camélidé 21, possède des valeurs de ^{13}C avec -16,46‰ et 3,08‰ de ^{15}N , ce qui correspond à une zone intermédiaire entre les plantes C3 et C4, et la faible valeur de ^{15}N qui est typique d'un site de haute altitude, du fait de précipitations plus fortes qui solubilisent plus l'azote, comme on le voit dans la figure 3 (Thornton et al. 2011). Ces résultats renforcent l'élevage local sur la côte nord, en particulier dans la vallée de Moche.

Les plantes C4 qui étaient consommées par les camélidés Chimú, sont très probablement un fourrage de « maïs » et de plantes herbacées dans des environnements arides, à cause des niveaux élevés d'azote observés pour les

camélidés 3, 4, 9, 20 et de l'Unité 1, dont les valeurs sont comprises entre 10,41‰ et 14,03‰ (tableau 4).

La comparaison de nos résultats concorde avec : la preuve d'une alimentation issue de pâturages entourant les sites archéologiques de la côte nord, hypothèse auparavant présentée par DeNiro (1988) pour les sites de la côte nord. Les travaux de Thornton et al. (2011), Szpak (2013); Szpak et al. (2009, 2012, 2013, 2014, 2015a et 2015b) et Dufour et al. (2014) ont également confirmé cette supposition.

Une recherche isotopique récemment appliquée à des collections osseuses de camélidés montre également des résultats impliquant la consommation de plantes C4. Les échantillons correspondant à un contexte de la zone urbaine Moche de la Huaca de la Luna, ont été analysés par Vasquez et une équipe de spécialistes de l'Université Autonome de Madrid qui ont identifié les deux espèces domestiques (« lama » et « alpaga »), lesquelles ont été analysées par isotope à partir du collagène extrait des premières phalanges. Les résultats ont révélé que les camélidés du centre urbain consommaient des plantes C4 avec de hautes teneurs en ^{15}N , et qu'au moyen des valeurs isotopiques de ces deux espèces, on peut distinguer deux types de pâturage ; l'un où les « lamas » consomment des plantes C4 d'un environnement très aridité (près de la plage) et les « alpagas » qui consomment également des plantes C4, mais peut-être dans un milieu plus élevé que la Huaca de la Luna ou à proximité de ce site. Les conclusions indiquent que ces camélidés n'ont pas été amenés de sites d'altitude des Andes (Vásquez et al, 2016, sous presse).

De l'examen des travaux de DeNiro (1988), Szpak et al, (2009, 2013, 2014), Thornton et al. (2011), Goepfert et al. (2013), Dufour et al. (2014), Vasquez et al. (2016, sous presse) et notre travail, tous ont en commun des valeurs isotopiques qui indiquent la consommation de graminées des écosystèmes côtiers de faible altitude, et qui se distinguent bien des valeurs de camélidés qui vivent et consomment herbes de haute andine. Par conséquent, avec cette approche isotopique, il y aurait un consensus pour une proposition d'élevage local de camélidés sur la côte nord à la Période Intermédiaire Ancienne jusqu'à Horizon Moyen, et que les restes de camélidés issus de divers contextes de Huaca de la Luna, pour l'époque Moche et Chimú, apportent des données importantes sur l'élevage local, ce qui nous permet d'interpréter nos échantillons d'offrandes de camélidés de l'occupation Chimú de la Place 1, avec une perspective différente des camélidés provenant de sites d'altitude des Andes.

Les valeurs isotopiques sont généralement plus élevées que ce qu'on pourrait prévoir pour des herbivores terrestres adultes. Cependant, il y a un détail important dont il faut discuter : la plupart des échantillons analysés viennent de camélidés jeunes, avec des individus de 3 mois qui constituent 33,3% et qui ont peut-être arrêté d'allaiter et se sont mis tout simplement à manger de l'herbe peu avant leur mort, ce qui se vérifie dans la faible usure des incisives et l'absence de M1 (tableau 6).

Selon Nitsch et al. (2011), les jeunes mammifères qui sont en âge de téter ont la signature isotopique de la mère, et quand ils commencent juste à manger de l'herbe, les valeurs isotopiques varient avec le changement de régime alimentaire. Bien que l'équipe de Nitsch ait fait cette évaluation sur des nourrissons humains qui étaient allaités, puis qui ont été sevrés, ils expliquent que ce processus est commun chez les

mammifères qui se nourrissent du lait étant jeune, et prenant le cas des camélidés, nous pouvons voir qu'il y a cinq camélidés de 3 mois ayant des valeurs d'azote comprises entre 8 et 11‰ (figure 5).

D'autre part, les hautes valeurs isotopiques d'azote enregistrées dans nos camélidés Chimú étudiés de la Place 1, concordent avec les valeurs obtenues à partir des études isotopiques de Dufour et al. (2014) pour les échantillons de Huaca de la Luna et El Brujo, de Szpak et al. (2009) pour les échantillons de Huaca Santa Clara à Viru, et enfin de Vasquez et al. (2016, sous presse) pour les échantillons de la zone urbaine Moche.

Selon Szpak et al. (2013), des valeurs élevées d'azote correspondent à des individus consommant du « maïs » avec engrais, la base de cette hypothèse est l'utilisation de « guano » fondée sur des découvertes d'artefacts de la société Moche dans certaines îles de la côte nord. Ils indiquent également que l'utilisation de ces engrais est difficile à prouver, mais l'analyse des isotopes stables peut fournir des informations. Ainsi, lorsque les terres agricoles sont enrichies avec du guano de l'île, la terre a une forte teneur en azote qui est ensuite transférée à la plante qui, à son tour, est consommée par les camélidés ou les humains, et on obtient un enrichissement en ^{15}N (Szpak et al. 2012).

Il convient également de noter que les valeurs isotopiques obtenues ont une valeur de $R^2=0,64$ (tableau 5), ce qui indique une forte corrélation linéaire. Des valeurs similaires de corrélation forte ont été obtenues par Szpak et al. (2009), indiquant que la source d'enrichissement en ^{15}N dans le collagène des os de camélidés ne provient pas d'une source marine, à savoir la possibilité d'une consommation de restes de poissons, comme certains chercheurs l'ont proposé (Shaughnessy et al. 2008).

Enfin, à ce jour, les études isotopiques d'échantillons de camélidés de sites côtiers, en particulier de l'époque Moche, indiquent que des niveaux élevés d'azote seraient liés à des engrais de cultures pour le maïs et à la consommation de plantes en C4 dans des environnements arides comme l'indiquent les études de Szpak et al. (2013) et de Vasquez et al. (2016, sous presse).

Il n'y a pas d'études isotopiques sur de jeunes camélidés ce qui pourrait nous guider dans l'interprétation, mais selon les résultats obtenus et la comparaison avec les études d'autres spécialistes, les échantillons analysés de camélidés de la Place 1 correspondent à une consommation de plantes C4 de basse altitude et de maïs, ce qui implique que ces troupeaux et les individus jeunes sont nés localement et n'auraient pas été amenés depuis des sites d'altitude, ce qui correspond à un élevage local de « lamas ».

Conclusions

L'analyse isotopique de ^{13}C indique que les camélidés sacrifiés durant l'occupation post-Moche de la Place 1, à Huaca de la Luna, qui sont la plupart du temps des jeunes (3 à 9 mois), ont dû intégrer à leur alimentation un pourcentage

élevé de plantes de type C4, plus abondantes dans les zones de basses altitudes et chaudes, que dans les zones d'altitude des Andes.

La variabilité des valeurs de ^{15}N et ^{13}C suggère qu'il y avait deux types de troupeaux sur la côte, ceux qui consommaient du maïs et ceux qui consommaient des plantes herbacées des plages. La plupart des camélidés ont des régimes alimentaires relativement similaires ce qui permet d'écarter l'hypothèse de commerce ou d'échange de ces animaux provenant de troupeaux élevés dans d'autres habitats tels que les plateaux andins.

Enfin, les preuves archéozoologiques et les restes de structures construites pouvant être des enclos, ainsi que la présence de quantités importantes de coprolithes de camélidés près des ensembles architecturaux du centre urbain Moche pour l'occupation post-Moche, sont des arguments forts qui convergent pour soutenir l'hypothèse d'un élevage local de camélidés à l'époque Chimú. La présence abondante de restes de camélidés sur ce site et les activités rituelles qui ont eu lieu dans la Place 1 indiquent que l'élevage local de ces animaux a permis d'avoir un accès rapide et sélectif à ces animaux pour accomplir des actes rituels qui ont été développés pour adorer leurs ancêtres, actes qui indiquent la continuité culturelle entre Chimú et Moche.

Remerciements

À mes professeurs Victor Vásquez et Teresa Rosales, qui m'ont accueilli avec une grande affection dans le Laboratoire de ARQUEOBIOS où j'ai fait mes stages et où j'ai reçu beaucoup de connaissances qui me serviront dans la vie. Je vous remercie de m'avoir soutenu pour contacter le laboratoire des isotopes stables; sans cela cette recherche n'aurait pas été possible. Pour mon directeur, le Professeur Victor Vásquez, pour son temps et son soutien inconditionnel. Aussi pour ses consultations interprétatives où il m'a offert un soutien dans chaque cours magistral dans lequel il pouvait me conseiller. À mon professeur Santiago Uceda pour m'avoir offert l'occasion de participer à ce Master, c'est lui qui a organisé avec l'Université de Trujillo et a permis que se déroule pour la première fois dans notre ville et notre pays ce master. Merci de me donner un peu de son temps et m'avoir aidé pour toutes mes questions académiques. À mes compagnons de master, certains d'entre eux des amis, pour m'écouter, me supporter et m'encourager à continuer. Merci d'avoir partagé vos connaissances et de bons moments. À mon cher collègue José Carcelén, par me guider vers la recherche archéologique. Merci d'avoir pris le temps et la patience d'écouter mes questions et de clarifier mes doutes. À mes parents et mes sœurs pour leur soutien, leur amour et leurs conseils et pour me maintenir ferme et droite dans l'adversité. Merci pour votre estimation.

Références Bibliographiques

- Ambrose, S.H. (1990): Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal Archaeological Science* 17, 431-451.
- Bonavia, D. (1996): Los Camélidos Sudamericanos. Una introducción a su estudio. IFEA-UPCH-Conservation International. Lima. pp. 858.
- Canziani, J. (2012): *Ciudad y Territorio en los Andes. Contribuciones a la historia del urbanismo prehispánico*. Segunda edición. Lima, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Castillo, L.J., Uceda, S. (2008): The Mochicas. *Handbook of South American Archaeology*. H. Silverman & W. H. Isbell (editors.): 707-729. New York.
- Cox, G., Sealy, J. (1997): Investigating identity and life histories: isotopic analysis and historical documentation of slave skeletons found on the Cape town foreshore, South Africa. *International Journal of Historical Archaeology* 1 (3): 207-224.
- DeNiro, M.J. (1988): Marine food sources for prehistoric coastal Peruvian camelids: isotopic evidence and implications. Economic Prehistory of the Central Andes. Wing E., Wheeler J. (editors). BAR International Series: Oxford: 119-129.
- Dufour, E., Goepfert, B., Gutiérrez, B., Chauchat, C., Franco, R., Vásquez, S. (2014): Pastoralism in northern Peru during pre-Hispanic times: insights from the Mochica Period (100-800 AD) based on stable isotopic analysis of domestic camelids. *PLOS One* 9: e87559.
- Goepfert, N., Dufour, E., Gutiérrez, B., Chauchat, C. (2013): Origen geográfico de camélidos en el período mochica (100-800 AD) y análisis isotópico secuencial del esmalte dentario: enfoque metodológico y aportes preliminares. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* 42: 25-48.
- Kent, J. (1982): *The domestication and exploitation of the South American camelids: methods of analysis and their application to circum-lacustrine archaeological sites in Bolivia and Peru*. PhD Dissertation, Washington University-St. Louis, University Microfilms. Ann Arbor.
- Kent, J., Vásquez, V., Rosales, T. (2000): Pastoreo y manejo de camélidos en la época Lambayeque: datos zooarqueológicos. El uso de los camélidos a través del tiempo. Mengoni, G., Olivera, D. y Yacobaccio, H. editores. Grupo de Zooarqueología de camélidos e International Council for Archaeozoology. Buenos Aires, Argentina, 131-143.

- Margalef, R. (1995): Ecología. Editorial Omega. 968 págs.
- Nitsch, E.K., Humphrey, L.T., Hedges, R.E. (2011): Using stable isotope analysis to examine the effect of economic change on breastfeeding practices in Spitalfields, London, UK. *American Journal Physical Anthropology* 146: 619-628.
- ONERN (1973): *Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuenca del Río Moche*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Oficina de la Presidencia de la República del Perú. Vol.1. Lima-Perú.
- Pate, F.D. (1994): Bone Chemistry and Paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory*, Vol 1, N° 2.
- Pozorski, S. (1976): *Prehistoric Subsistence Patterns and Site Economics in the Moche Valley, Peru*. PhD Dissertation. Anthropology Department, University of Texas. Austin.
- Pozorski, S. (1979): Late prehistoric llama remains from the Moche Valley, Peru. *Annals of the Carnegie Museum of Natural History* 48: 139-170. Pittsburgh.
- Puig, S., Monge, S. (1983): Determinación de la edad en Lama guanicoe (Müller). *Deserta* 7. Mendoza, Argentina. pp. 246-270
- Roselló, E., Vásquez, V., Morales, A., Rosales, T. (2001): Marine Resources from an Urban Moche (470-600 AD) Area in the Huacas del Sol y de la Luna. Archaeological Complex (Trujillo, Peru). *International Journal of Osteoarchaeology* N° 11: 72-87.
- Shaughnessy, R., Nelson, A.J., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2008): Isotopic evidence for the social economy of textile production in ancient Peru. Paper presented at the 73 rd Annual meeting of the Society for American Archaeology, Conference. Location.
- Shimada, M., Shimada, I. (1981): Explotación y manejo de los recursos en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico. *Revista del Museo Nacional*. Tomo XLV: 19-73.
- Shimada, M., Shimada, I. (1985): Prehistoric llama breeding and herding on the north coast of Peru. *American Antiquity* 50: 3.26.
- Szpak, P. (2013): *Stable isotope ecology and human-animal interactions in northern Peru*. PhD Dissertation. Anthropology. University of Western Ontario London, Ontario, Canada.

- Szpak, P., Chicoine, D., Millaire, J.F., White, C.D., Parry, R., Longstaffe, F.J. (2015a): Early Horizon camelid management practices in the Nepeña Valley, north-central coast of Peru. *Environmental Archaeology* 21:3, 230-245.
- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Lau, G.F., Surette, F., Longstaffe, F.J. (2015b): Origins of prehispanic camelid wool textiles from the north and central coasts of Peru traced by carbon and nitrogen isotopic analyses. *Current anthropology* 56 (3): 449-459.
- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2014): Small scale camelid husbandry on the north coast of Peru (Virú Valley): insight from stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 36: 110-129.
- Szpak, P., White, C.D., Longstaffe, F., Millaire, J.F., Vásquez, V.F. (2013): Carbon and nitrogen isotopic survey of northern Peruvian plants: baselines for paleodietary and paleoecological studies. *PLoS One* 8: e53763.
- Szpak, P., Millaire, J.F., White, C.D., Longstaffe, F.J. (2012): Small scale camelid husbandry on the north coast of Peru (Virú Valley): insight from stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 36: 110–129.
- Szpak, P., White, C.D., Millaire, J.F., Longstaffe, F.J. (2009): Isotopic evidence for camelid diet and management practices in the Virú valleys, Northern Perú (Early Intermediate Period). Paper presented at the 28th Northeast conference on Andean Archaeology and Ethnohistory, New Paltz, New York, October 3-4.
- 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: 544-567.
- Topic, T.L., McGreevy, T.H., Topic, J.R. (1987): A comment on the breeding and herding of llamas and alpacas on the north Coast of Peru. *American Antiquity* 52: 832-835.
- Tufinio, M. (2005): Excavaciones en el Frontis Norte y plaza 1 de Huaca de la Luna”. En: *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2004*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 57-93. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.

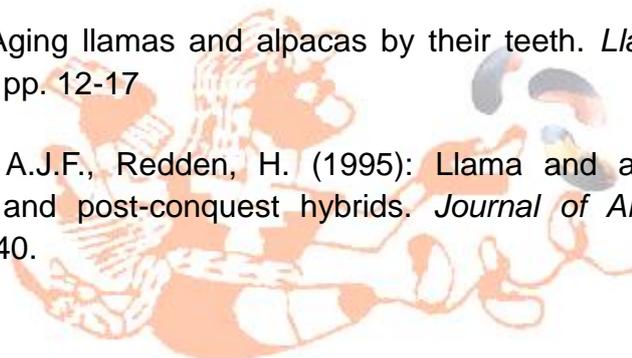
- Tufinio, M. (2008): Excavaciones en el Frontis Norte y plaza 1 de Huaca de la Luna. En: *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2007*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 21-28 Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.
- Uceda, S. (2001): Investigations at Huaca de la Luna, Moche Valley: An Example of Moche Religious Architecture. *Moche Art and Archaeology in Ancient Peru*. Studies in the History of Art 63. Joanne Pillsbury (editor). Center for Advanced Studies in the Visual Arts, Symposium Papers XL. Washington D. C. National Gallery of Art, pp. 47-67.
- Uceda, S. (2006): La secuencia ocupacional en huacas del Sol y de la Luna. Arkinka, *Revista de Arquitectura, diseño y construcción*. Año 10, N° 133, diciembre, pp. 80-86. Lima.
- Uceda, S. (2007): Huacas del Sol y la Luna: Cien años después de los trabajos de Max Uhle. *Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Informe Técnico 2006*. S. Uceda y R. Morales, editores. Págs. 265-290. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.
- Uceda, S. (2010): Los contextos urbanos de producción artesanal en el complejo arqueológico de las huacas del Sol y de la Luna. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 39 (2), pp. 243-297. Lima, Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Uceda, S., Morales, R. (2009): Informe Técnico 2008. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R. (2011): Informe Técnico 2010. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R. (2015): Informe Técnico 2014. Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Sociales. Trujillo.
- Uceda, S., Morales, R., Canziani, J., Montoya, M. (1994): Investigaciones sobre la arquitectura y relieves policromos en la Huaca de la Luna, valle de Moche. Moche: propuestas y perspectivas. Actas del Primer Coloquio sobre la Cultura Moche (Trujillo, 12 al 16 de abril de 1993), Santiago Uceda y Elías Mujica, editores. *Travaux de l'Institute Français d'Etudes Andines* 79: 251-303. Lima, Universidad de La Libertad - Trujillo, Instituto Francés de

Estudios Andinos y Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales.

- Uceda, S., Tufinio, M. (2003): El complejo arquitectónico religioso Moche de Huaca de la Luna: una aproximación a su dinámica ocupacional. *Moche: hacia el final del milenio*. Actas del Segundo Coloquio sobre la Cultura Moche (Trujillo, 1 al 7 de agosto de 1999), Santiago Uceda y Elías Mujica, editores, tomo II, págs. 179-228. Lima, Universidad Nacional de Trujillo y Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vásquez, V., Redondo, R., Rosales, T., Peiró, V., Dorado, G. (2016): Evidencias isotópicas (^{13}C y ^{15}N) y zooarqueológicas de manejo local de rebaños de camélidos en Huaca de la Luna, Costa Norte del Perú. (*en prensa*).
- Vásquez, V., Rosales, T. (2001): Análisis de restos de fauna y botánicos del Proyecto Arqueológico PSUM. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Santa de la Universidad de Montreal. Temporada 2001.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2003): Zooarqueología de la zona urbana Moche. *Moche hacia el final del milenio*: 33-63. Uceda y Mujica editores. Pontificia Universidad Católica del Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2004): Análisis Arqueozoológico y Arqueobotánico de Cerro Chepén. Temporada 2004. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2005): Arqueozoología y Arqueobotánica de los restos de la Estructura IV, Cerro Chepén. Temporada 2005. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2006): Arqueozoología y Arqueobotánica de los restos de la Estructura IX: Unidad Arquitectónica 29, Cerro Chepén. Temporada 2006. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Cerro Chepén.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2008a): Análisis de restos de fauna y vegetales de Jatanca. Apéndice 1: 1-24. Informe Final Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2007. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores).
- Vásquez, V., Rosales, T. (2008b): Análisis de restos de fauna de Sipán. Temporada 2007. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán-I.

- Vásquez, V., Rosales, T. (2009a): Osteometría y genética de los camélidos mochica, costa norte del Perú. *Revista del Museo de Antropología* 2 (1): 141-150. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2009b): Análisis de restos de fauna y vegetales de Jatanca. Apéndice 1: 1-25. Informe Final Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2008. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2010): Análisis de restos de fauna y vegetales del sitio Huaca Colorada, Jatanca. Apéndice 1: 1-34. Informe Final Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2009. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011a): Informe de los materiales paleobotánicos y faunísticos recuperados de las excavaciones de Jatanca y Huaca Colorada. Apéndice 1: 1-69. Informe Final de la Temporada de Investigación 2010. Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto, Qetzal S.A.C., University of Kentucky.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011b): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2010. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Huaca Rajada, Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2011c): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2011. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012a): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán, Sector I, Sub Sector Huaca I. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012b): Análisis de restos de fauna y botánicos de Sipán. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Sipán.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012c): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada, valle de Jequetepeque. Apéndice 1: 1-62. Informe Final de la Temporada de Investigación 2011. Proyecto de Investigación Arqueológica

- Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2012d): Análisis de restos de fauna y botánicos de CA 45, CA 45B, CA 46, CA 47 y Plaza 1, Huaca de la Luna. Temporada 2012. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Huaca de la Luna.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2013): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada, valle de Jequetepeque. Apéndice 1: 1-57. Informe Final de la Temporada de Investigación 2012. Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada. Swenson E., Chiguala J. y Warner J. (editores). University of Toronto.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2014a): Restos de fauna y vegetales del sitio Je64, valle de Jequetepeque. Temporada 2013. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada.
- Vásquez, V., Rosales, T. (2014b): Restos de fauna y vegetales de Huaca Colorada y Jatanca, valle de Jequetepeque. Temporada 2014. Informe presentado a la dirección del Proyecto de Investigación Arqueológica Jatanca, Huaca Colorada.
- Vásquez, V., Rosales, T., Coronado, L. (2001): Evidencias arqueológicas de crianza de camélidos en los siglos V y VI en la costa norte de Perú. *El uso de los camélidos a través del tiempo*. Grupo Zooarqueología de Camélidos, Internacional Council for Archaeozoology. Ediciones del Tridente. Buenos Aires. Pp. 241-260.
- Vásquez, V., Rosales, T., Morales, A., Roselló, E. (2003): Zooarqueología de la Zona Urbana Moche, Complejo Huacas del Sol y de la Luna, valle de Moche. *Moche. Hacia el final del milenio. Actas del Segundo Coloquio sobre la cultura Moche, Trujillo, 1 al 7 de agosto de 1999*. Uceda, S., Mujica, E. (editores) Pontificia Universidad Católica del Perú-Universidad Nacional de Trujillo. Vol. 2: 33-64.
- Wheeler, J. (1982): Aging llamas and alpacas by their teeth. *Llama World 1* Denver, Colorado. pp. 12-17
- Wheeler, J., Russel, A.J.F., Redden, H. (1995): Llama and alpacas: pre-conquest breeds and post-conquest hybrids. *Journal of Archaeological Science* 22: 833-840.



Los recursos leñosos y los grupos cazadores-recolectores patagónicos: metodologías de análisis aplicadas en los sitios Cerro Casa de Piedra 7 y Cerro Pintado (Argentina)

Laura Caruso Fermé

IDEAus/CENPAT-CONICET, Bv. Almirante Brown s/n (9120) Puerto Madryn (Chubut,
Argentina) Asociada a CNR-IVALSA, Florence, Italy [lcarusoferme@gmail.com](mailto:carusoferme@gmail.com)
caruso@cenpat-conicet.gob.ar

Resumen

El registro de vegetales leñosos es abundante en los conjuntos arqueológicos patagónicos atribuidos a grupos cazadores-recolectores. El objetivo del presente artículo es dar a conocer dos de las distintas metodologías de análisis utilizadas en los diversos estudios arqueobotánicos realizados hasta el momento en la Patagonia argentina: i) determinación de la estacionalidad a partir del análisis de la corteza y ii) análisis dendro-antracológico. La primera de ellas aplicada en el sitio *Cerro Casa de Piedra 7* (prov. de Santa Cruz) y la segunda en el sitio *Cerro Pintado* (prov. Chubut). Las metodologías de análisis utilizadas ofrecen resultados satisfactorios en cada uno de los sitios arqueológicos estudiados, brindando valiosa información sobre las modalidades de adquisición y uso del material leñoso por parte de los cazadores-recolectores patagónicos.

Palabras claves: arqueobotánica, material leñoso, metodologías de análisis, cazadores-recolectores, Patagonia.

Abstract

The record of woody plants is abundant in the Patagonian archaeological sites attributed to hunter-gatherer groups. The aim of this paper is to show two different methodologies of analysis used in archaeobotanical studies carried out in the Argentinean Patagonia: i) the determination of the seasonality from the analysis of the bark and ii) the dendro-anthracological analysis. The first one, has been applied in the archaeological site *Cerro Casa de Piedra 7* (province of Santa Cruz) and the second one, in *Cerro Pintado* (province of Chubut). The methodologies of analysis that have been used, offer satisfactory results in both sites. They afford valuable information about the modalities of acquisition and the use of the woody material by the Patagonian hunter-gatherers.

Keywords: archaeobotany, wood material, methodologies of analysis, hunter-gatherer groups, Patagonia

Introducción

El material leñoso recuperado en sitios arqueológicos es en primera instancia producto de las actividades sociales, pero también está relacionado con el entorno natural en el que un determinado grupo desarrolla su actividad. El ambiente explorado y ocupado conforma el territorio de una sociedad. Por ello, el estudio de los restos leñosos recuperados en contextos arqueológicos permite realizar inferencias sobre las formaciones vegetales de las cuales provienen y comprender el papel que jugaron estos recursos dentro de la dinámica socio-económica de un grupo.

Distintos estudios sobre grupos cazadores-recolectores consideran este modo de vida como el más perdurable en el tiempo y espacio (Binford 1980, 2001; Kelly 1995; entre otros). No obstante, a pesar de los numerosos estudios antropológicos y etnográficos acerca de estas sociedades, actualmente se carece de un profundo conocimiento sobre los modos de gestión y usos de los recursos vegetales leñosos por parte de grupos cazadores-recolectores. El registro de este tipo de restos es abundante en los conjuntos arqueológicos patagónicos y su estudio, tanto en la combustión como en cualquier otra de sus aplicaciones, tiene un gran potencial para evaluar las conductas humanas en el pasado (Caruso Fermé, 2013a, 2014). Por este motivo, desde hace tiempo, se desarrolla una línea de investigación que tiene por objetivo general caracterizar las modalidades de adquisición y uso de la madera por parte de los grupos cazadores-recolectores que habitaron diferentes formaciones vegetales: bosque; bosque-costa; ecotono-bosque estepa; estepa; etc. (según reconstrucciones polínicas y registros actuales) en distintas latitudes de la Patagonia Argentina.

Con este propósito fueron desarrolladas y aplicadas distintas metodologías y técnicas de estudio del material leñoso. Las mismas consisten por un lado, en el análisis de material leñoso carbonizado y sin carbonizar procedente de diversos sitios arqueológicos. Por otro, en el estudio de artefactos de madera recuperados en sitios arqueológicos y pertenecientes a colecciones (ver figura 1). El objetivo del presente artículo es dar a conocer dos de las distintas metodologías de análisis utilizadas en los diversos estudios arqueobotánicos realizados hasta el momento en la Patagonia argentina: i) determinación de la estacionalidad a partir del análisis de la corteza y ii) análisis dendro-antracológico. La primera de ellas aplicada en el sitio *Cerro Casa de Piedra 7* (prov. de Santa Cruz) y la segunda en el sitio *Cerro Pintado* (prov. Chubut).

Modalidades de adquisición del material leñoso y grupos cazadores-recolectores

Las modalidades de adquisición y uso del material leñoso, desarrolladas por sociedades cazadoras-recolectoras patagónicas, estuvieron condicionadas y determinadas por el tipo de necesidad y/o finalidad de la obtención de la madera, por las características socio-económica y el grado de organización de los grupos -grado de movilidad- (Caruso Fermé, 2012a, 2015). Se entiende por *modalidades de adquisición del material leñoso* a aquellos modos de actuación que los distintos grupos llevan a cabo en el proceso de obtención de la madera.

Estos modos hacen referencia a las estrategias orientadas a obtener determinados taxones (arbóreos, arbustivos) o a explotar tipos de hábitat (bosques, estepa arbustiva, etc.) que implican la selección de unas áreas de captación del material leñoso o de determinadas especies según su porte. Por otro lado, estos modos de actuación se refieren también a las actividades concretas de obtención de la madera que pueden implicar la recolección de madera muerta, corte, arrastre de troncos, etc. (Caruso Fermé, 2012a, 2013a, 2013b, 2013d, 2015, 2016; Caruso Fermé *et al.* 2014a).

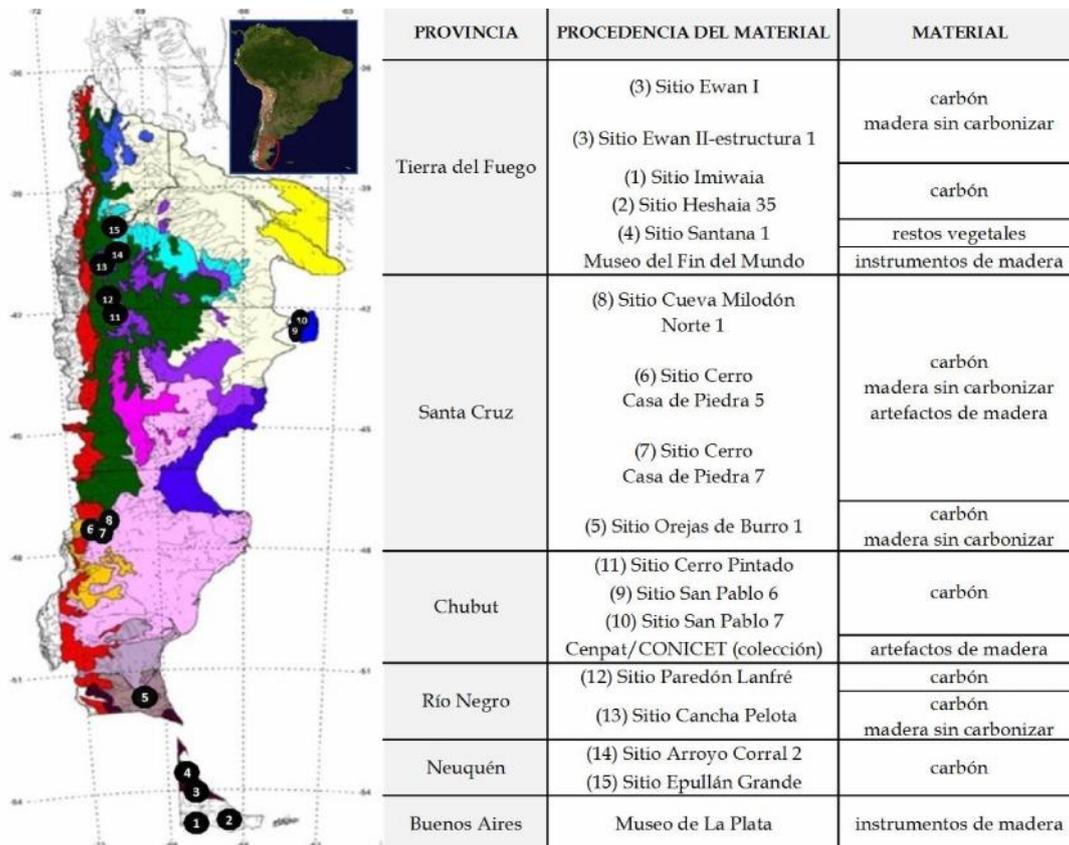


Figura N° 1: Sitios arqueológicos y artefactos de madera estudiados y/o en proceso de análisis (los materiales son presentados en base a la procedencia y/o atribución geográfica).

Cerro Pintado (CP)

El sitio arqueológico Cerro Pintado se localiza en una zona de bosque caducifolio -bosque mixto de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. & Bizzarri -ciprés de la cordillera- y *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. -ñire- (figura 2A). Es un alero estratificado con manifestaciones rupestres dispuestas casi sin solución de continuidad sobre un frente de 95 m de longitud (Bellelli *et al.*, 2003; Bellelli *et al.* 2004; Carballido Calatayud, 2009; Fernández, 2006; Podestá y Tropea, 2001). En el sitio se registró un fogón en cubeta que presenta las siguientes dataciones: 680±80 BP (LP 1333) en su cumbre -16,5 cm- y 1870±80 BP (LP 1313) en su base -28 cm (Bellelli *et al.* 2003).

El sitio arqueológico Cerro Pintado es estudiado por el equipo de investigación dirigido por la Lic. Cristina Bellelli (INAPL/CONICET).

Cerro Casa de Piedra 7 (CCP7)

El Cerro Casa de Piedra se ubica al Este de la cordillera de los Andes, en una franja transicional entre el bosque cordillerano y la estepa patagónica, en el Parque Nacional Perito Moreno (PNPM). Actualmente sobre las laderas de la Cordillera de Los Andes, entre los 1200 y 850 msnm, se desarrolla el bosque de *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser y *Nothofagus antarctica*. y vegetación arbustiva y herbácea asociada al bosque de *Nothofagus* sp., como *Fuchsia magellanica* (LAM), *Escallonia* sp., *Berberis* sp., etc. Hacia el este, a 800 msnm aproximadamente, se desarrolla la estepa arbustiva de *Verbena tridens* (Lag.) O’Leary & P.Peralta, *Berberis* sp., etc. (Mancini et al. 2002).

La cueva 7 del Cerro Casa de Piedra se ubica a 600 m de la margen sur del río Roble (figura 2B). Su secuencia estratigráfica está constituida por 19 niveles datados radiocarbónicamente entre ca. 10.620±40 y 3.400 años AP. Recientemente, un fechado realizado sobre carbón vegetal brindó una datación de 1.927±41 años AP $13 C = -26,69$ -UGA 868 fecha corregida- (Aschero et al. 1992-1993; Civalero et al. 2006-2007) que permitió inferir que se trató de una ocupación esporádica y breve en el Holoceno tardío, diferente a las de tiempos anteriores donde se hacía uso efectivo y recurrente del espacio. Los resultados de los diversos estudios arqueológicos permitieron inferir que el patrón de asentamiento-movilidad de las ocupaciones -ca. 9.000/3.500 años AP- de CCP7 fue de tipo residencial (Aschero et al. 1992-1993), con una marcada estructuración del espacio y una redundancia en la ocupación del sitio (De Nigris, 2004). Los estudios arqueológicos llevados a cabo en Cerro Casa de Piedra 7 son realizados por el equipo de investigación dirigido por la Lic. Carlos Aschero (UNT/CONICET) y la Lic. M. Teresa Civalero (INAPL/CONICET).

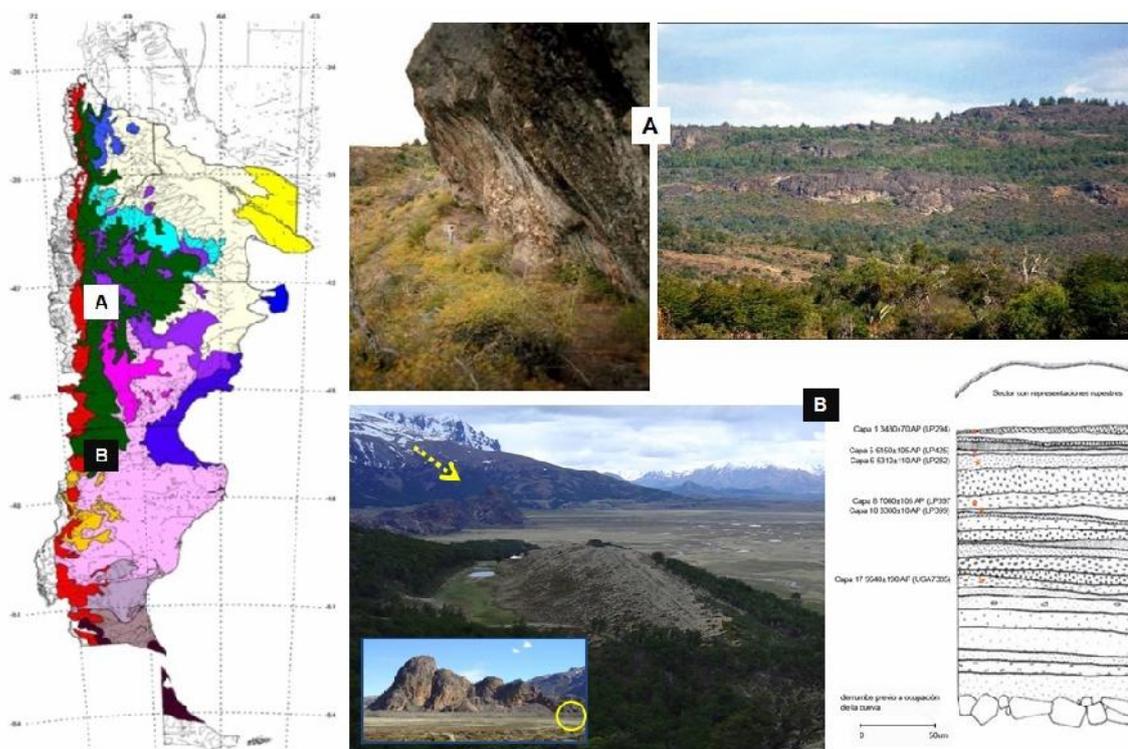


Figura N° 2: A) sitio Cerro Pintado (prov. Chubut) B) sitio Cerro Casa de Piedra 7 (prov. Santa Cruz).

Materiales y Métodos

Muestreo arqueobotánico

• CP

Durante las excavaciones del sitio Cerro Pintado fue posible la recuperación de tres carbones de la base del fogón en cubeta, datada en 1870±80 AP. Los mismos fueron identificados como *Austrocedrus chilensis* y reúnen las condiciones necesarias para un estudio dendro-antracológico: buena conservación y la presencia de un mínimo de 30 anillos de crecimiento. Es importante destacar que estos carbones no forman parte de la muestra seleccionada con la cual se ha llevado a cabo la datación radiocarbónica de la base del fogón en cubeta.

Austrocedrus chilensis es una conífera nativa de los bosques patagónicos que ha sido trabajada desde la dendrocronología (Villalba, 1994; Le Quesne Geier, 1999; Lara et al. 2005, entre otros).

• CCP 7

La recuperación del material vegetal se realizó mediante el tamizado en seco de todo el sedimento de la excavación. El tamaño de malla utilizada en los tamices fue de 2 milímetros. Las condiciones de extrema sequedad de la cueva y el muestreo sistemático aplicado en toda la superficie de excavación permitió la recuperación de abundante material vegetal: carbón, madera, fragmentos de corteza, hojas, semillas y dos objetos de madera, uno en la Capa 17 y otro en la 6 (Caruso Fermé, 2012a; Caruso Fermé et al., 2014; Caruso Fermé et al., 2014b; Caruso Fermé et al., 2015a; Caruso Fermé et al., 2015b).

Determinación de la estacionalidad a partir del análisis de la corteza

Las especies vegetales que se desarrollan en climas templados presentan la particularidad de que en un período del año producen células y en otro no. El conjunto de células agregadas bajo la corteza en cada uno de estos ciclos forma el denominado anillo de crecimiento. La madera formada al inicio del anillo es denominada madera temprana o leño de primavera, y está caracterizada por paredes delgadas y lúmenes amplios. La madera formada al término del período vegetativo normalmente en otoño, cuando las células van disminuyendo su actividad vital se denomina madera tardía o leño de otoño.

En el plano transversal de la madera se pueden distinguir a nivel microscópico las células que se producen en los distintos períodos vegetativos, así como las diferencias existentes entre las células del inicio y término de cada crecimiento.

La observación del último anillo de crecimiento, antes de la corteza, permite estimar el ciclo vegetativo en el que se encontraba la planta en el momento que cesó su crecimiento, ya sea porque fue cortada o por causas naturales. Cabe destacar, para el caso de restos arqueológicos, que su estudio determinará simplemente la estacionalidad en que los leños dejaron de crecer, por lo que la

información obtenida no debe ser considerada evidencia ligada a la estacionalidad de ocupación del nivel arqueológico (Caruso Fermé, 2012a, 2013b, 2015).

En CCP7 fue posible la recuperación de 18 fragmentos de madera sin carbonizar con corteza, en las capas 10 (8.380 ± 120 AP) y 6 (5.310 ± 110 AP). 17 de los fragmentos recuperados corresponden a *Nothofagus pumilio* y sólo uno de ellos a *Berberis sp.*

Estudio dendro-antracrológico

Los árboles registran información sobre el/los ambientes del pasado y el clima a través de su crecimiento. Toda esta información queda plasmada en el ancho de sus anillos de crecimiento, en la densidad y en la composición isotópica. Por lo tanto, el examen de los anillos de crecimiento anual de un árbol revela tanto su edad como la fluctuación de las condiciones climáticas y otros fenómenos a los que fue sometido durante su vida útil (Fritts, 1976).

En el desarrollo de los estudios dendro-antracrológicos no existe una metodología preestablecida para el preparado de los carbones. Por lo que pueden encontrarse distintas formas de preparar el plano natural del carbón (sección transversal) sobre el cual se llevará a cabo el estudio. El estudio consiste en el recuento de los anillos de crecimiento mediante el desplazamiento del banco de medidas dendrocronológicas y la realización de una señal informática por cada uno de los anillos. El programa utilizado en el registro de datos en el banco de medidas es el Time Series Analysis and Presentation (TSAP). Las curvas obtenidas a partir del análisis deben ser confrontadas con series dendrocronológicas regionales preexistentes, de esta manera es posible realizar una asignación cronológica exacta de la muestra. En el caso del análisis de las muestras del sitio Cerro Pintado se utilizó el programa COFECHA¹.

Resultados

Determinación de la estacionalidad a partir del análisis de la corteza: sitio Cerro Casa de Piedra 7

La observación microscópica del último anillo de crecimiento de los 17 fragmentos de madera de *Nothofagus pumilio* (capas 10 y 6), evidenció que en tres de los fragmentos el último anillo demostraba la presencia de madera inicial y en 14 madera final (figura 3A-B).

En el caso del fragmento de madera de *Berberis sp.* (capa 6) la observación microscópica del último anillo de crecimiento permitió determinar que se trataba de madera formada al inicio del período vegetativo de la planta -madera inicial- (figura 3C).

¹ COFECHA es un programa para control de la calidad y exactitud del estado de mediciones o muestras que son sometidas al procedimiento de cros-dato

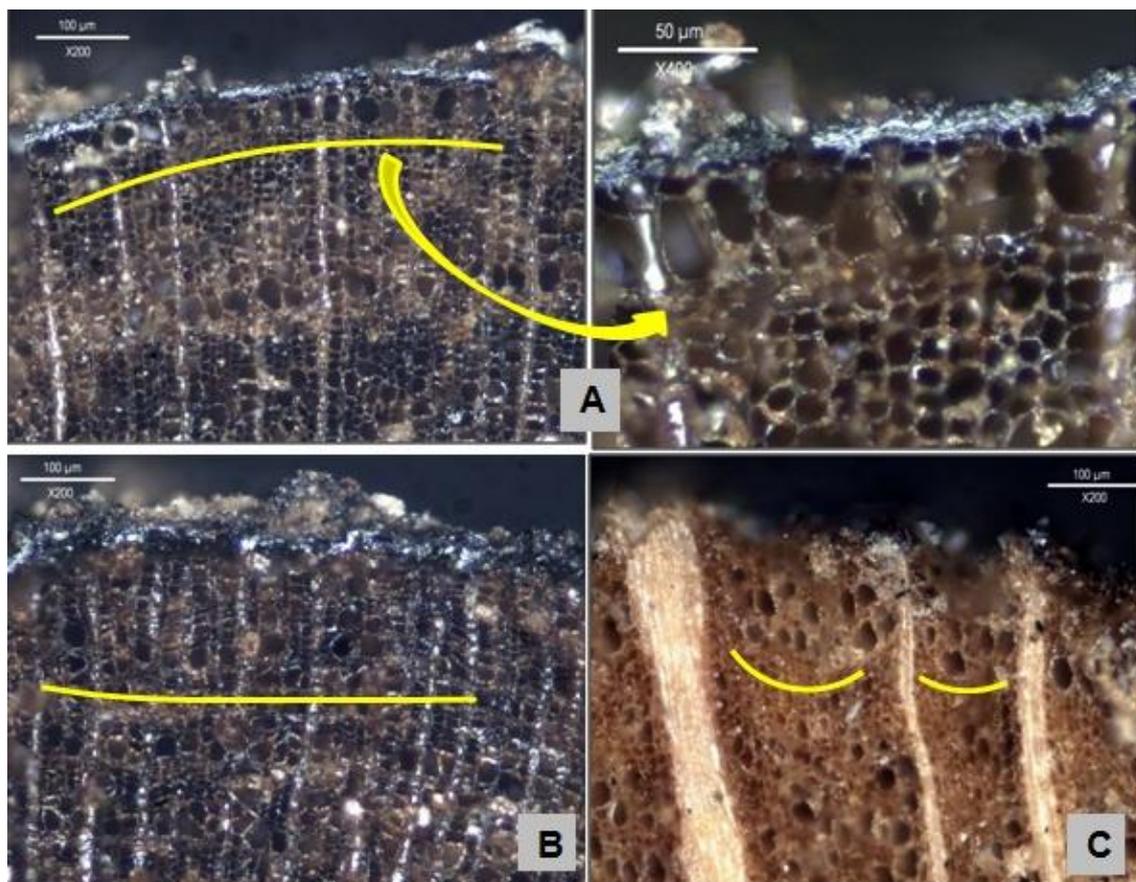


Figura N° 3: Madera con restos de corteza (sitio Cerro Casa de Piedra 7). A: Madera de *N. pumilio*: anillos de crecimientos formados al inicio del periodo vegetativo (madera inicial), B: Madera de *N. pumilio*: anillos de crecimientos formados al término del periodo vegetativo (madera final), C: Madera de *Berberis sp.*: anillos de crecimientos formados al inicio del periodo vegetativo (madera inicial)

Estudio dendro-antracronológico: sitio Cerro Pintado

A partir de la lectura de los anillos de crecimiento de los tres carbones de *Austrocedrus chilensis* se generaron cuatro series (CP001, CP002, CP003), y como resultado del promedio de éstas, la serie CP002-03. Mediante la aplicación del programa COFECHA se observó claramente cómo las series CP002 y CP003 cofechaban perfectamente al desplazarse 8 años la serie CP002 en relación a la serie CP003. La correlación reportada por COFECHA entre estas dos series es $r = 0.714$ para el período común. En el caso de la serie CP001 la sincronización no es tan exacta como entre CP002 y CP003. Debido a que la serie CP001 es muy corta, resultó problemático su fechamiento. De acuerdo al programa COFECHA estaría desplazada 39 años en relación a CP002-03.

Basados en la edad reportada por la datación radiocarbónica, el co-fechado del carbón del fogón en cubeta sería viable si se dispusiera de cronologías de *Austrocedrus chilensis* de más de 2000 años para la zona. Actualmente los registros más largos para la región sólo tienen 600 años -comienzan en AD 1400 aproximadamente- por lo cual no habría solapamiento entre las muestras

de la base del fogón en cubeta de Cerro Pintado y las cronologías actualmente disponibles para la región. Acorde con la datación de la base del fogón ($1.870 \pm 80 \text{ C}^{14} \text{ AP}$), lugar de procedencia de los carbones estudiados, no existe la posibilidad de co-fechar las muestras en relación a las cronologías de *Austrocedrus chilensis* disponibles para la región norte de Patagonia. Sin embargo, sobre la base del registro regional de cronologías de *Austrocedrus chilensis* se ensayó la búsqueda de una edad posible en la que las muestras estudiadas pudiesen fechar. Estos ensayos demostraron que, con excepción de la serie CP001, la comparación de las series CP002, CP003 y CP002-03 evidenciaban correlaciones de alrededor de $r = 0.60$ con la cronología regional para el período AD 1730-1780. Esto permite proponer por lo tanto, que los dos carbones que conforman la serie CP002-03 podrían cubrir el período AD 1733-1785 años (figura 4). En la posición 1733-1785 la correlación entre estas series es $r = 0.61$ significativa a un nivel de probabilidad de 0.001 para 53 años de comparación.

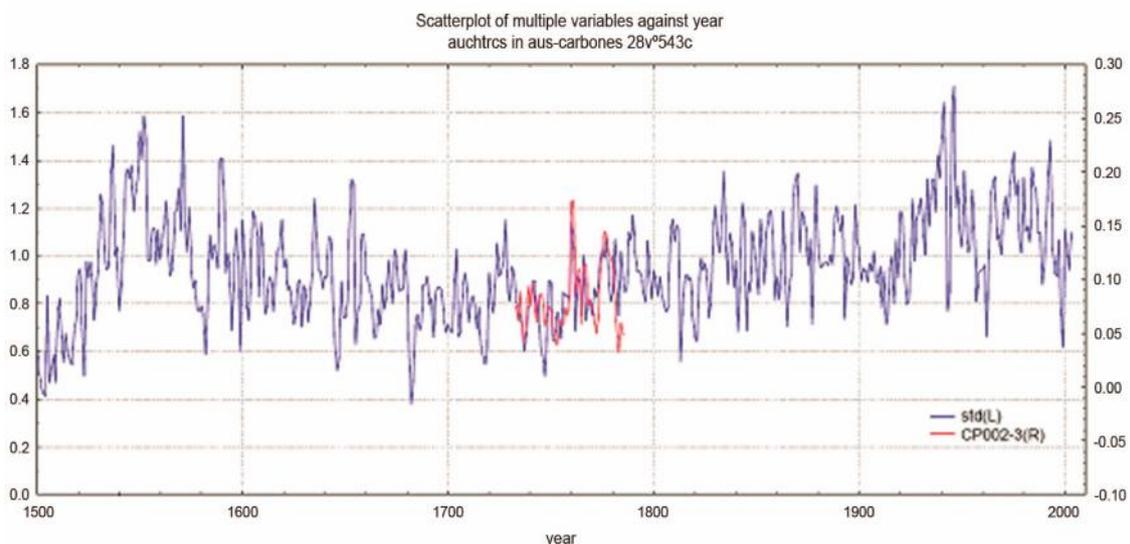


Figura N° 4: Serie CP002-03 con relación a la cronología regional de *Austrocedrus chilensis*.

Discusión

El registro de vegetales leñosos es abundante en los conjuntos arqueológicos patagónicos atribuidos a grupos cazadores-recolectores. El estudio de estos restos es una valiosa fuente de información para poder comprender la relación entre los integrantes de los distintos grupos que poblaron la Patagonia y el entorno natural (Caruso Fermé, 2008, 2010, 2013c; Caruso Fermé et al., 2009a; Caruso Fermé et al., 2009b).

Para caracterizar las modalidades de adquisición y uso del material leñoso, y definir los criterios que rigieron su selección para ser utilizado como combustibles y/o materia prima, es necesaria la combinación de distintas técnicas de análisis (Caruso Fermé, 2012). El objetivo de este trabajo era dar a conocer dos de las metodologías de análisis utilizadas en las distintas investigaciones arqueobotánicas realizadas hasta el momento en sitios

arqueológicos patagónicos atribuidos a grupos cazadores-recolectores. Las metodologías de análisis aplicadas en los sitios Cerro Pintado y Cerro Casa de Piedra 7, permitieron profundizar en el estudio de las dinámicas sociales y económicas de los cazadores-recolectores patagónicos.

En contextos arqueológicos es poco frecuente la recuperación de fragmentos de madera que conserven su corteza, ya que durante el proceso de combustión es la primera parte en arder. Sin embargo existen casos particulares, por ejemplo el sitio Cerro Casa de Piedra 7, en los cuales el material leñoso se encuentra en perfecto estado de conservación. La recuperación de fragmentos de madera que aún conservan su corteza posibilitó realizar en este sitio un estudio de la determinación de la estacionalidad. Es importante tener presente que la corteza de los fragmentos de madera analizados simplemente determinará la estacionalidad en que los leños dejaron de crecer, por lo que la información obtenida no debe ser considerada evidencia ligada a la estacionalidad de ocupación del nivel arqueológico. La madera muerta en el suelo del bosque puede representar un período largo de acumulación y se puede producir en distintos momentos. Por lo tanto, su recolección no reflejará la estación en la que se llevó a cabo la obtención del material leñoso, sino el período vegetativo en el que cada una de las maderas recolectadas dejó de crecer (Caruso Fermé, 2015).

La observación microscópica del último anillo de crecimiento de los fragmentos de maderas de *Nothofagus pumilio* y *Berberis sp.*, que aún poseen corteza, recuperados en las capas 10 y 6, permitió determinar el momento en el que los mismos cesaron su período vegetativo, ya sea por causa natural -quiebre- o antrópica -corte-. Los resultados del análisis evidenciaron que en tres de los fragmentos de *Nothofagus pumilio* el último anillo de crecimiento demuestra la presencia de madera inicial, lo que sugiere que el período vegetativo de los mismos cesó entre primavera-principios de verano. En el caso de los 14 restantes el último anillo de crecimiento indica la presencia de madera final, es decir un cese del período vegetativo en otoño. La época de floración de *Nothofagus pumilio* es de octubre a enero, mes en que comienza la época de fructificación que perdura hasta abril (Urban, 1934; Guerrido et al. 2007).

Por lo que respecta al fragmento de *Berberis sp.* (capa 6) la observación microscópica del último anillo de crecimiento de esta muestra permitió determinar que se trataba de madera formada al inicio del período vegetativo de la planta -madera inicial-. Sobre la base del ciclo de crecimiento de este arbusto (Guerrido et al. 2007) se pudo interpretar que este fragmento de madera podría no haber cesado su ciclo en invierno ni a principios de primavera, pero sí a finales de primavera-principios del verano austral, período que coincide con el momento de su fructificación (desde noviembre hasta abril).

El estado de conservación del fogón en cubeta del sitio Cerro Pintado, entre otras cosas, ha permitido la recuperación de grandes fragmentos de carbón en los que ha sido posible la realización de un estudio dendro-antracológico. Los resultados del mismo evidencian que los carbones estudiados cubrirían el período AD 1733-1785 años. Estos resultados no son consistentes con el

fechado obtenido a partir de la datación radiocarbónica de muestras de carbón procedentes de la misma base del fogón en cubeta: 1870 años AP (Bellelli et al. 2003). Este hecho podría estar relacionado con los procesos de formación del registro arqueológico de Cerro Pintado (ver Bellelli et al. 2003; Fernández, 2006; 2008, 2010; Carballido Calatayud, 2009).

Cabe tener presente también, que los fragmentos analizados no conservaban su corteza, razón por la cual no es posible saber qué cantidad de años separaban los anillos analizados (o leídos) del momento en que se interrumpió el crecimiento de este leño. Dado su ritmo de crecimiento, en la actualidad los troncos de *Austrocedrus chilensis* que contienen anillos de este intervalo tienen un diámetro promedio mayor a 50 cm, por lo que es difícil imaginar que troncos de estas dimensiones hayan sido transportados hasta el alero para realizar un fuego. Por lo tanto, se excluye la posibilidad de que estos carbones pudieran pertenecer a alguno de los fogones actuales que han sido encontrados en la superficie de Cerro Pintado (Caruso Fermé, 2012a, 2013b, 2015; Caruso Fermé y Villalba, 2011). Por lo tanto, los resultados dendro-antracológicos podrían señalar que el alero continuó funcionando como lugar de retorno hasta por lo menos el siglo XVIII. Tal como manifiesta Tropea (2006), la complejidad, magnitud y emplazamiento de Cerro Pintado pueden estar evidenciando un sitio de importancia dentro de un circuito mayor de movilidad de los grupos en el pasado.

La incorporación de un análisis dendro-antracológico representa una novedad para la arqueología del norte de la Patagonia. Los datos obtenidos en el trabajo de Cerro Pintado posibilitan, por un lado discutir la arqueología del área y por otro permiten el desarrollo de nuevos trabajos que continúen construyendo series arqueológicas de anillos de especies -como *Austrocedrus chilensis*- que en un futuro permitirán acrecentar el registro cronológico existente. El desarrollo de este trabajo no sólo complementa y amplifica los datos hasta el momento obtenidos en el estudio de este sitio arqueológico sino que esboza la posibilidad de un proyecto para la creación de datos comunes que en el futuro enriquezcan el estudio e interpretación de los sitios arqueológicos localizados sobre todo en el norte patagónico.

En síntesis, la aplicación e integración de distintas metodologías de análisis del material leñoso utilizado como combustible y/o material prima, abre el camino a futuras discusiones metodológicas en cuanto al estudio de la gestión de los recursos vegetales leñosos por parte de sociedades cazadoras-recolectoras.

Conclusión

El entorno forestal no solo fue esencial en el quehacer cotidiano de los cazadores-recolectores, sino que los recursos que proporciona tienen el mismo grado de importancia que cualquier otro recurso consumido. El estudio del material leñoso recuperado en sitios arqueológicos es una valiosa fuente de información para poder comprender la relación entre los integrantes de los distintos grupos que poblaron la Patagonia y el entorno natural. Por esta razón,

la utilización de distintas metodologías y técnicas de análisis del material leñoso puede contribuir a desarrollar diferentes vías de análisis que permitan no sólo complementar el estudio arqueobotánico sino también profundizar en el estudio de las dinámicas sociales y económicas de los cazadores-recolectores patagónicos.

Las técnicas de análisis expuestas en este trabajo ofrecen resultados satisfactorios en cada uno de los sitios arqueológicos estudiados, brindando valiosa información sobre las modalidades de adquisición y uso del material leñoso por parte de los cazadores-recolectores patagónicos. La aplicación de distintas metodologías así como el correcto desarrollo de un estudio arqueobotánico (desde la planificación de técnicas de recuperación, realización de análisis, hasta el procesamiento de sus resultados) no solo permitirán comprender las relaciones sociales y económicas de un grupo sino que posibilitarán una mejor interpretación de los datos arqueológicos obtenidos en el estudio de cada sitio arqueológico.

Agradecimientos

A todos los compañeros y amigos con quienes trabajamos desde hace tiempo. A *Luís A. Borrero* y *Lorena L'heureux* (IMHICIHU-CONICET); *Carlos Aschero* (UNT/CONICET) y *M. Teresa Civalero* (INAPL/CONICET); *Cristina Belleli* y *Pablo Fernández* (INAPL/CONICET); *Estela Mansur*, *Francisco Zangrando*, *Ernesto Piana*, *Mónica Salemme* y *Martín Vázquez* (CADIC/CONICET); *Julieta Gómez Otero* (IDEAus/CONICET); *Marcia Bianchi* (IIDyPCa-CONICET) y *Silvana Buscaglia* (IMHICIHU-CONICET); *Raquel Piqué* (Universidad Autónoma de Barcelona) y *Pablo Arias Cabal* (Universidad de Cantabria) por brindarme la posibilidad de incorporarme en sus proyectos de investigación, realizando estudios arqueobotánicos y/o análisis específicos de muestras vegetales. A *Ester Verdún Castelló* (Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (UMR 7269) por las constantes discusiones arqueológicas.

Referencias Bibliográficas

- Aschero CA, Belleli C, Civalero De Biset MT, Goñi RA, Guráieb GY, Molinari R (1992-1993): Cronología y tecnología en el Parque Nacional Perito Moreno (PNPM): ¿Continuidad o reemplazos? *Arqueología* 2: 107-134.
- Belleli C, Carballido M, Fernández P, Scheinsohn V (2003): El pasado entre las hojas. Nueva información arqueológica del noroeste de la provincia del Chubut, Argentina. *Revista Werken* N° 4, Santiago de Chile. Pág. 25-42.
- Belleli C, Carballido Calatayud M, Pereyra FX (2004): La obsidiana en el norte de Patagonia: fuentes y contextos. Trabajo presentado en el *XV Congreso Nacional de arqueología Argentina*. Río Cuarto.
- Binford LR (1980): Willow smoke and dog's tails: hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation. *American Antiquity*, Vol. 45, N° 1: 4-20.
- Binford LR (2001): *Constructing Frames of Reference: An analytical Method for Archeological Theory Building Using hunter-Gatherer and Environmental Data sets*. University of California, Berkeley.

- Carballido Calatayud M (2009): *Organización de la tecnología lítica en el bosque de Norpatagonia durante el Holoceno Tardío*. Aportes para un modelo de uso del bosque en la Comarca Andina del paralelo 42°. Tesis de doctorado, Universidad de Filosofía y letras.UBA.
- Caruso Fermé L (2008): *Los usos de la madera entre los cazadores-recolectores Selknam de Tierra del Fuego*. Treball de recerca-Doctoratd'Arqueologia Prehistòrica. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Caruso Fermé L (2010): Ethnographie, archéobotanique et expérimentation sur le site d'Ewan I (Tierradel Fuego, Argentine). *Anthropobotanica*Nº 1.5: 3-17. Muséum national d'Histoirenaturelle, Paris. France
- Caruso Fermé L (2012a): *Modalidades de adquisición y uso del material leñoso entre grupos cazadores-recolectores patagónicos (Argentina)*. Métodos y técnicas de estudios del material leñoso arqueológico. Tesis doctoral (Universitat Autònoma de Barcelona).
- Caruso Fermé L (2012b): Los recursos vegetales leñosos. En: *Arqueología del Hain. Investigaciones etnoarqueológicas en un sitio ceremonial de la sociedad Selknam de Tierra del Fuego*. Ed: Mansur, E y Piqué, R. Treballs d'etnoarqueologia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid
- Caruso Fermé L (2013a): *Los recursos vegetales en arqueología: estrategias de muestreo y estudio del material leñoso*. Ed: Dunken. Buenos Aires, Argentina
- Caruso Fermé L (2013b): Espacios interdisciplinarios en la Arqueobotánica: alcances y aportes para la investigación arqueológica en Patagonia. En: *Tendencias teórico-metodológicas y casos de estudio en la arqueología de la Patagonia*. Comp: Zangrando, Barberena, Gil, Neme, Giardina, Luna, Otolá; Paulides; Slagan y Trivoli. Pp: 271-279
- Caruso Fermé L (2013c): Experimentación y propiedades combustibles de especies del bosque Andino-Patagónico. Aportación al estudio antracológico de sitios arqueológicos. *Magallania* Vol. 41(2): 145-158. ISSN 0718-2244
- Caruso Fermé L (2013d): Forest resources exploitation and management by Selknam hunter-gatherer societies: results of the archaeobotanical analysis of Ewan site (Tierra del Fuego, Argentina). *Proceedings of the Fourth International Meeting of Anthracology*. BAR International Series 2486: 41-50.
- Caruso Fermé L (2013e): El uso de los recursos leñosos entre grupos cazadores-recolectores patagónicos: Estudio de la movilidad a partir de la arqueobotánica. *Periferia. Revista de recerca i formació en atropologia*. Nº18 (2):19-27. Barcelona

- Caruso Fermé L (2014): Los usos de la madera entre los cazadores-recolectores Selknam. En: *Cazadores de tierra y mar. Estudios recientes en arqueología fueguina*. Pp:335-359. Editado por Cultural Tierra del Fuego y Museo del Fin del Mundo. Ushuaia, Argentina.
- Caruso Fermé L (2015): Modalidades de adquisición y usos de la madera en sociedades cazadoras-recolectoras patagónicas: métodos y técnicas de estudio. *Treballs d'Etnoarqueología* 10. Consejo Superior de Investigación Científica. Madrid, España. ISBN: 978-84-00-09937-4
- Caruso Fermé L, Villalba R (2011): Dendrochronological Study of Charred Wood at the Cerro Pintado Archeological Site (Patagonia, Argentina). *Sagutum* Extra 11:37-38
- Caruso Fermé L, Civalero MT (2014): Holocene landscape changes and wood use at Patagonia. Plant macroremains from Cerro Casa de Piedra 7. *The Holocene* Vol 24 (2): 188-197. ISSN: 0959-6836
- Caruso Fermé L, Mansur E, Piqué R (2008): Voces en el bosque: el uso de recursos vegetales entre cazadores recolectores de la zona central de tierra del fuego. *Darwiniana Publicación Botánica*, N° 46(2): 202-212. Instituto de botánica Darwinion. ISSN: 0011-6793
- Caruso Fermé L, Berihuete M, Mensua C (2009a): Las plantas como recurso entre los cazadores-recolectores selknam: aportes del análisis arqueobotánico del sitio Ewan (Tierra del Fuego). *Una mirada desde el último confín. VII Jornadas de Arqueología Patagonia*. Tomo 1: 433-444. Ed: Utopías, Ushuaia, Tierra del Fuego. Argentina. ISBN: 978-987-1529-10-0.
- Caruso Fermé L, Mansur M, Piqué R (2009b): Las chozas de madera de la zona central de Tierra del Fuego. *Una mirada desde el último confín. VII Jornadas de Arqueología de la Patagonia*. Tomo 1: 445-456. Ed: Utopías, Ushuaia, Tierra del Fuego. Argentina ISBN: 978-987-1529-10-0.
- Caruso Fermé L, Álvarez M, Vázquez M. (2011): Análisis arqueobotánico de piezas de madera del extremo austral americano. *Magallania* Vol. 39(1):221–240. Chile. ISSN 0718-2244.
- Caruso Fermé L, Iriarte Aviles E, Borrelo LA (2014a): Tracing the driftwood in archaeological contexts: experimental data and anthracological studies in the Orejas de Burro 1 site (Patagonia, Argentina). *Archaeometry*. ISSN 1475-4754.
- Caruso Fermé L, Clemente I, Beyries S, Civalero MT (2014b): Wood technology of Patagonian hunter-gatherers A use-wear analysis study from the site of Cerro Casa de Piedra 7 (Patagonia, Argentina). *International Conference on Use-Wear Analysis*: 342-351.

- Caruso Fermé L, Clemente I, Civalero MT (2015a): A use-wear análisis of Wood technology of patagonian hunter-gatherers. The case of Cerro Casa de Piedra 7, Argentina. *Journal of Archaeological Science* 57: 315-321
- Caruso Fermé L, Velázquez NJ, Martínez Tosto AC, Burry, LS, Civalero MT (2015b): Multiproxy study of plant remains from Cerro Casa de Piedra 7 (Patagonia, Argentina). 6th *International Anthracology Meeting. Local to Global Significance of Charcoal Science* (30th August to 6th September 2015. Freiburg, Germany)
- Civalero MT, Bozzuto DL, Di Vruno A, Di Nigris ME (2006/2007): Cerro Casa de Piedra 7, una fecha reciente Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano 21.
- De Nigris ME (2004): *El consumo en grupos cazadores recolectores: un ejemplo zooarqueológico de Patagonia Meridional*. 1a ed. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires.
- Fernández P (2006): *Aprovechamiento de recursos faunísticos en los ambientes de estepa y ecotono bosque-estepa del norte de la Provincia del Chubut*. Tesis para optar al grado de Doctor de la Universidad de Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Fernández P (2008): Taphonomy and zooarcheology in the netropics: a view from northwestern Patagonian forest and steppe. *Quaternary International* 180:63-74.
- Fernández P (2010): *Cazadores y Presas 3.500 años de interacción entre seres humanos y animales en el noroeste de Chubut*. Fundación Historia Natural.
- Fritts HC (1976): *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, 567pp.
- Guerrido C, Fernández D (2007): *Flora Patagonia*. Ed: Fantastico Sur, Punta Arenas. Chile.
- Kelly RL (1995): The foraging spectrum: *Diversity in hutet-gantherer lifeways*. Washington D.C: Smithsonian Institution Press: 446.
- Lara A, Urrutia R, Villalba R, Luckman BH, Soto D, Aravena JC, Phee J Mc, Wolodarsky A, Pezoa YL, León L (2005): The potential use of tree-rings to reconstruct streamflow and estuarine salinity in the Valdivian Rainforest eco-region, Chile *Dendrochronologia* vol 22, Issue 3: 155-161
- Le Quesne Geie C (1999): *Dendrocronología de Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Ser et Bizz (Cupressaceae) en el límite norte de su distribución, Chile*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. España.

Mancini MV, Paez MM, Prieto AR (2002): Cambios paleoambientales durante los últimos 7000 14C años en el ecotono bosque-estepa, 47-48° S, Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 39, 151-162

Podestá M, Tropea E (2001): Expresiones del arte rupestre tardío en el ecotono bosque-estepa (Comarca Andina del Paralelo 42°, Patagonia). *Actas del XIV Congreso nacional de Arqueología Argentina*. Rosario p587-602.

Tropea E (2006): Expresiones artísticas en el ecotono bosque-estepa. El caso de cuatro sitios con arte rupestre en la localidad de Cholila (Comarca Andina del paralelo 42°), Patagonia Argentina. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

Urban O (1934): Botánica de las plantas endémicas de Chile. Soc. Imp. Lit. Concepción. 289

Villalba R (1994): Fluctuaciones climáticas en latitudes medias de América del Sur durante los últimos 1000 años: sus relaciones con la Oscilación del sur. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 453.





ARTÍCULOS DE REVISIÓN

El Origen del Perro (*Canis lupus familiaris*) Sin Pelo Peruano (PSPP): pruebas arqueológicas, zooarqueológicas y genéticas - Revisión

Víctor F. Vásquez¹, Teresa E. Rosales², César Gálvez³ y Gabriel Dorado⁴

¹ Autor para correspondencia, Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Perú) CE: <vivasa2401@yahoo.com>; ² Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Perú); ³ Dirección Desconcentrada de Cultura de La Libertad, Ministerio de Cultura (Perú) Independencia 572, Trujillo, Perú; ⁴ Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain)

Resumen

Mediante pruebas arqueológicas, zooarqueológicas y genéticas, se hace una revisión sobre el origen del Perro Sin Pelo Peruano (PSPP). Los análisis genéticos mediante ADN mitocondrial indican que comparte el haplotipo C16 con otros perros (Siberiano, Xoloitzcuintle y Chihuahua), lo que implica que dichas tres razas de perros nativos americanos descienden de perros siberianos. El gen *FOXI3* mutaría posteriormente, generando la enfermedad denominada Displasia Ectodérmica Canina (DEC) en el Xoloitzcuintle. Por otro lado, las tempranas relaciones culturales entre los antiguos mexicanos y las culturas andinas prehispánicas quedaron plasmadas en representaciones escultóricas (cerámica). Así, el Xoloitzcuintle llegó a territorio andino aproximadamente hace 3.500 años, siendo el ancestro del PSPP. Este último se adaptó al nuevo medio, habiéndose encontrado pruebas zooarqueológicas de cinofagia de esta raza de perro, especialmente en la costa norte peruana.

Palabras clave: Xoloitzcuintle, *FOXI3*, Displasia Ectodérmica Canina, cinofagia

Abstract

Through archaeological, zooarchaeological and genetic tests, a review is made to clarify the origin of Peruvian Hairless Dog (PHD). Genetic analyses by mitochondrial DNA indicate that the Siberian dog, Xoloitzcuintli, Chihuahua and PHD share the same C16 haplotype. This implies that the three American native dog breeds descend from Siberian dogs. Later on, the *FOXI3* gene mutated, generating the disease known as Canine Ectodermal Dysplasia (CED) in Xoloitzcuintli. On the other hand, early cultural relations between ancient Mexicans and prehispanic Andean cultures were embodied in sculptural representations (ceramics). Thus, Xoloitzcuintli arrived to Andean territory approximately 3.500 years ago, being ancestor of PHD. The latter adapted to the new medium, with zooarchaeological evidences of cynophagia of this dog breed, specially in the northern Peruvian coast.

Key words: Xoloitzcuintle, *FOXI3*, Canine Ectodermal Dysplasia, cynophagia

Introducción

Los estudios de ADN antiguo (ADNa) y moderno han demostrado que el perro (*Canis lupus familiaris*) es una especie domesticada a partir del lobo (*Canis lupus*). Estos análisis han incluido la secuenciación de genomas (Frantz et al. 2016). El llamado “Perro Sin Pelo Peruano” (PSPP) tiene piel con pelo escaso o ausente. Este fenotipo apareció en Perú hace aproximadamente 3.300 años, según lo indica un ceramio de filiación Cupisnique (ver pruebas escultóricas, abajo), que representa a PSPP, incluyendo perra amamantando sus cachorros. Dicha escena vuelve a repetirse en ceramios de posteriores culturas.

El Dr. Pedro Weiss, médico especialista en anatomía patológica y miembro de honor del Colegio Arqueológico de la Universidad Nacional de San Marcos (Perú), fue el primero que escribió con autoridad científica sobre el PSPP en el año 1970. El estudio de la historia natural del PSPP es una ciencia multidisciplinar, que abarca arqueología, historia y medicina. Asimismo, hay que añadir la genética molecular, biología evolutiva, zooarqueología y “cinología” (estudio de lo relativo a los cánidos y perros domésticos, derivado del término inglés “cynology”). Inicialmente, dicho perro fue considerado como una variante teratológica (malformación), en vez de raza en sentido zoológico estricto (Weiss 1970).

Sin embargo el cinólogo Ermanno Maniero consiguió que el PSPP fuera reconocido como raza por la Federación Cinológica Internacional (FCI) en el año 1985, ubicándose en el grupo V - Sección 6 - Tipo Primitivo, conjuntamente con el Basenji de África Central, Canaan de Israel, Pharaoh Hound de Malta y Xoloitzcuintle (también llamado Xolo) de México. Dicha clasificación fue validada el 8 de octubre del año 2012 (FCI, 2013). Este reconocimiento permitió que esta raza nativa de origen americano fuera revalorizada. No obstante, fue utilizada posteriormente sólo con fines de explotación comercial por los criadores. Así, no se tiene constancia de programas de identificación, conservación y protección de su biodiversidad.

En definitiva, el PSPP ha sufrido serios eventos de cuello de botella genéticos, que redujeron drásticamente su población y biodiversidad. Entre los factores implicados pueden citarse al menos tres: i) consumo de estos perros como alimento por parte de los habitantes de algunas localidades de la costa norte peruana (como sucede actualmente en algunos países orientales como China Corea y Vietnam); ii) perros mastines introducidos por los españoles tras el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, que fueron preferidos por la población, desplazando al PSPP; y iii) malas prácticas de los criadores tradicionales, reduciendo la biodiversidad en una población pequeña en peligro de extinción. En la práctica, la ignorancia sobre la mejora genética y el modo de obtener una raza pura saludable, así como el deseo de maximizar el rendimiento económico de los criadores, llevó a la consanguineidad.

Dicha erosión de diversidad genética fue similar a la sufrida por el Bulldog Inglés, que actualmente se encuentra en peligro de extinción. Por otro lado, en relación al primer factor, sería interesante investigar si dicha

costumbre de consumir carne de perro en alimentación humana procede de los colonizadores iniciales de América, que, curiosamente, como es sabido, son de origen asiático.

Existe un ejemplo práctico ilustrativo del desconocimiento sobre biodiversidad y mejora genética por parte de los criadores tradicionales del PSPP. Estos perros presentan displasia ectodérmica canina (DEC), caracterizada además de lo indicado anteriormente, que les da su nombre, por tener dientes anormales, ausencia de incisivos y premolares, siendo a veces desdentados. Por otro lado, presentan defectos en las escasas glándulas sudoríparas que tienen los perros (localizadas, sobre todo, en las almohadillas de las patas). Como consecuencia, estos perros no sudan. Asimismo, tienen uñas defectuosas y carecen de canal auditivo externo. Se trata de una enfermedad monogénica autosómica semidominante ligada al cromosoma 17 (CFA 17). Ello se debe a una mutación (duplicación de siete pares de bases (pb) en el exón 1) en el gen codificante de la proteína (factor de transcripción) I3 de caja de “cabeza de sardé” (*FOXI3*; del inglés, “forkhead box protein I3”), que causa pérdida de pelo en heterocigosis. La homocigosis es letal durante embriogénesis, abortando de forma natural (Drögemüller et al. 2008; van Steenbeek et al. 2016).

Los individuos con pelo (homocigotos no mutantes para el gen *FOXI3*) aparecen con una frecuencia de 1/4 en los cruces entre PSPP, según las leyes de Mendel, pero eran rechazados por las personas como perros de compañía, o para otras actividades. Desgraciadamente fueron sistemáticamente eliminados debido a la ignorancia de los criadores al respecto, erosionando así el acervo genético (polimorfismo) de esta raza. Ello, junto a la consanguineidad en los cruces dentro de poblaciones muy reducidas de PSPP, agravó todavía más la pérdida de biodiversidad, generando descendencia con alta homocigosidad, débil y enfermiza. Todo ello representó un serio lastre que se transmitió a la descendencia, con difícil solución en la actualidad, dada la reducida población del PSPP y su baja biodiversidad para poder seleccionar reproductores diversos y sanos que generen descendientes PSPP.

La inscripción e inclusión de la variedad con pelo en el estándar del PSPP (estándar publicado en 2012 en la FCI) sugiere llevar a cabo programas de mantenimiento y mejora de su biodiversidad (cruce con PSPP de variedad con pelo). En ese sentido, conviene recordar algunos aspectos básicos de la obtención de razas puras. Así, cuando se parte de grandes poblaciones con amplia biodiversidad, el procedimiento recomendado consiste en cruzar de forma consanguínea a individuos con fenotipo deseado. Ello incluye el retrocruzamiento (cruce de un descendiente híbrido de primera generación con uno de los padres), cruzamientos entre hermanos o parientes cercanos, etc. De este modo –si no se abusa de dicha metodología en intensidad y tiempo, y se usan poblaciones suficientemente grandes y diversas– se puede conseguir el fenotipo deseado, sin poner en riesgo la viabilidad de la raza pura, aunque, obviamente, a costa de reducir algo su biodiversidad (por definición de raza pura).

Sin embargo, cuando el número de individuos y biodiversidad son escasos, tales poblaciones pueden encontrarse por definición en peligro de extinción. En tales casos, se recomienda cruzar los ejemplares disponibles con otros (lo más alejados o diferentes posible, con lo que se supone que son más diversos genéticamente), aunque su fenotipo no sea el óptimo desde el punto de vista de la raza pura deseada. El objetivo es incrementar urgentemente la heterocigosidad, y por tanto la biodiversidad de la descendencia. Sólo cuando la población se encuentre fuera de peligro de extinción sería recomendable realizar cruzamientos más selectivos, a fin de obtener y fijar la raza pura deseada. En este sentido, las razas puras pueden considerarse aberraciones o al menos anécdotas desde el punto de vista de la naturaleza. Curiosamente, la selección natural puede actuar a veces de este modo. Ello puede suceder en ambientes que no cambian o lo hacen poco durante mucho tiempo. El peligro de tal situación es la extinción de dichos individuos si las condiciones ambientales cambian de forma brusca, o no suficientemente lenta, como para permitir la mutación, adaptación y selección natural a las nuevas condiciones. La historia de la biodiversidad en el planeta Tierra está llena de estos ejemplos. De hecho, se calcula que se han extinguido el 99% de todas las especies que han existido en dicho planeta (Dorado et al. 2010).

Esta revisión muestra el origen del PSPP basada en estudios genético-moleculares con ADN mitocondrial (Vilá et al. 1999; Leonard et al. 2002, Asch et al. 2013), morfología craneal y dentición (Wayne 1986; Urbano 2007). Asimismo, se analizan pruebas zooarqueológicas (Vásquez y Rosales 1991) e indicios escultóricos de ceramios de ocho culturas que florecieron en la costa peruana, especialmente en la norte. El objetivo de esta revisión es colocar al PSPP como un representante del patrimonio genético del Perú, teniendo en cuenta que es una raza nativa americana que tiene aproximadamente 3.300 años de existencia en nuestro territorio, y que conjuntamente con el Xoloitzcuintle y el Chihuahua de México, comparten relaciones genéticas que han permitido conocer otra vía de las relaciones culturales prehispánicas entre las culturas mexicanas y peruanas.

Pruebas arqueológicas

Los restos de Xoloitzcuintle más antiguos conocidos (1.500 años) fueron encontrados en Guadalupe (Michoacán, México) (Valadez y Mestre 2007, Valadez et al. 2009). Ello deja un vacío en el registro zooarqueológico de este perro en México, lo cual no es sorprendente (es sabido que dicho registro es incompleto). Los datos disponibles indican que el occidente de México fue el sitio de origen de la raza, dispersándose posteriormente hacia el centro y la región maya (Valadez y Mestre, 2007). Los estudios osteométricos indican que los ancestros de Xoloitzcuintle pueden clasificarse en dos tallas. Una estaría compuesta por individuos de cuerpo mediano y cabeza robusta. La otra tendría cuerpo pequeño, con una alzada de unos 40 cm. El análisis de la dentición de ambas tallas reveló tres pares de incisivos (I1-I2-I3), un par de caninos (C1), un par de premolares (P4) y tres pares de molares (M1-M2-M3), para el caso de las mandíbulas o maxilares inferiores (Valadez et al. 2009).

Posiblemente, el Xoloitzcuintle fue llevado por los antiguos aztecas desde territorio mexicano al andino, hace unos 3.300 años o más, durante contactos culturales entre Mesoamérica y Sudamérica. Así lo sugieren pruebas escultóricas como ceramios de la cultura Cupisnique. Entre ellos se encuentran el llamado “contorsionista de Puémape”, que pudiera representar a una persona con algún síndrome de hiperlaxitud ligamentosa, entre los que se encuentra el de Ehlers-Danlos u “hombre elástico o de goma”, provocado por defecto en la síntesis del colágeno (Figura 1). Asimismo, otro ceramio que representa a PSPP, incluyendo una perra amamantando a sus cachorros (Figura 2). Ambos son pruebas de la exactitud y creatividad de los artistas de la época para representar la realidad.



Figura N° 1: Ceramio de la cultura Cupisnique (ca. 1300 - 800 años c.C.) mostrando a un contorsionista. Créditos: Fotografía de la Colección del Museo de Arte de Lima (Perú), tomada de “Antiguo Perú” <<http://www.antiguoperu.com/2014/01/los-misteriosos-contorsionistas.html>>.

Se han encontrado otras vasijas representando al contorsionista. Una de ellas carece de contexto; posiblemente procede de la caleta Puémape (San Pedro de Lloc, La Libertad). Ésta representación se aprecia en ceramios de la cultura Tlatilco, de la meseta del Anahuac en México, que es del período Pre-Clásico mexicano. Por tanto, se trata de la misma época que la del vaso Cupisnique anteriormente comentado, y también tiene los pies sobre la cabeza. La otra vasija de contorsionista es una pieza del Museo Nacional de Quito, perteneciente a la cultura Chorrera, del formativo ecuatoriano, también de la misma época en que se desarrolló Cupisnique (Elera 1993).

Es del todo probable que estas vasijas prueben los primeros contactos entre los aztecas y las culturas del formativo medio sudamericanas de Ecuador y Perú. Curiosamente, no se han encontrado representaciones de contorsionistas en posteriores culturas, sugiriendo su posible origen como mutación genética con escasa prevalencia en dichas poblaciones. Por otro lado, la morfología de la escultura que representa el ceramio Cupisnique corresponde a la raza PSPP. Asimismo, los registros arqueobotánicos para el área andina han mostrado la presencia de restos macrobotánicos de maíz (*Zea mays*) de unos 1.500 años a. de C. (Bird 1990). Por tanto, los contactos entre las culturas aztecas y las del formativo medio andino, hace unos 3.500 años, debieron traer tanto el Xoloitzcuintle como el maíz. Este último había sido domesticado en México a partir del teosinte.



Figura N° 2: Vasija escultórica Cupisnique (ca. 1300 - 800 años a. C.) representando perros sin pelo. Nótese la superficie del cuerpo, orejas y ojos. La hembra está amamantando a los cachorros, que también presentan la particularidad de ausencia de pelo. Créditos: Paúl, El orgullo de ser peruano - El perro peruano <<http://gilbertpaulmora.blogspot.pe/2011/05/el-perro-peruano.html>>.

Por tanto, una primera colonia fundadora del Xoloitzcuintle habría arribado aproximadamente hace 3.500 años a territorio prehispánico peruano. Este perro tan peculiar habría tenido una acogida similar al que tuvo en el México prehispánico, debido a sus peculiaridades morfológicas y el culto al perro (cinolatría) en dichas culturas. Se supone que una colonia fundadora fue el origen del PSPP, formándose esta nueva raza primitiva en territorio peruano. El aislamiento geográfico debió facilitar la deriva genética. De este modo, se debieron producir nuevas mutaciones genéticas, que provocaron cambios en el fenotipo. Finalmente, el nuevo perro que comenzó a vivir en territorio andino se diferenció de su ancestro el Xoloitzcuintle.

Los indicios prehispánicos escultóricos (representaciones cerámicas) muestran que se mantuvo la cinolatría inicial que se practicaba en el México

prehispánico. Dicha práctica se mantendría en culturas prehispánicas posteriores, incluyendo México y la costa norte de Perú (Cordero 2001). Dicha práctica religiosa está vinculada a los muertos. De ahí que se enterraran con los cadáveres estatuillas o imágenes de cánidos (Cordero 2001). Así, la tumba del Viejo Señor de Sipán contenía varias vasijas con representaciones de la cabeza de este perro (Alva 1994).

Otra hipótesis defiende que el PSPP ya estaba viviendo en Perú entre 100 a 700 años después de Cristo (d. de C.), en tiempos de la época Mochica. El indicio más temprano de representación del PSPP sería una botella de dicha época de color crema y negro, datada 750 años d. de C. Muestra a un perro negro, huesudo y con arrugas. Estos perros habrían aparecido repentinamente en Perú prehispanico como resultado de una mutación genética independiente. Posiblemente, sus ancestros fueron traídos de México en algún momento del siglo VIII. Ello pudo ser favorecido por los contactos entre Perú y México, lo cual está apoyado por las características comunes existentes en la fabricación de metales entre ambos territorios, unos 700 años antes de la llegada de Cristóbal Colón (Cordy-Collins 1994).

Sin embargo, dicha hipótesis parece poco plausible, ya que es altamente improbable que se repita por azar la mutación genética causante de esta raza en dos áreas geográficas distintas. Así, como se ha indicado anteriormente, existe un ceramio representando a este perro sin pelo antiguo, cuya filiación es la época Cupisnique (ca. 1.300 años a. de C.). Por lo tanto, éste sería el indicio más antiguo, según los datos disponibles actualmente. De hecho, los contactos culturales entre México y Perú tienen una antigüedad posiblemente mayor a los 3.300 años, que es la fecha con indicios escultóricos de esta raza en territorio antiguo de Perú.

Si la interpretación de las pruebas existentes es correcto, habría que re-evaluar la antigüedad del Xoloitzcuintle en territorio mexicano. Se ha considerado una antigüedad de 3.000 a 2.000 años para dicho perro, en base a restos óseos y representaciones escultóricas. Afortunadamente, Raúl Valadez, experto en caninos domésticos, está realizando el proyecto "Genealogía y desarrollo de la especie *Canis lupus familiaris* en Mesoamérica". Fue aprobado por el Consejo Nacional de Arqueología en 2001. De este modo, se podrá acceder a todas las colecciones de arqueofauna de México, con el fin de estudiar los restos de cánidos desde una perspectiva multidisciplinaria. Los resultados que aporte este proyecto deben contribuir a un mejor conocimiento del registro zooarqueológico de esta raza de perro y su antigüedad. Dicho estudio debería realizarse también en territorio andino, a fin de tratar de completar los vacíos del registro zooarqueológico y así tener un mejor conocimiento de la antigüedad de esta raza.

Pruebas zooarqueológicas

Los restos más antiguos de perro doméstico para el área andina proceden de Los Toldos en Telarmachay (6.000 a 5.000 años a. de C.), siendo perros con pelo (Schwartz 1997). Por otro lado, se han estudiado registros zooarqueológicos del PSPP en la costa peruana. Los de Huaca Uno, en el sitio

arqueológico de Túcume (departamento de Lambayeque, Perú), datan de hace unos 600 años (época Chimú). La colección ósea de diversos vertebrados de dicha colección permitió la identificación de huesos de *Canis lupus familiaris*. Curiosamente, se caracterizaban por la ausencia de la serie premolar en las mandíbulas.

Estos análisis fueron realizados por los dos primeros autores de este trabajo, entre los años 1990 y 1991, por encargo del Museo Kon-Tiki (Oslo, Noruega), dirigido entonces por el biólogo noruego Thor Heyerdhal. Los resultados fueron sorprendentes. Así, los restos de camélidos representaban las preferencias de consumo, seguidas de cérvidos, cuyes y lobos marinos en las colecciones de otros sitios arqueológicos de la costa norte de Perú. Sin embargo, en este caso, los restos del PSPP predominaban sobre los restos de camélidos.

Ello sugiere una dieta predominantemente de perros en los antiguos pobladores prehispánicos de Túcume. Dicha cinofagia posiblemente tuvo continuidad hasta la conquista española, o incluso posteriormente. Se encontraron 480 huesos de cánidos. Se obtuvieron perfiles etarios a partir de la ausencia o presencia de fusión de los huesos post-craneales. De este modo se identificaron individuos tiernos, jóvenes y adultos. El hueso más frecuente fue el húmero, siendo algunos ejemplares de ellos curvos y pequeños. Ello sugiere que dichos perros podrían presentar acondroplasia. Algunos huesos presentaban ruptura intencional, posiblemente para extraer la médula (14.8%). Otros estaban quemados (3.54%), sugiriendo una preparación culinaria para el consumo. Las huellas de cortes (presentes en el 4.39%) y mordisqueo en los huesos apoyan dicha hipótesis. La vértebra atlas (cara ventral) presentó la mayor frecuencia de cortes, lo que sugiere una matanza por degüello ventral. El análisis zooarqueológico mostró que estos perros debieron ser consumidos cuando tenían entre cuatro a seis meses. La región del cuerpo con mayor preferencia de consumo fueron las extremidades traseras lo cual es lógico, al presentar las mayores cantidades de carne. (Vásquez y Rosales 1991). La colección de estos huesos se distribuyó en cuatro unidades de excavación (IA a ID), más una denominada apéndice. Los resultados se muestran en la Tabla 1 (Vásquez y Rosales 1991).

Tabla N° 1: Características tafonómicas de huesos de *Canis familiaris* (raza PSPP). Se trata de muestras procedentes de Túcume de la época Chimú, hace 600 años (Vásquez y Rosales, 1991).

Sector	Estado de los restos óseos								Total de la Muestra
	Ruptura Intencional (Ri)		Lixiviados Fracturados (LFE) Erosionados		Quemados (Q)		Completo (Cpl)		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	
I A	17	8,63	60	30,46	10	5,07	110	55,84	197
I B	10	10,75	30	32,26	3	3,23	50	53,76	93
I C	35	36,08	20	20,62	2	2,06	40	41,24	97
I D	6	12,00	24	48,00	2	4,00	18	36,00	50
Apéndice	3	6,98	15	34,88			25	58,14	43
Totales	71	14,80	149	31,04	17	3,54	243	50,62	480

Otros hallazgos de restos óseos de PSPP en los contextos prehispánicos están detallados sólo en forma de noticias en medios de

comunicación, sin el correspondiente respaldo de estudios zooarqueológicos. Así, el Instituto Nacional de Cultura encargó al arqueólogo Luis Yépez una evaluación en el complejo arqueológico Chusis en Sechura (departamento de Piura, Perú), en el año 1989. Las excavaciones correspondían a una cultura que tuvo su inicio hacia 100 años a. de C. Ello fue motivado por el descubrimiento de vestigios de dicha cultura, registrándose 37 tumbas. Éstas contenían restos de adultos y niños, con mutilaciones en las extremidades posteriores. Dos entierros incluían perros viringos, que es un nombre con el que también se identifica al PSPP. Serían, por tanto, los restos más antiguos de PSPP en territorio peruano, si se confirman dichos datos. Así, tendrían una antigüedad aproximada de 2.000 años. Ello indicaría que las zonas calurosas de Piura y Lambayeque habrían sido los hábitats predilectos de este perro en tiempos prehispánicos. Ello quedaría así confirmado tanto por tales indicios, tanto escultóricos como zooarqueológicos.

Por otro lado, existen pruebas de consumo de *Canis lupus familiaris* en el sitio Pampa Grande (departamento de Lambayeque), correspondiente a la época Moche Tardío (570 a 670 años d. de C.). Así, se encontraron huesos de perros domésticos en la colección ósea obtenida de dicho lugar, con predominio de restos de camélidos, como "llama" (*Lama glama*) y "alpaca" (*Vicugna pacos*). No obstante, el estudio zooarqueológico no indica si se trata del PSPP. Se indicó la presencia de marcas de carnicería en los huesos, lo que sugiere que los perros fueron consumidos (Shimada y Shimada 1981).

De un total de 4.002 huesos de camélidos y perros, el 3% y 7% tenían huellas de cortes por carnicería en camélidos y perros, respectivamente (Schwartz 1997). Este indicio de cinofagia es el segundo publicado a nivel zooarqueológico para otro sitio del departamento de Lambayeque. Ello lo sitúa como un sitio de la costa norte de Perú con una larga tradición en el consumo de perros, entre los que se encuentra el PSPP. La cinofagia en el Perú prehispánico, según Weiss (1970), fue practicada por los Huanta, una cultura andina que tuvo auge entre los siglos II y V. Curiosamente, hacían bocinas con los cráneos de los perros que comían, considerando que su sonido tenía propiedades mágicas. Dicho autor indica, además, que los Chimú hicieron estos mismos instrumentos óseos, lo cual podría ser la causa de la ausencia de cráneos del PSPP en los yacimientos arqueológicos.

Pero los indicios más populares de cinofagia por culturas prehispánicas peruanas corresponden a los Huancas. Se trata de un grupo étnico conocido desde 1.000 a 1.460 años d. de C. Habitaban en las provincias actuales de Jauja, Concepción y Huancayo (Perú) (Weiss 1970). Según Guamán Poma (1956), "Los indios Uancas, Xauxa, Hanan Uanca y Lurin Uanca hacían sus sacrificios de perros, porque se alimentaban con estos animales, con coca, diversas comidas y sangre de noche". El relato de la leyenda culmina indicando una terrible rebelión, donde todos los enseres adquirieron vida y se levantaron para vengarse del hombre por el trato recibido. Los perros tomaron parte de la rebelión y dijeron que probarían sus dientes por no haberles proporcionado comida (Guamán Poma, 1956). Sin embargo, estos relatos no están respaldados por estudios zooarqueológicos. Pero los indicios de la crónica siguen indicando prácticas de consumo de perros. Según las pruebas

más antiguas que se han publicado para la época Mochica en el sitio Pampa Grande, tienen una tradición prehispánica de más de 2.000 años. Aparte de lo que haya sucedido en el formativo medio (hace 3.300 años), donde se ha encontrado el primer indicio del PSPP. Los restos más antiguos de perro doméstico que están estimados para el área andina, proceden de Los Toldos en Telarmachay (6.000-5.000 años a.C.) y son de perros con pelo (Schwartz 1997).

Pero, igual que sucede en la historia antigua de México, ¿por qué no hay registros detallados de restos del PSPP en los yacimientos arqueológicos de la costa y sierra peruana? Las respuestas parecen obvias. Por un lado, los estudios zooarqueológicos detallados en Perú se inician con el aporte de Jane Wheeler, Elizabeth Wing y George Miller en la década de los años 80. Sin embargo, no han tenido continuidad y rigor posteriormente. Los que se dedican actualmente a estudios zooarqueológicos no suelen tener una formación adecuada, experiencia y conocimientos multidisciplinarios. Ello es preocupante, ya que la historia generada a partir de tales estudios es propensa a tergiversarse peligrosamente. Dicha deriva puede comprobarse en publicaciones recientes de arqueólogos aficionados a la ictioarqueología de la costa del Perú. Por otro lado, hay que añadir que no todos los proyectos de investigación arqueológica analizan los materiales zooarqueológicos encontrados. De este modo, se puede perder valiosa información, que pasa a los almacenes. En este contexto es importante comenzar lo que Raúl Valadez inició en 2001 en México. Así, se trata de rescatar la mayor cantidad posible de información sobre el PSPP que inicialmente colonizó territorio peruano, hace aproximadamente 3.500 años.

Pruebas escultóricas (representaciones en ceramios)

Las representaciones de animales en el arte indígena prehispánico va más allá del aspecto formal (Lira 1997: 126, 129) y se sustenta en el contenido y simbolismo de aquellos; por lo cual consideramos que ello es aplicable a la cerámica escultórica de la costa de los Andes Centrales donde ha sido plasmado el Perro Sin Pelo Peruano (PSPP), tema que no puede ser vinculado a la vida cotidiana de estas antiguas sociedades.

En Mesoamérica el valor simbólico del perro está asociado a hechos relevantes de la vida como: alimento, ofrenda, acompañante de los muertos, medicina, ritualidad, sexualidad, entre otros (Valadez y Mestre 2007: 25-27; Giral 2010: 79, 80; Mendoza y Valadez 2006). Además de las evidencias arqueológicas que mencionamos anteriormente para Pampa Grande y Túcume, también existen referencias etnohistóricas, relativas al Perú, acerca del consumo de carne de perro en la sierra central y la costa (Osorio y Gálvez s/f: 68-69; Guamán Poma 1956: citado por Weiss 1970), así como acerca de sus propiedades medicinales en pueblos contemporáneos (Osorio y Gálvez s/f: 70, 71; Weiss 1970).

Sin embargo, en cuanto corresponde al Área Andina, debemos destacar la consideración a este animal como guía de los muertos a su morada definitiva, según los datos etnohistóricos y etnográficos (Osorio y Gálvez s/f:

68; García 2009: 7, 12). Por consiguiente, es del todo probable que la asociación de cerámica escultórica con representaciones del PSPP a otros bienes como parte de las ofrendas en honor de los muertos, esté relacionada también a esta creencia.

La cronología de las representaciones de PSPP en los Andes Centrales está documentada entre ca. 1.300 años a. de C. y el siglo XV de nuestra era, y corresponde a recipientes de cerámica de las culturas Cupisnique (Figura 2), Salinar (Figura 3), Vicús (Weiss 1970), Mochica (Figura 4), Chancay (Weiss 1970: Lámina I: b, c, d; Lámina II: a, b); Casma (Figura 5), Lambayeque (Figuras 6 y 7), Chimú (Figuras 8 y 9) y Chimú Inca (Figuras 10 y 11) lo cual demuestra la presencia recurrente de estas representaciones a través del tiempo, la continuidad de los valores simbólicos del PSPP en la cosmovisión andina.



Figura N° 3: Perros sin pelo humanizados. Cultura Salinar (Museo de Sitio de Chan Chan, Trujillo-Perú).



Figura N° 4: Perro sin pelo alimentándose. Cultura Mochica (Museo Larco, Lima-Perú).



Figura N° 5: Perro sin pelo alimentándose. Cultura Casma (Museo Larco, Lima-Perú).



Figura N° 6: Perro sin pelo hembra amamantando a sus crías, Cultura Lambayeque (Museo de Arqueología, Antropología e Historia, Universidad Nacional de Trujillo, Perú)



Figura N° 7: Perro sin pelo con órgano genital prominente. Cultura Lambayeque (Museo Arqueológico Nacional Brüning, Lambayeque-Perú).



Figura N° 8: Perro sin pelo en movimiento. Cultura Chimú (Museo de Sitio de Chan Chan, Trujillo-Perú)



Figura N° 9: Perro sin pelo sentado. Cultura Chimú (Museo de Sitio de Chan Chan, Trujillo-Perú).



Figura N° 10: Perro sin pelo asociado a un cuenco. Chimú-Inca (Museo Larco, Lima-Perú).



Figura N° 11: Perro sin pelo en reposo. Chimú-Inca (Museo Larco, Lima-Perú).

Entre las imágenes figurativas de PSPP se reconocen individuos solitarios, en apareamiento y, en el caso de las hembras, amamantando sus crías. Sin embargo, existen representaciones estilizadas, que mantienen rasgos esenciales suficientes para atribuirlos a este animal. Entre estas últimas pueden estar incorporados atributos antropomorfos, que dan lugar a perros humanizados; hecho que acentúa su particular valor simbólico (Figura 12). Además, escenas poco frecuentes corresponden a la cópula del PSPP con el sapo (Figura 13), animal con propiedades benéficas asociado al pronóstico de lluvias, al agua y a la fertilidad (Espinosa [1996] 1998: 134, 142, 144, 145, 148, 149, 150, 152; De Bock 1988: 74), aunque también a propiedades maléficas (*Op. Cit.*: 139-142).



Figura N° 12: Perro sin pelo humanizado. Cultura Chimú (Museo de Sitio de Chan Chan, Trujillo-Perú).



Figura N° 13: Perro sin pelo apareado con un sapo. Chimú-Inca (Museo Arqueológico Nacional Brüning, Lambayeque-Perú).

En tal sentido, concordamos con la propuesta de Weiss (1970), referida a la relación de representaciones de PSPP amamantando (Figura 6) y con órganos genitales prominentes (Figura 7) con el agua y la fertilidad, lo cual es apoyada —en nuestra opinión— por la representación de PSPP asociados a recipientes abiertos exentos al cuerpo o con la cabeza proyectada hacia el interior de cuencos (Figura 10), cuya función en la vida real es la de portar líquidos. Esto es coherente con esta valoración específica del perro en Mesoamérica (Valadez y Mestre 2007: 26).

Pruebas genéticas

Se han utilizado secuencias de ADN mitocondrial (ADNmt) como relojes moleculares para determinar la primera domesticación del perro. Estas pruebas sugieren que los perros fueron domesticados hace más de 100.000 años (Vila et al. 1997). Sin embargo, el registro zooarqueológico no contiene indicios de perros domésticos antes de 15.000 años (Raisor 2004). Esta discordancia no es sorprendente, ya que tanto el registro de artefactos arqueológicos como el de material biológico (proteínas y ácidos nucleicos) son parciales. El perro es reconocido como el más antiguo de los animales domésticos. Además, es el único animal actual domesticado en las sociedades humanas antiguas de todos los continentes.

Los estudios previos de ADNmt han indicado el sur de Asia Oriental como el centro geográfico del origen del perro actual. Los perros americanos proceden de un ancestro del Viejo Mundo. De hecho, las muestras antiguas de perros de sitios arqueológicos precolombinos comparten los mismos haplogrupos de ADNmt con los del Viejo Mundo. Según los datos de que se dispone en la actualidad, el continente americano comenzó a ser colonizado por pueblos siberianos del sur (Asia del norte) vía estrecho de Behring hace por lo menos 15.000 años. Ello sucedió después a la desglaciación del corredor costero del Pacífico. Así, perros precolombinos debieron acompañar a paleoindios de origen asiático en sus expansiones a lo largo del continente americano, aunque no necesariamente en conexión con las primeras oleadas de seres humanos.

Las antiguas razas nativas americanas, como el perro indio liebre y el perro de osos Tahltan (Canadá), han desaparecido por la cacería de los aborígenes. Ello ha quedado confirmado por estudios de ADNmt de los perros actualmente supervivientes. Las razas árticas modernas que se consideran nativas y aún existen incluyen el perro de trineo Inuit, el esquimal canadiense, el de Groenlandia y el Malamute de Alaska. Según los estudios genéticos, están alejados de las razas Xoloitzcuintle, Chihuahua (Mesoamérica) y PSPP (Sudamérica), que se encuentran más al sur. Estudios recientes de ADNmt en perros precolombinos desde Alaska y Groenlandia han mostrado que las poblaciones antigua y moderna de perros de trineo Inuit en Groenlandia portan predominantemente el haplotipo A31.

Se trata de una característica exclusiva de las mismas, e indica una fuerte ascendencia local para este grupo de perros del Ártico. Los estudios de ADNmt de razas nativas de Mesoamérica y Sudamérica han mostrado que

compartían un mismo haplotipo (C16). Curiosamente dicha característica está presente en perros siberianos domésticos, que seguramente migraron con los paleoindios hacia el continente americano (Figura 14). La raza mexicana Chihuahua presenta un haplotipo denominado A185, al igual que en una muestra precolombina de México. Ello sugiere la ascendencia de Chihuahua de los perros del México antiguo (van Asch 2013).

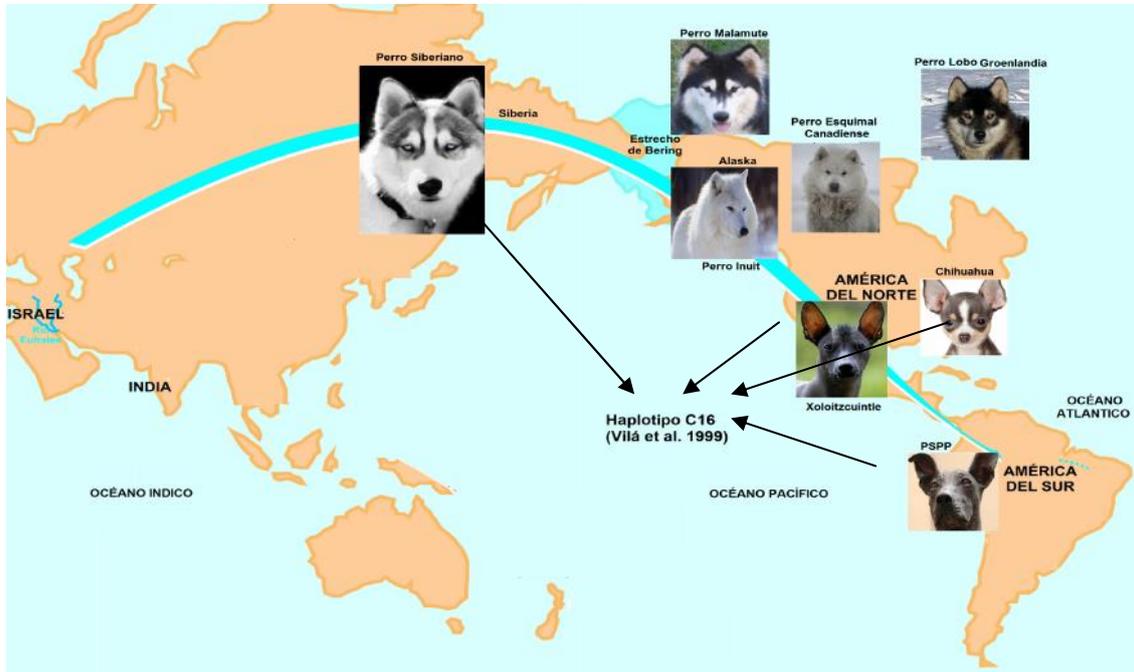


Figura N° 14: Relaciones genéticas entre perros siberianos y americanos. El haplotipo C16 de los perros domésticos siberianos es compartido por razas nativas mesoamericanas y sudamericanas, como Xoloitzcuintle, Chihuahua y PSPP. Adaptado de:
<http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/cs_sociales/090221_poblamiento/por_dnde_ingresaron.html>.

El estudio de van Asch et al. (2013) ha mostrado que el 79% de los haplotipos compartidos por Xoloitzcuintle es compartido por el PSPP. Por otra parte, 33 individuos de 53 PSPP tenían el haplotipo C16. Dicha característica es compartida con otras razas sin pelo, como Xoloitzcuintle, y otros con pelo como Chihuahua y Siberiano, estando ausente de muestras europeas. De hecho, no se encontraron haplotipos europeos, lo que valida su procedencia americana y origen nativo de linajes antiguos de Siberia-Asia.

Estos resultados sugieren que los paleoindios debieron colonizar América con sus perros domésticos siberianos hace unos 13.000 a 10.000 años. Un grupo debió dirigirse hacia el norte (Alaska y Canadá). Otro grupo debió bajar por Norteamérica, Mesoamérica y Sudamérica, según el registro zooarqueológico. De este modo, debieron originar las razas nativas de dichas regiones como indican las secuencias de ADNmt analizadas.

Los primeros restos de perros americanos fueron registrados en la Cueva del Jaguar de Idaho (EE.UU.), siendo datados de hace 10.400 a 11.500 años. Les siguen en antigüedad los de la Cueva Tecolote hace 5.500 años

(México). Probablemente, los perros domésticos siberiano-asiáticos debieron llegar a América hace unos 13.000 años, portando el gen mutante *FOXI3*. Las mutaciones en estos animales tienen un promedio de 300 a 600 generaciones. Si se considera que cada una son 20 años, la mutación debió aparecer hace 6.000 a 12.000 años. Probablemente aparecieron perros Xoloitzcuintle en algún lugar de Mesoamérica, hace unos 7.000 años. Hay que indicar que es altamente improbable que una misma mutación aparezca por azar de forma independiente en diferentes áreas geográficas, sugiriendo que el ancestro del PSPP sería el Xoloitzcuintle.

Fukuta et al. (1991) realizó estudios histológicos de la piel y órganos linfoides de perros derivados de la raza sin pelo mexicana. Observó que la piel de los cachorros recién nacidos constaba de una espesa epidermis con folículos pilosos rudimentarios. Pero los perros mayores de dos meses de edad tenían una epidermis delgada sin folículos pilosos o glándulas de la piel, excepto en las partes peludas. Por otro lado el órgano denominado timo era normal en los cachorros sin pelo recién nacidos, pero se había atrofiado en perros mayores. La acumulación de linfocitos fue pobre en el timo, así como en el bazo y ganglios linfáticos mesentéricos. Estas características se deben a que el alelo mutante del gen actúa a nivel de células madre embrionarias del ectodermo, que son las encargadas de diferenciarse en piel, huesos como la mandíbula sin la serie premolar (Figura 15), sistema nervioso y otros órganos importantes como las glándulas.



Figura N° 15: Mandíbula izquierda de PSPP. Se aprecia la ausencia de la serie premolar como consecuencia de mutación en el gen *FOXI3*. Créditos: colección moderna del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas (ARQUEOBIOS). © 2016 Víctor Vásquez Sánchez.

Esta mutación corresponde a un polimorfismo de un solo nucleótido (SNP; del inglés, "Single-Nucleotide Polymorphism"). Así, las pruebas de asociación de haplotipos han revelado que un haplotipo de ocho SNP de 160 kilopares de bases (kpb) corresponde con el fenotipo de perro sin pelo (Drögemüller et al, 2008). Este tipo de marcador molecular es importante en los estudios de ADN entre restos óseos de origen arqueológico de Xoloitzcuintle y el PSPP. Estudios realizados mediante tomografía axial computarizada (TAC) y autopsia de un PSPP que fue eutanasiado a la edad de cuatro semanas debido a defectos auditivos, confirmaron la ausencia de

conducto auditivo externo. Por otro lado, presentaba una pequeña cavidad timpánica en el lado derecho, con resto de anatomía auditiva normal (Figura 16). Esto indica que *FOXI3* también tiene un papel en la morfogénesis de las estructuras externas del oído (Hytönen, 2013), lo cual no es de extrañar, al tratarse de un factor de transcripción que puede tener efectos pleiotrópicos.

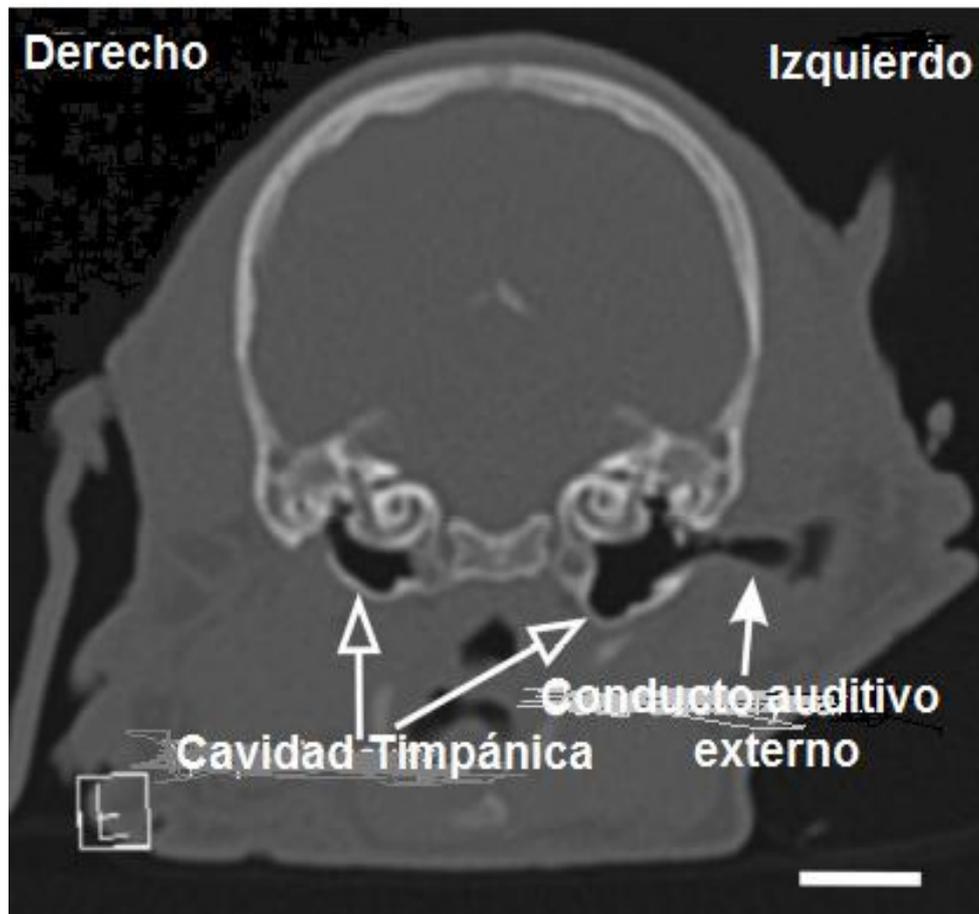


Figura N° 16: Estructura auditiva de PSPP joven. Se aprecia la pérdida del canal auditivo externo y reducción de la cavidad timpánica en el lado derecho del cráneo, al compararlo con la estructura normal en el lado izquierdo. TAC publicado por Hytönen (2013; Fig. 9, p. 44).

Los perros normales con pelo presentan canal auditivo externo (Figura 17). La TAC de la figura 16 corresponde a un individuo PSPP joven, mostrando la ausencia de uno de los dos conductos auditivos externos. Sin embargo, se ha observado la ausencia de ambos en la colección de referencia de PSPP analizada en este trabajo (Figura 18). Ello sugiere la existencia de distintos grados de penetrancia y expresividad fenotípica de esta característica. Todo ello refuerza la importancia de este rasgo en el análisis de cráneos de perros de origen arqueológico. Sería interesante realizar un estudio detallado de estos aspectos morfológicos en los ejemplares arqueológicos y vivientes de PSPP.

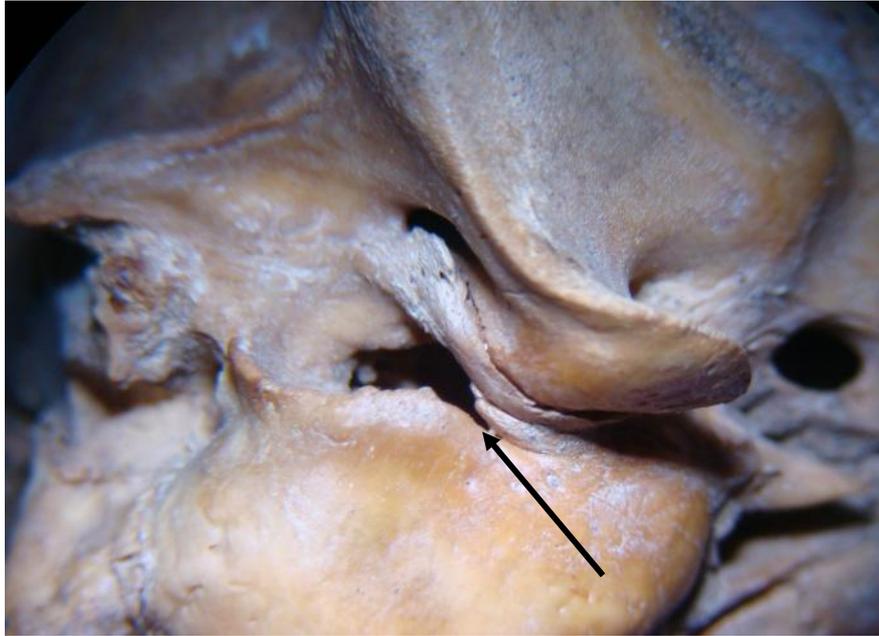


Figura N° 17: Presencia del canal auditivo externo (flecha) en la zona del temporal de un cráneo de perro con pelo. Créditos: Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-"ARQUEOBIOS" (2016) Víctor F. Vásquez Sánchez.

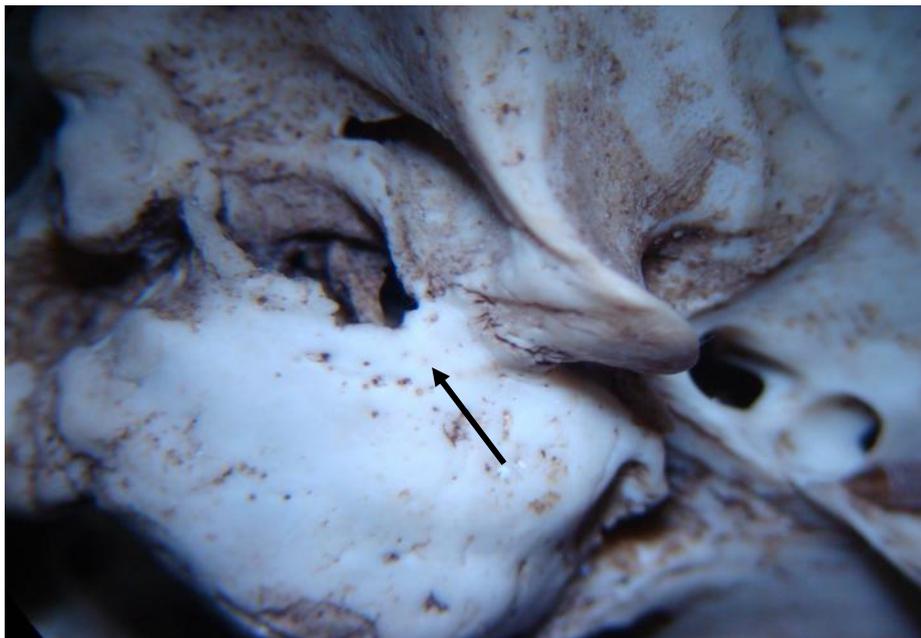


Figura N° 18: Ausencia del canal auditivo externo (flecha) en la zona del temporal de un cráneo del perro sin pelo peruano (PSP). Créditos: Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-"ARQUEOBIOS" (2016) Víctor F. Vásquez Sánchez.

Conclusiones. Los estudios realizados demuestran que el PSPP es un representante del patrimonio genético de Perú. Se trata de una raza nativa americana, que tiene aproximadamente 3.500 años de existencia en dicho país. Comparte relaciones genéticas con el Xoloitzcuintle y Chihuahua de México, y con perros siberianos. Las relaciones genéticas con el Xoloitzcuintle también han permitido conocer relaciones culturales prehispánicas entre las

culturas mexicanas y peruanas, por vías alternativas a las arqueológicas tradicionales. Los datos arqueológicos (representados en los ceramios desde la época Cupisnique hasta la época Inca) y genéticos sugieren que el PSPP sería resultado de aislamiento geográfico y deriva genética, a partir de una colonia fundadora que arribó a territorio prehispánico andino. No procedería por tanto de una nueva mutación surgida en dicho territorio. Por otro lado, se requiere implantar urgentemente un programa bien planificado de conservación, identificación de biodiversidad y mejora genética del PSPP. El objetivo es soslayar hasta cierto punto los efectos negativos de los cuellos de botella genéticos que ha sufrido dicha raza a lo largo de su milenaria historia. Si el programa tiene éxito, debe generarse una población de PSPP suficientemente grande y variada. Ello permitirá realizar programas de mejora más restrictivos, a fin de garantizar el mantenimiento y mejora de la raza, aprovechando su diversidad genética y así evitando su extinción.

Agradecimientos

Agradecemos al Sr. Pedro Santiago Allemant, el máximo representante peruano en la defensa del PSPP, quién ya ha realizado un documental sobre este perro y presentándolo a nivel mundial en varias ocasiones (un segundo documental del mismo tema esta en fase de producción). Agradecemos también al director del Museo Arqueológico Brüning, Arql. Carlos Wester La Torre y a la Arql. Maria del Carmen Espinoza por facilitarnos el estudio de los ceramios representando al PSPP. También agradecemos al Director del Museo de Arqueología de la UNT, Enrique Vergara y la Arql. María Isabel Paredes, por facilitarnos material para realizar este estudio. Este artículo ha sido financiado por el Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-"ARQUEOBIOS" con sede en Martínez de Compañón 430, Int. 100, Urbanización San Andrés I Etapa y Juan XXIII 212 Dpto. 402, Urbanización San Andrés.

Referencias Bibliográficas

- Alva, W. (1994): Sipán. Colección Cultura y Artes del Perú. Cervecería Backus y Johnston en la Cultura y Artes del Perú. 331 p.
- Bird, R. (1990): What are the chances of finding maize in Peru dating before 1000 B.C.?: Reply to Bonavia and Grobman. *American Antiquity*, 55 (4): 828–840.
- Cordero, M. (2001): Crónicas de Indias: Ganadería, Medicina y Veterinaria. *Junta de Castilla y León*. Consejería de Educación y Cultura. Estudios de Historia de la Ciencia y de la Técnica Número 18. 302 pp.
- Cordy-Collins, A. (1994): An Unshaggy Dog Story. *Natural History* 103:34-41.
- De Bock, E. (1988): Moche: gods, Warriors and priests. Rijksmuseum voor Volkenkunde. Leiden.
- Dorado, G., Rey. I., Rosales. T.E., Sánchez-Cañete, F.J.S., Luque, F., Jiménez, I., Morales, A., Gálvez, M., Sáiz, J., Sánchez, A., Hernández, P., Vásquez, V.F. (2010): Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.

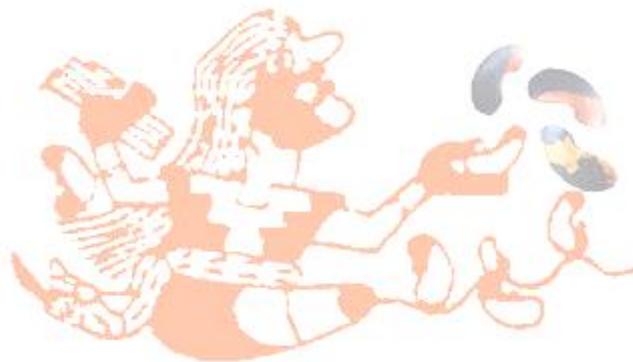
- Drögemüller, C., Karlsson, E.K., Hytonen, M.K., Perloski, M., Dolf, G., Sainio, K., Lohi, H., Lindblad-Toh, K., Leeb, T. (2008): A mutation in hairless dogs implicates *FOXI3* in ectodermal development. *Science* 321, 1462.
- Elera, C. (1993): El complejo cultural Cupisnique: Antecedentes y desarrollo de su ideología religiosa. En: Y. Onuki y L. Millones. eds. *El mundo ceremonial Andino* Senri Ethnological Studies 37, pp. 229-257. Osaka: National Museum of Ethnology.
- Espinosa, G. [1996] 1998: LLari y Jampa'tu. Ritual de lluvia y simbolismo andino en una escena de arte rupestre de Ariqueña 1. Norte de Chile. *Chungará* 28 (1 y 2): 133-157.
- FCI (2013): Estándar-FCI N° 310: Perro Sin pelo del Perú. FEDERATION CYNOLOGIQUE INTERNATIONALE (AISBL) SECRETARIAT GENERAL: 13, Place Albert 1 B – 6530 Thuin (Belgique).
- Frantz, L.A., Mullin, V.E., Pionnier-Capitan, M., Lebrasseur, O., Ollivier, M., Perri, A., Linderholm, A., Mattiangeli, V., Teasdale, M.D., Dimopoulos, E.A., Tresset, A., Duffraisse, M., McCormick, F., Bartosiewicz, L., Gál, E., Nyerges, É.A., Sablin, M.V., Bréhard, S., Mashkour, M., B I escu, A., Gillet, B., Hughes, S., Chassaing, O., Hitte, C., Vigne, J.D., Dobney, K., Hänni, C., Bradley, D.G., Larson, G. (2016): Genomic and archaeological evidence suggest a dual origin of domestic dogs. *Science* 352: 1228-1231.
- Fukuta, K., Koizumi, N., Imamura, K., Goto, N., Hamada, H. (1991): Microscopic observations of skin and lymphoid organs in the hairless dog derived from the Mexican hairless. *Jikken Dobutsu* 40: 69-76.
- García Escudero, M. (2009): El mundo de los muertos en la cosmovisión centroandina. *Gazeta de Antropología* 25(2), artículo 51: 1-17.
- Giral, N. (2010): Las representaciones iconográficas de cánidos prehispánicos en el acervo de la Fundación Cultural Armella Spitalier. *Anales del Museo América* 18: 79-98.
- Guamán Poma, A. (1956): "La Nueva Crónica y buen gobierno". Editorial Cultura, Lima 1956, Tomo I, Página 190.
- Hytonen, M. (2013): Genetic characterization of congenital defects in dogs: Caudal Dysplasia, Ectodermal Dysplasia and Mucopolysaccharidosis VII. ACADEMIC DISSERTATION. Faculty of Veterinary Medicine of the University of Helsinki, University Main Building, September 2013. 67 pp.
- Leonard, J.A., Wayne, R.K., Wheeler, J., Valadez, R., Guillén, S., Vila, C. (2002): Ancient DNA evidence for Old World origin of New World dogs. *Science* 298, 1613-1616.
- Lira, C. (1997): El animal en la cosmovisión indígena. *Aisthesis* 30: 125-142.

- Mendoza, V., Valadez, R. (2006): El perro prehispánico andino: función y tipos a partir del análisis zooarqueológico. <https://www.researchgate.net/publication/304839640>
- Osorio, J. y Gálvez R. (s/f): El viringo, el perro sin pelo del Perú. Patrimonio nacional peruano / The viringo, the Peruvian dog without hair. National Peruvian heritage. Revista de Arquitectura 2 (1): 57-82. UNIFE. <http://www.unife.edu.pe/facultad/arquitectura/1/57.pdf>
- Raisor, M.J. (2004): Determining the antiquity of dog origins: Canine domestication as a model for the consilience between molecular genetics and archaeology. A Dissertation by Michelle Jeanette Raisor. Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. 289 pp.
- Schwartz, M. (1997): *A history of dogs in the early Americas*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Shimada, M., Shimada, I. (1981): "Explotación y Manejo de los Recursos en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico". *Revista del Museo Nacional*. Tomo XLV, pp. 19-73.
- Urbano, I. (2007): Contribución al estudio de la dentición del perro sin pelo del Perú. *Ciencia y Desarrollo* Vol. 8 (2007).
- Valadez, R., Blanco, A., Rodríguez, B., Götz, C. (2009): Perros Pelones del México Prehispánico. *Archaeobios* 3 (1): 5-19
- Valadez, R., Mestre, G. (2007): *Xoloitzcuintle. Del enigma al siglo XXI*. Artenación. Editores e Instituto de Investigaciones Atropológicas UNAM. México.
- van Asch, B., Zhang, A., Oskarsson, M., Klutsch, Amorim, A., Savolainen, P. (2013): Pre-Columbian origins of Native American dog breeds, with only limited replacement by European dogs, confirmed by mtDNA analysis. *Proc. R. Soc B* 280:2013.1142
- van Steenbeek, F.G., Hytönen, M.K., Leegwater, P.A., Lohi, H. (2016): The canine era: the rise of a biomedical model. *Anim Genet* 47: 519-527.
- Vásquez V., Rosales T. (1991): Análisis de Material Orgánico No Humano. Informe Final presentado al Proyecto Arqueológico Túcume. Informe mecanografiado, 98 páginas.
- Vila, C., Savolainen, P., Maldonado, J.E., Amorin, I.R., Rice, J.E., Honeycutt, R.L., Crandell, K.A., Lundeberg, J., Wayne, R.K. (1997): Multiple and Ancient Origins of the Domestic Dog. *Science* 276: 1687-1689.

Vila, C., Maldonado, J.E., Wayne, R.K. (1999): Phylogenetic Relationships, Evolution, and Genetic Diversity of the Domestic Dog. *J Heredity* 90 (1): 71-77.

Wayne, R.K. (1986): Cranial morphology of domestic and wild canids: the influence of development on morphological change. *Journal of Morphology* 187: 301 - 319.

Weiss, P. (1970): El perro peruano sin pelo (Perro Chino, Viringo, Ccala o Ccalato). *Acta Herediana* 3 (1): 33-54.



Sequencing ancient RNA in bioarchaeology - Review

Gabriel Dorado ¹, Fernando Luque ², Plácido Pascual ³, Inmaculada Jiménez ⁴, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete ⁵, Margarita Pérez-Jiménez ¹, Patricia Raya ⁶, Jesús Sáiz ⁷, Adela Sánchez ⁷, Jesús Martín ⁸, Teresa E. Rosales ⁹, Víctor F. Vásquez ¹⁰, Pilar Hernández ¹¹

¹ Author for correspondence, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), eMail: <bb1dopeg@uco.es>; ² Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ³ Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 14004 Córdoba; ⁴ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁵ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena (Córdoba); ⁶ Jefe de Servicio de Protección Radiológica, Colonia San José N° 4 Planta 2a, Campus Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁷ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁸ Dep. Microbiología, Campus Rabanales C6-B-0, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru); ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru); ¹¹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba

Abstract

First-Generation Sequencing (FGS) revolutionized molecular biology in general, and bioarchaeology in particular. That allowed to study ancient DNA (aDNA) remains for the first time. Second-Generation Sequencing (SGS) further improved throughput, reducing time and cost per sequenced nucleotide base. Most importantly, it allowed to sequence full ancient-genomes, like the ones of Neanderthals. Third-Generation Sequencing (TGS) improved even more SGS throughput, also allowing to sequence single molecules, without requiring previous amplification or modification steps. That is revolutionary, overcoming putative biases associated to such steps. This opens the door for true-direct RNA sequencing [without retrotranscription into complementary DNA (cDNA)], including ancient RNA (aRNA). Different TGS platforms are arising, promising exciting new discoveries on bioarchaeology for both aDNA and aRNA.

Key words: functional genomics, epigenetics, messenger RNA, ancient transcriptomes, paleotranscriptomics.

Resumen

La secuenciación de primera generación (FGS; del inglés, "First-Generation Sequencing") revolucionó la biología molecular en general, y la bioarqueología en particular. Ello permitió estudiar restos de ADN antiguo (ADNa) por primera vez. La secuenciación de segunda generación (SGS; del inglés, "Second-Generation Sequencing") mejoró aún más el rendimiento, reduciendo el tiempo y coste por base nucleotídica secuenciada. Además, permitió secuenciar genomas antiguos completos, como los de neandertales. La secuenciación de tercera generación (TGS; del inglés, "Third-Generation Sequencing") mejoró aún más el rendimiento de SGS, permitiendo además secuenciar moléculas individuales, sin requerir pasos previos de amplificación o modificación. Ello es revolucionario, evitando posibles sesgos asociados a tales pasos previos. Esto abre la puerta para la secuenciación directa verdadera del ARN [sin retrotranscripción en ADN complementario (ADNc)], incluyendo ARN antiguo (ARNa). Diferentes plataformas de TGS están surgiendo, prometiendo nuevos e interesantes descubrimientos en bioarqueología, tanto para ADNa como ARNa.

Palabras clave: genómica funcional, epigenética, ARN mensajero, transcriptomas antiguos, paleotranscriptómica.

Introduction

First-Generation Sequencing (FGS) revolutionized bioarchaeology, allowing to sequence ancient DNA (aDNA). The breakthrough was extended to ancient genomes with Second-Generation Sequencing (SGS), sporting higher throughput, faster turnaround and cheaper cost per read nucleotide base. Among others, that included sequencing of Neanderthal genome (Green et al. 2006; Noonan et al. 2006; Dorado et al. 2007-2015). Third-Generation Sequencing (TGS) further improves previous methodologies, allowing to sequence single-molecules, without previous modification or amplification steps, generating longer (kilobase; kb) reads.

Such advancements avoid biases associated to previous approaches, further increasing productivity, reducing time and cost (Bleidorn 2015). Therefore, SGS and TGS are considered High-Throughput Sequencing (HTS) technologies, being sometimes referred with the ambiguous “Next-Generation” Sequencing (NGS) terminology. Additionally, these methodologies can also be applied to study DNA epigenetics, including aDNA (Gokhman et al. 2014; Pedersen et al. 2014; Orlando et al. 2015; Seguin-Orlando et al. 2015; Smith et al. 2015).

Besides aDNA, it would be also interesting to sequence ancient RNA (aRNA), allowing to take functional snapshots of particular tissues at ancient times. Yet, RNA is more labile than DNA, and usually degrades after physiological activity supporting-life ceases. It is known that aDNA is usually scarce, physically broken (degraded) and may be also chemically modified. Indeed, aDNA may be hard to isolate and sequence, being prone to generate false-positive results due to modern DNA contamination. Thus, it is expected that aRNA should be harder to isolate and sequence, albeit messenger RNA (mRNA) is much shorter than genomic DNA, which is certainly an advantage for sequencing. But, is it possible to actually sequence ancient RNA? The answer is yes –to some extent, so far–, as described below (Fordyce et al. 2013; Guy 2013, 2014; Ng et al. 2014; Smith et al. 2014).

Sequencing ancient RNA

There are two basic approaches to sequence RNA: retrotranscription and direct sequencing. The first approach can be accomplished with FGS and SGS, to generate complementary DNA (cDNA) (Fig. 1) and further sequencing. Such methodology is sometimes known with the misleading name of RNA-seq, instead of the more suitable cDNA-seq terminology. Thus, different aRNA have been sequenced (Guy et al. 2014), including 50-year-old RNA peach latent-mosaic viroid (Guy 2013), white-clover cryptic virus-1 (Guy and Gerard 2016), 700-year-old viral genomes from caribou feces (Ng et al. 2014) and 750 year-old barley stripe-mosaic virus (Smith et al. 2014). Even the transcriptome of ancient (723 year-old) maize kernels has been sequenced (Fordyce et al. 2013).

Curiously, since retroviruses insert into host genomes as Endogenous RetroViruses (ERV), their presence has been also detected sequencing modern genomes, as well as ancient ones. That is the case of 1,400 year-old

aDNA from coprolites (Rivera-Perez et al. 2015). Obviously, in this latter case, retrotranscription was carried out in living cells, being included here as a research curiosity.

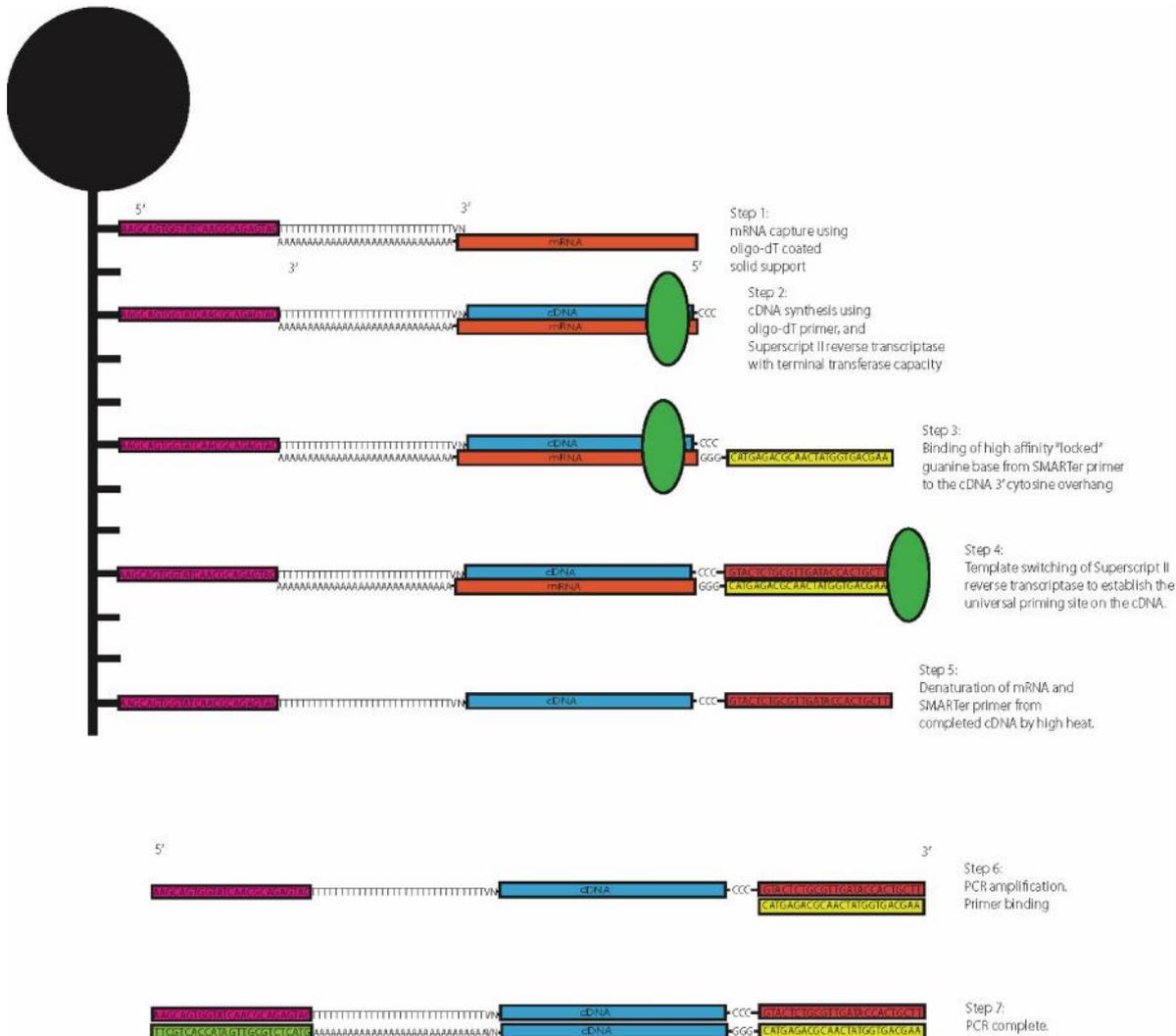


Figure N° 1: RNA retrotranscription into cDNA. Example of retrotranscription, in which RNA is captured with paramagnetic beads (top-left black ball) and retrotranscribed into cDNA. Terminal-transferase activity of used retrotranscriptase allows to generate CC tails, to further hybridize single-stranded adapters, which become double-stranded after polymerization. RNA-cDNA hybrid is denatured, allowing to amplify the first-strand cDNA into double-stranded DNA, via Polymerase Chain Reaction (PCR). © 2016 Danandmike, Wikimedia Commons <<http://commons.wikimedia.org>> and Creative Commons <<http://creativecommons.org>>.

Fortunately, TGS platforms allow to directly sequence nucleic-acids, as indicated above, without previous retrotranscription or amplification steps, effectively opening to door to truly sequence RNA in general, as well as aRNA in particular. Among them are: i) Helicos BioSciences <<http://www.helicosbio.com>> true Single-Molecule Sequencing (tSMS), based on Sequencing-by-Synthesis (SbS). It was the first single-molecule sequencing technology available (Harris et al., 2008), being later on offered as a service by "Sequence the Lower Limit" (SeqLL) <<http://seqll.com>>; ii) Pacific Biosciences

(PacBio) <<http://www.pacb.com>> Single-Molecule Real-Time (SMRT) sequencing, derived from former Nanofluidics <<http://nanofluidics.com>>, via SbS; iii) Complete Genomics <<http://www.completegenomics.com>> combinatorial Probe-Anchor Ligation (cPAL) sequencing, based on Sequencing by Hybridization (SbH) and Sequencing by Ligation (SbL), which is offered as AllSeq <<http://allseq.com>> service (Fig 2); and iv) Oxford Nanopore Technologies <<http://nanoporetech.com>> sequencing, based on ionic (electrical)-current alterations, as nucleotides pass through biological or synthetic solid-state nanopores. It generates long reads of 230 to 300 kb, at a speed of 280 to 500 bases per second (bps). Interestingly, a miniature handheld MinION Mk 1B sequencer (87 g weight) has been successfully used by the National Aeronautics and Space Administration (NASA) <<https://www.nasa.gov>> for astrobiology. It has exciting potential for crew-disease diagnostics and nucleic-acid-based life research (Rezzonico 2014; John et al. 2016).

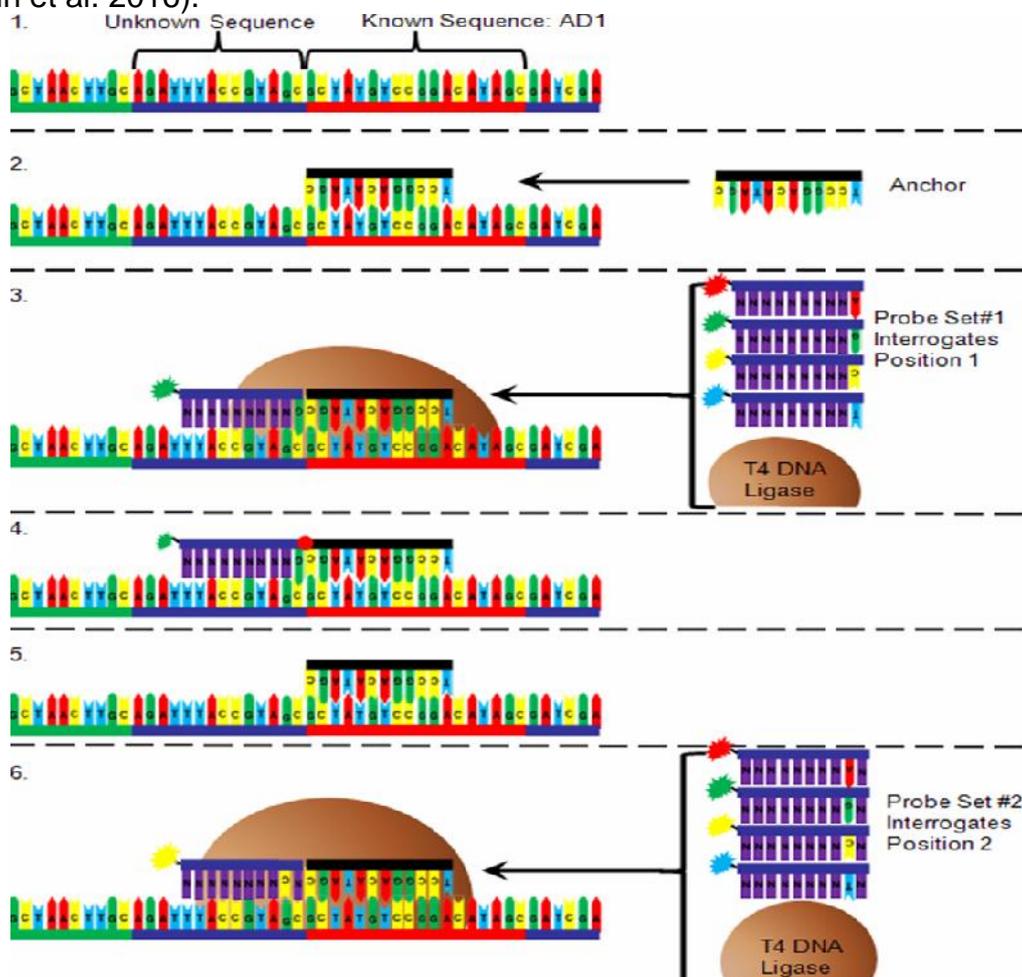


Figure N° 2: Single-molecule sequencing. Example of TGS (cPAL), in which an oligonucleotide anchor is hybridized to a known region of single-molecule to be sequenced. Further, a fluorescent interrogating-probe (containing A, C, G or T nitrogenous base at the interrogating position) is hybridized and ligated to the anchor. Non-hybridized probes are removed, and bound fluorescence is detected. The process is repeated for the rest of interrogating nucleotides. Then, the probe-anchor is removed and the process is repeated for other probes-anchors, until the target nucleic-acid is sequenced. © 2016 Suspencewl, Wikimedia Commons <<http://commons.wikimedia.org>> and Creative Commons <<http://creativecommons.org>>.

TGS has been used to sequence not only DNA, but also RNA by Direct RNA Sequencing (DRS) (Ozsolak et al. 2009). It has also been used to sequence ancient genomes, including Pleistocene horse (Orlando et al. 2011; Ginolhac et al. 2012; Schubert et al. 2012).

Future prospects and concluding remarks

TGS is an active research and development area, with promising new technologies in the works, including the following (alphabetical order by manufacturer): i) Electron Optica <<http://www.electronoptica.com>>, based on Low-Energy Electron Microscopy (LEEM); ii) Electronic BioSciences <<http://electronicbio.com>>, based on nanopore sequencing; iii) GenapSys <<http://www.genapsys.com>> Gene Electronic Nano-Integrated Ultra-Sensitive (GENIUS) sequencer, capable of measuring both pH and temperature changes during nucleic-acid synthesis; iv) Genia <<http://www.geniachip.com>>, purchased in 2014 by Roche <<http://sequencing.roche.com>>, based on SbS via PolyEthylene Glycol (PEG) NanoTags on active analog-to-digital sensors; v) GnuBIO <<http://gnubio.com>>, that belongs to Bio-Rad <<http://www.bio-rad.com>> since 2014, based on SbH hexamers in nanodrops, promising error-free runs (100% accuracy) after filtering-out data, in just ~3'5 h; vi) IBM <<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/dnatransistor>> sequencer, based on DNA Transistor solid-state nanopores; vii) LaserGen <<http://lasergen.com>>, using Lightning Terminators, based on photocleavable dyes and terminating groups (Wu et al. 2007); viii) Solametrix <<http://www.solametrix.com>>, that became Lightspeed Genomics <<http://www.lsgen.com>>, based on sub-pixel Synthetic Aperture Optics (SAO) with LightSpeed sensors, allowing 4x miniaturization and 16x reagent savings; ix) NABsys <<http://nabsys.com>>, based on hexamer probes and SbS with solid-state nanopores, sporting an amazing speed of more than one million bps (~100,000 bps per detector), allowing to sequence the ~3 mega-base pairs (Mbp) human genome with 25-fold depth for 100 USD, in less than an hour; and x) NobleGen Biosciences <<http://noblegenbio.com>> Optipore optical-nanopore, using fluorescent molecular-beacons and Circular DNA Conversion (CDC) to convert target nucleic-acid into Expanded Synthetic Representation (ESR) oligonucleotide chain (McNally et al. 2010).

Feasibility of direct RNA sequencing has been demonstrated (Ozsolak et al. 2009), albeit the age limit of aRNA suitable for sequencing remains to be determined, as previously done for aDNA (Allentoft et al, 2012; Millar and Lambert 2013). The possibility to sequence ancient transcriptomes (paleotranscriptomics) is certainly exciting, mostly when using TGS. Indeed, the direct and longer reads of new TGS approaches (like those using nanopores) are quite convenient for such a goal. Yet, special assembly algorithms may be also needed for aRNA (as in the case of aDNA), since such material is usually degraded, as previously pointed out. Besides, increasing computing power will be required to analyze and compare the exponentially-growing data generated from genomics, transcriptomics and proteomics studies.

Acknowledgements. Supported by “Ministerio de Economía y Competitividad” (MINECO grants AGL2010-17316, BIO2011-15237-E and BIO2015-64737-R) and “Instituto Nacional de

Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria" (MINECO and INIA RF2012-00002-C02-02); "Consejería de Agricultura y Pesca" (041/C/2007, 75/C/2009 and 56/C/2010), "Consejería de Economía, Innovación y Ciencia" (P11-AGR-7322 and P12-AGR-0482) and "Grupo PAI" (AGR-248) of "Junta de Andalucía"; and "Universidad de Córdoba" ("Ayuda a Grupos"), Spain.

References

- Allentoft ME, Collins M, Harker D, Haile J, Oskam CL, Hale ML, Campos PF, Samaniego JA, Gilbert MT, Willerslev E, Zhang G, Scofield RP, Holdaway RN, Bunce M (2012): The half-life of DNA in bone: measuring decay kinetics in 158 dated fossils. *Proc Biol Sci* 279: 4724-4733.
- Bleidorn C (2015): Third generation sequencing: technology and its potential impact on evolutionary biodiversity research. *Systematics and Biodiversity* 14: 1-8.
- Dorado G, Jiménez I, Rey I, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2013): Genomics and proteomics in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 7: 47-63.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2015): Second-generation nucleic-acid sequencing and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 9: 216-230.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF (2009): Ancient DNA to decipher the domestication of dog (REVIEW). *Archaeobios* 3: 127-132.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P, Vásquez VF (2010): Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2011): Ancient nucleic acids from maize - A review. *Archaeobios* 5: 21-28.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2012): Isotopes in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 6: 79-91.
- Dorado G, Sánchez-Cañete FJS, Pascual P, Jiménez I, Luque F, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2014): Starch genomics and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 8: 41-50.

Dorado G, Vásquez V, Rey I, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P (2008): Sequencing ancient and modern genomes (REVIEW). *Archaeobios* 2: 75-80.

Dorado G, Vásquez V, Rey I, Vega JL (2007): Archaeology meets Molecular Biology (REVIEW). *Archaeobios* 1: 1-2.

Fordyce SL, Ávila-Arcos MC, Rasmussen M, Cappellini E, Romero-Navarro JA, Wales N, Alquezar-Planas DE, Penfield S, Brown TA, Vielle-Calzada JP, Montiel R, Jorgensen T, Odegaard N, Jacobs M, Arriaza B, Higham TF, Ramsey CB, Willerslev E, Gilbert MT (2013): Deep sequencing of RNA from ancient maize kernels. *PLoS One*: e50961 (9 pp).

Ginolhac A, Vilstrup J, Stenderup J, Rasmussen M, Stiller M, Shapiro B, Zazula G, Froese D, Steinmann KE, Thompson JF, Al-Rasheid KA, Gilbert TM, Willerslev E, Orlando L (2012): Improving the performance of true single molecule sequencing for ancient DNA. *BMC Genomics* 13: 177 (14 pp).

Gokhman D, Lavi E, Prufer K, Fraga MF, Riancho JA, Kelso J, Paabo S, Meshorer E, Carmel L (2014): Reconstructing the DNA methylation maps of the Neandertal and the Denisovan. *Science* 344:523-527.

Green RE, Krause J, Ptak SE, Briggs AW, Ronan MT, Simons JF, Du L, Egholm M, Rothberg JM, Paunovic M, Paabo S (2006): Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature* 444: 330-336.

Guy PL (2013): Ancient RNA? RT-PCR of 50-year-old RNA identifies peach latent mosaic viroid. *Arch Virol* 158: 691-694.

Guy PL (2014): Prospects for analyzing ancient RNA in preserved materials. *Wiley Interdiscip Rev RNA* 5: 87-94.

Guy PL, Gerard PJ (2016): White clover cryptic virus-1 in New Zealand and eastern Australia. *Ann Appl Biol* 168: 225-231.

Harris TD, Buzby PR, Babcock H, Beer E, Bowers J, Braslavsky I, Causey M, Colonell J, Dimeo J, Efcavitch JW, Giladi E, Gill J, Healy J, Jarosz M, Lapen D, Moulton K, Quake SR, Steinmann K, Thayer E, Tyurina A, Ward R, Weiss H, and Xie Z (2008): Single-molecule DNA sequencing of a viral genome. *Science* 320: 106-109.

John KK, Botkin DS, Burton AS, Castro-Wallace SL, Chaput JD, Dworkin JP, Lehman N, Lupisella ML, Mason CE, Smith DJ, Stahl S, Switzer C (2016): The Biomolecule Sequencer Project: Nanopore sequencing as a dual-use tool for crew health and astrobiology investigations. 47th Lunar and Planetary Science Conference (21-25 March 2016; The Woodlands, TX, USA). Web <<http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160002394>>.

- McNally B, Singer A, Yu Z, Sun Y, Weng Z, Meller A (2010): Optical recognition of converted DNA nucleotides for single-molecule DNA sequencing using nanopore arrays. *Nano Lett* 10: 2237-2244.
- Millar CD, Lambert DM (2013): Ancient DNA: Towards a million-year-old genome. *Nature* 499: 34-35.
- Ng TF, Chen LF, Zhou Y, Shapiro B, Stiller M, Heintzman PD, Varsani A, Kondov NO, Wong W, Deng X, Andrews TD, Moorman BJ, Meulendyk T, MacKay G, Gilbertson RL, Delwart E (2014): Preservation of viral genomes in 700-y-old caribou feces from a subarctic ice patch. *Proc Natl Acad Sci USA* 111: 16842-16847.
- Noonan JP, Coop G, Kudaravalli S, Smith D, Krause J, Alessi J, Chen F, Platt D, Paabo S, Pritchard JK, Rubin EM (2006): Sequencing and analysis of Neanderthal genomic DNA. *Science* 314: 1113-1118.
- Orlando L, Gilbert MTP, Willerslev E (2015): Applications of next-generation sequencing -Reconstructing ancient genomes and epigenomes. *Nat Rev Genet* 16: 395-408.
- Orlando L, Ginolhac A, Raghavan M, Vilstrup J, Rasmussen M, Magnussen K, Steinmann KE, Kapranov P, Thompson JF, Zazula G, Froese D, Moltke I, Shapiro B, Hofreiter M, Al-Rasheid KA, Gilbert MT, Willerslev E (2011): True single-molecule DNA sequencing of a Pleistocene horse bone. *Genome Res* 21: 1705-1719.
- Ozsolak F, Platt AR, Jones DR, Reifengerger JG, Sass LE, McInerney P, Thompson JF, Bowers J, Jarosz M, and Milos PM (2009): Direct RNA sequencing. *Nature* 461: 814-818.
- Pedersen JS, Valen E, Velazquez AM, Parker BJ, Rasmussenforlando M, Lindgreen S, Lilje B, Tobin DJ, Kelly TK, Vang S, Andersson R, Jones PA, Hoover CA, Tikhonov A, Prokhortchouk E, Rubin EM, Sandelin A, Gilbert MT, Krogh A, Willerslev E, Orlando L (2014): Genome-wide nucleosome map and cytosine methylation levels of an ancient human genome. *Genome Res* 24: 454-466.
- Rezzonico F (2014): Nanopore-based instruments as biosensors for future planetary missions. *Astrobiology* 14: 344-351.
- Rivera-Perez JI, Cano RJ, Narganes-Storde Y, Chanlatte-Baik L, Toranzos GA (2015): Retroviral DNA Sequences as a Means for Determining Ancient Diets. *PLoS One* 10: e0144951 (10 pp).
- Schubert M, Ginolhac A, Lindgreen S, Thompson JF, Al-Rasheid KA, Willerslev E, Krogh A, Orlando L (2012): Improving ancient DNA read mapping against modern reference genomes. *BMC Genomics* 13: 178 (15 pp).

Seguin-Orlando A, Gamba C, Sarkissian CD, Ermini L, Louvel G, Boulygina E, Sokolov A, Nedoluzhko A, Lorenzen ED, Lopez P, McDonald HG, Scott E, Tikhonov A, Stafford TWJr, Alfarhan AH, Alquraishi SA, Al-Rasheid KA, Shapiro B, Willerslev E, Prokhortchouk E, Orlando L (2015): Pros and cons of methylation-based enrichment methods for ancient DNA. *Sci Rep* 5: 11826 (15 pp).

Smith O, Clapham A, Rose P, Liu Y, Wang J, Allaby RG (2014): A complete ancient RNA genome: identification, reconstruction and evolutionary history of archaeological Barley Stripe Mosaic Virus. *Sci Rep* 4: 4003 (6 pp).

Smith RW, Monroe C, Bolnick DA (2015): Detection of Cytosine methylation in ancient DNA from five native American populations using bisulfite sequencing. *PLoS One* 10: e0125344 (23 pp).

Wu W, Stupi BP, Litosh VA, Mansouri D, Farley D, Morris S, Metzker S, Metzker ML (2007): Termination of DNA synthesis by N6-alkylated, not 3'-O-alkylated, photocleavable 2'-deoxyadenosine triphosphates. *Nucleic Acids Res.* 35:6339-6349.



Secuenciación de ARN antiguo en bioarqueología - Revisión

Gabriel Dorado ¹, Fernando Luque ², Plácido Pascual ³, Inmaculada Jiménez ⁴, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete ⁵, Margarita Pérez-Jiménez ¹, Patricia Raya ⁶, Jesús Sáiz ⁷, Adela Sánchez ⁷, Jesús Martín ⁸, Teresa E. Rosales ⁹, Víctor F. Vásquez ¹⁰, Pilar Hernández ¹¹

¹ Autor para correspondencia, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), CE: <bb1dopeg@uco.es>; ² Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ³ Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 14004 Córdoba; ⁴ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁵ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena (Córdoba); ⁶ Jefe de Servicio de Protección Radiológica, Colonia San José Nº 4 Planta 2a, Campus Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁷ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁸ Dep. Microbiología, Campus Rabanales C6-B-O, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru); ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru); ¹¹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba

Resumen

La secuenciación de primera generación (FGS; del inglés, “First-Generation Sequencing”) revolucionó la biología molecular en general, y la bioarqueología en particular. Ello permitió estudiar restos de ADN antiguo (ADNa) por primera vez. La secuenciación de segunda generación (SGS; del inglés, “Second-Generation Sequencing”) mejoró aún más el rendimiento, reduciendo el tiempo y coste por base nucleotídica secuenciada. Además, permitió secuenciar genomas antiguos completos, como los de neandertales. La secuenciación de tercera generación (TGS; del inglés, “Third-Generation Sequencing”) mejoró aún más el rendimiento de SGS, permitiendo además secuenciar moléculas individuales, sin requerir pasos previos de amplificación o modificación. Ello es revolucionario, evitando posibles sesgos asociados a tales pasos previos. Esto abre la puerta para la secuenciación directa verdadera del ARN [sin retrotranscripción en ADN complementario (ADNc)], incluyendo ARN antiguo (ARNa). Diferentes plataformas de TGS están surgiendo, prometiendo nuevos y emocionante descubrimientos en bioarqueología, tanto para ADNa como ARNa.

Palabras clave: genómica funcional, epigenética, ARN mensajero, transcriptomas antiguos, paleotranscriptómica.

Abstract

First-Generation Sequencing (FGS) revolutionized molecular biology in general, and bioarchaeology in particular. That allowed to study ancient DNA (aDNA) remains for the first time. Second-Generation Sequencing (SGS) further improved throughput, reducing time and cost per sequenced nucleotide base. Most importantly, it allowed to sequence full ancient-genomes, like the ones of Neanderthals. Third-Generation Sequencing (TGS) improved even more SGS throughput, also allowing to sequence single molecules, without requiring previous amplification or modification steps. That is revolutionary, overcoming putative biases associated to such steps. This opens the door for true-direct RNA sequencing [without retrotranscription into complementary DNA (cDNA)], including ancient RNA (aRNA). Different TGS platforms are arising, promising exciting new discoveries on bioarchaeology for both aDNA and aRNA.

Key words: functional genomics, epigenetics, messenger RNA, ancient transcriptomes, paleotranscriptomics.

Introducción

La secuenciación de primera generación (FGS; del inglés, “First-Generation Sequencing”) revolucionó la bioarqueología, permitiendo secuenciar ADN antiguo (ADNa). El avance se extendió a genomas antiguos con la secuenciación de segunda generación (SGS; del inglés, “Second-Generation Sequencing”), que logra un mayor rendimiento, de manera más rápida y a costo más reducido por base nucleotídica leída. Entre otros, incluyó la secuenciación del genoma neandertal (Green et al. 2006; Noonan et al. 2006; Dorado et al. 2007-2015). La secuenciación de tercera generación (TGS; del inglés, “Third-Generation Sequencing”) mejora aún más las metodologías anteriores, lo que permite secuenciar una sola molécula sin previa modificación o amplificación, se generan lecturas más largas (kilobases; kb). Estos avances evitan sesgos asociados a estrategias previas, aumentando aún más la productividad, reduciendo el tiempo y costo (Bleidorn 2015). Por lo tanto, SGS y TGS se consideran tecnologías de secuenciación de alto rendimiento (HTS; del inglés, “High-Throughput Sequencing”), siendo a veces denominadas con el término ambiguo “próxima generación” de secuenciación (NGS; del inglés, “Next-Generation Sequencing”). Además, estos métodos también pueden aplicarse para estudiar la epigenética del ADN, incluyendo ADNa (Gokhman et al. 2014; Pedersen et al. 2014; Orlando et al. 2015; Seguin-Orlando et al. 2015; Smith et al. 2015).

Además de ADNa, también sería interesante secuenciar ARN antiguo (ARNa), permitiendo tomar instantáneas de tejidos particulares en tiempos antiguos. Sin embargo, el ARN es más lábil que el ADN, y por lo general se degrada después del cese de la actividad fisiológica de soporte vital. Se sabe que el ADNa suele ser escaso, estar roto físicamente (degradado), pudiendo estar también modificado químicamente. De hecho, el ADNa puede ser difícil de aislar y secuenciar, siendo propenso a generar resultados positivos falsos, debido a contaminación con ADN moderno. Por lo tanto, se espera que ARNa sea más difícil de aislar y secuenciar, aunque el ARN mensajero (ARNm) es mucho más corto que el ADN genómico, lo que ciertamente es una ventaja para la secuenciación. Pero, ¿es posible secuenciar realmente ARN antiguo? La respuesta es sí –hasta cierto punto, por ahora– como se describe a continuación (Fordyce et al. 2013; Guy 2013, 2014; Ng et al. 2014; Smith et al. 2014).

Secuenciación de RNA antiguo

Hay dos posibilidades para la secuenciación de ARN: retrotranscripción y secuenciación directa. La primera opción se puede lograr con FGS y SGS, para generar ADN complementario (ADNc) (Fig. 1) y posterior secuenciación. Dicha metodología se conoce a veces con el nombre engañoso de ARN-seq, en lugar del término más adecuado de ADNc-seq. Así, se han secuenciado diferentes ARNa (Guy et al. 2014), incluyendo el ARN del viroide del mosaico latente del melocotón de hace 50 años (Guy 2013), el virus-1 críptico del trébol blanco (Guy y Gerard 2016), genomas virales de hace 700 años a partir de las heces de caribú (Ng et al. 2014) y el virus del mosaico rayado de la cebada de 750 años (Smith et al. 2014). Incluso el transcriptoma de granos de maíz

antiguos (723 años) ha sido secuenciado (Fordyce et al. 2013). Curiosamente, ya que los retrovirus se insertan en el genoma del hospedador como retrovirus endógenos (ERV; del inglés, “Endogenous RetroViruses”), su presencia se ha detectado también con la secuenciación de genomas modernos, así como de antiguos, como en el caso de coprolitos de 1.400 años de antigüedad (Rivera-Pérez et al. 2015). Obviamente, en este último caso, la retrotranscripción se llevó a cabo en la célula viva, pero se indica aquí como una curiosidad de investigación.

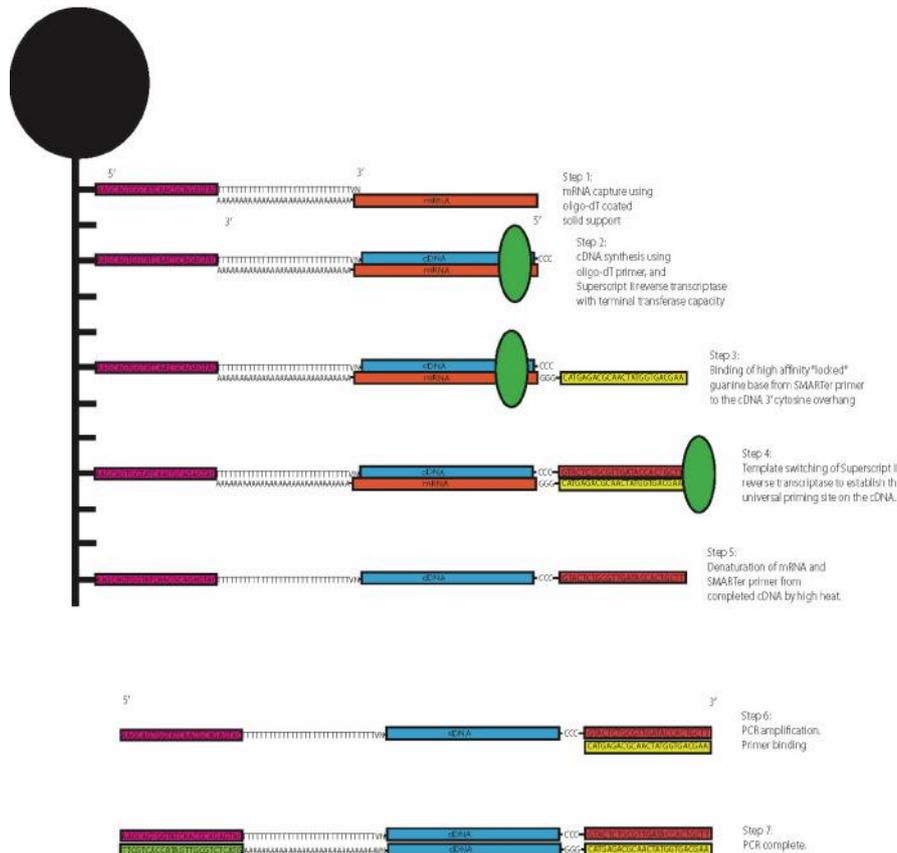


Figura N° 1: Retrotranscripción de ARN en ADNc. Ejemplo de retrotranscripción, en el que el ARN es capturado con perlas paramagnéticas (bola negra en la parte superior izquierda) y retrotranscrito a ADNc. La actividad transferasa-terminal de la retrotranscriptasa utilizada permite generar colas CC para así hibridar adaptadores de cadena simple, que se convierten en adaptadores de doble hebra tras la polimerización. El híbrido ARN-ADNc se desnaturaliza, lo que permite amplificar la primera cadena de ADNc en ADN de doble cadena, a través de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, del inglés. “Polymerase Chain Reaction”). © 2016 Danandmike, Wikimedia Commons <<http://commons.wikimedia.org>> y Creative Commons <<http://creativecommons.org>>.

Afortunadamente, TGS permite secuenciar directamente ácidos nucleicos, como se ha indicado antes, sin pasos previos de retrotranscripción o amplificación, abriendo la puerta para secuenciar realmente ARN en general, así como ARN en particular. Entre ellos se encuentran: i) secuenciación real de una sola molécula (tSMS; del inglés “true Single-Molecule Sequencing”) de Helicos BioSciences <<http://www.helicosbio.com>>, basado en la secuenciación mediante síntesis (SbS; del inglés, “Sequencing-by-Synthesis”). Fue la primera tecnología de secuenciación de una sola molécula disponible, siendo más adelante ofrecida como servicio por la empresa “Sequence the Lower Limit” (SeqLL) <<http://seqll.com>> (Harris et al. 2008); ii) secuenciación en tiempo real

de una sola molécula (SMRT; del inglés, “Single-Molecule Real-Time”) de Pacific Biosciences (PacBio) <<http://www.pacb.com>>, procedente de la antigua Nanofluidics <<http://nanofluidics.com>>, a través de SbS; iii) secuenciación mediante ligación de sonda-ancla combinatoria (cPAL; del inglés, “combinatorial Probe-Anchor Ligation”) de Complete Genomics <<http://www.completegenomics.com>>, basada en secuenciación mediante hibridación (SbH; del inglés, “Sequencing by Hybridization”) y secuenciación mediante ligación (SbL; del inglés, “Sequencing by Ligation”), ofrecida como servicio por AllSeq <<http://allseq.com>> (Fig. 2); y iv) secuenciación de Oxford Nanopore Technologies <<http://nanoporetech.com>>, basada en alteraciones de corrientes iónicas (eléctricas), al pasar los nucleótidos a través de nanoporos biológicos o sintéticos de estado sólido. Genera lecturas largas de 230 a 300 kb, a una velocidad de 280 a 500 bases por segundo (bps). Curiosamente, un equipo miniaturizado de secuenciador de mano MinION Mk 1B (87 g de peso) ha sido utilizado con éxito por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) <<https://www.nasa.gov>> para astrobiología. Tiene un emocionante potencial para el diagnóstico de enfermedades de la tripulación e investigación de vida basada en ácidos nucleicos (Rezzonico 2014; John et al. 2016).

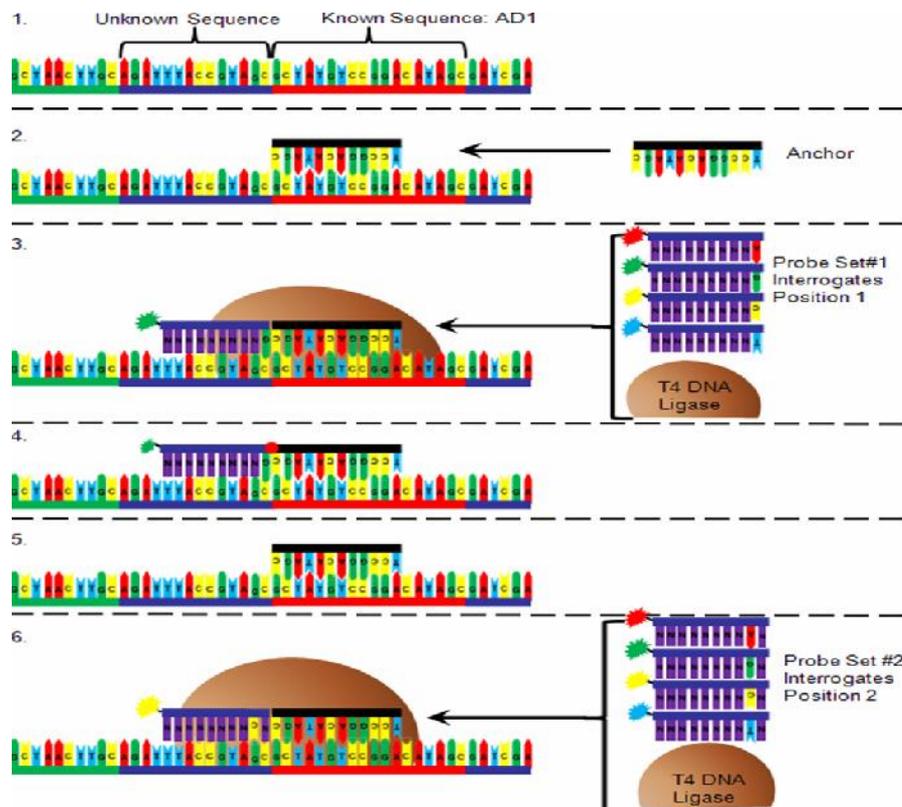


Figura N° 2. Secuenciación de una sola molécula. Ejemplo de TGS (cPAL), en la que un oligonucleótido de anclaje hibrida con una región conocida de la molécula que va a ser secuenciada. Además, una sonda de interrogación fluorescente (que contiene una base nitrogenada A, C, G o T en la posición de interrogación) se hibrida y se liga al ancla. Las sondas no hibridadas se eliminan y la fluorescencia de las unidas es detectada. El proceso se repite para el resto de los nucleótidos de interrogación. A continuación, se retira la sonda-ancla y el proceso se repite para otras sondas-anclas, hasta que se secuencia el ácido nucleico diana. © 2016 Suspencewl, Wikimedia Commons <<http://commons.wikimedia.org>> y Creative Commons <<http://creativecommons.org>>.

TGS se ha utilizado para secuenciar no sólo ADN, sino también ARN mediante secuenciación directa (DRS; del inglés, “Direct RNA Sequencing”) (Ozsolak et al. 2009). También se ha utilizado para secuenciar genomas antiguos, como el de caballo del Pleistoceno (Orlando et al. 2011; Ginolhac et al. 2012; Schubert et al. 2012).

Perspectivas futuras y conclusiones finales

TGS es ahora un área activa de investigación y desarrollo, con prometedoras nuevas tecnologías en desarrollo, incluyendo las siguientes (por orden alfabético de fabricante): i) Electron Optica <<http://www.electronoptica.com>>, basada en microscopía electrónica de baja energía (LEEM; del inglés, “Low-Energy Electron Microscopy”); ii) Electronic BioSciences <<http://electronicbio.com>>, basada en la secuenciación mediante nanoporos; iii) secuenciador Gene Electronic Nano-Integrated Ultra-Sensitive (GENIUS) de GenapSys <<http://www.genapsys.com>>, capaz de medir tanto los cambios de pH como la temperatura durante la síntesis de ácidos nucleicos; iv) Genia <<http://www.geniachip.com>>, comprada en 2014 por Roche <<http://sequencing.roche.com>>, basada en SbS a través de nanoetiquetas de polietilenglicol (PEG; del inglés, “PolyEthylene Glycol”) en sensores activos analógico-a-digital; v) GnuBIO <<http://gnubio.com>>, que pertenece a Bio-Rad <<http://www.bio-rad.com>> desde 2014, basada en hexámeros SbH en nanogotas, prometiendo carreras sin errores (exactitud del 100%) tras filtrado de datos, en tan sólo ~3’5 h; vi) secuenciador de IBM <<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/dnatransistor>>, basado en nanoporos de estado sólido tipo transistor de ADN (del inglés, “DNA Transistor”); vii) LaserGen <<http://lasergen.com>>, usando terminadores relámpago (del inglés, “Lightning Terminators”), basados en colorantes fotoescindibles y grupos de terminación (Wu et al. 2007); viii) Solametrix <<http://www.solametrix.com>>, que se convirtió en Lightspeed Genomics <<http://www.lsgen.com>>, basada en el óptica de apertura sintética sub-píxel (SAO; del inglés, “Synthetic Aperture Optics”) con sensores LightSpeed, lo que permite la miniaturización 4x y ahorro de reactivos 16x; ix) NABsys <<http://nabsys.com>>, basada en sondas de hexámeros y SbS con nanoporos de estado sólido, mostrando una velocidad asombrosa de más de un millón de bps (~100.000 bps por detector), lo que permite secuenciar los ~3 mega pares de bases (Mpb) del genoma humano con profundidad de 25 veces por 100 dólares, en menos de una hora; y x) nanoporo óptico Optipore de NobleGen Biosciences <<http://noblegenbio.com>>, utilizando balizas moleculares fluorescentes y conversión de ADN circular (CDC; del inglés, “Circular DNA Conversion”), para convertir el ácido nucleico diana en una representación sintética expandida (ESR; del inglés, “Expanded Synthetic Representation”) de cadena de oligonucleótido (McNally et al. 2010).

La viabilidad de la secuenciación directa del ARN ha sido demostrada (Ozsolak et al., 2009), aunque falta por determinar el límite de edad del ARN para poder ser secuenciado, como se ha hecho anteriormente para ADN (Allentoft et al. 2012; Millar y Lambert 2013). La posibilidad de secuenciar transcriptomas antiguos (paleotranscriptómica) es sin duda emocionante, sobre todo cuando se utiliza TGS. De hecho, las lecturas directas y largas de las

nuevas plataformas de TGS (como las que utilizan nanoporos) vienen bien para tal objetivo. Sin embargo, pueden ser también necesarios algoritmos de ensamblaje especiales para ARNa (como en el caso de ADNa), ya que este material se encuentra generalmente degradado, como se señaló anteriormente. Además, será necesario aumentar la potencia de computación, a fin de poder analizar y comparar los datos de genómica, transcriptómica y proteómica, que crecen de manera exponencial.

Agradecimientos. Financiado por Ministerio de Economía y Competitividad (proyectos MINECO AGL2010-17316, BIO2011-15237-E y BIO2015-64737-R) e Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (MINECO e INIA RF2012-00002-C02-02); Consejería de Agricultura y Pesca (041/C/2007, 75/C/2009 y 56/C/2010), Consejería de Economía, Innovación y Ciencia (P11-AGR-7322 y P12-AGR-0482) y Grupo PAI (AGR-248) de Junta de Andalucía; y Universidad de Córdoba (Ayuda a Grupos), Spain.

Referencias

- Allentoft ME, Collins M, Harker D, Haile J, Oskam CL, Hale ML, Campos PF, Samaniego JA, Gilbert MT, Willerslev E, Zhang G, Scofield RP, Holdaway RN, Bunce M (2012): The half-life of DNA in bone: measuring decay kinetics in 158 dated fossils. *Proc Biol Sci* 279: 4724-4733.
- Bleidorn C (2015): Third generation sequencing: technology and its potential impact on evolutionary biodiversity research. *Systematics and Biodiversity* 14: 1-8.
- Dorado G, Jiménez I, Rey I, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2013): Genomics and proteomics in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 7: 47-63.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2015): Second-generation nucleic-acid sequencing and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 9: 216-230.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF (2009): Ancient DNA to decipher the domestication of dog (REVIEW). *Archaeobios* 3: 127-132.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P, Vásquez VF (2010): Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2011): Ancient nucleic acids from maize - A review. *Archaeobios* 5: 21-28.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2012): Isotopes in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 6: 79-91.

- Dorado G, Sánchez-Cañete FJS, Pascual P, Jiménez I, Luque F, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2014): Starch genomics and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 8: 41-50.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P (2008): Sequencing ancient and modern genomes (REVIEW). *Archaeobios* 2: 75-80.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Vega JL (2007): Archaeology meets Molecular Biology (REVIEW). *Archaeobios* 1: 1-2.
- Fordyce SL, Ávila-Arcos MC, Rasmussen M, Cappellini E, Romero-Navarro JA, Wales N, Alquezar-Planas DE, Penfield S, Brown TA, Vielle-Calzada JP, Montiel R, Jorgensen T, Odegaard N, Jacobs M, Arriaza B, Higham TF, Ramsey CB, Willerslev E, Gilbert MT (2013): Deep sequencing of RNA from ancient maize kernels. *PLoS One*: e50961 (9 pp).
- Ginolhac A, Vilstrup J, Stenderup J, Rasmussen M, Stiller M, Shapiro B, Zazula G, Froese D, Steinmann KE, Thompson JF, Al-Rasheid KA, Gilbert TM, Willerslev E, Orlando L (2012): Improving the performance of true single molecule sequencing for ancient DNA. *BMC Genomics* 13: 177 (14 pp).
- Gokhman D, Lavi E, Prufer K, Fraga MF, Riancho JA, Kelso J, Paabo S, Meshorer E, Carmel L (2014): Reconstructing the DNA methylation maps of the Neandertal and the Denisovan. *Science* 344:523-527.
- Green RE, Krause J, Ptak SE, Briggs AW, Ronan MT, Simons JF, Du L, Egholm M, Rothberg JM, Paunovic M, Paabo S (2006): Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature* 444: 330-336.
- Guy PL (2013): Ancient RNA? RT-PCR of 50-year-old RNA identifies peach latent mosaic viroid. *Arch Virol* 158: 691-694.
- Guy PL (2014): Prospects for analyzing ancient RNA in preserved materials. *Wiley Interdiscip Rev RNA* 5: 87-94.
- Guy PL, Gerard PJ (2016): White clover cryptic virus-1 in New Zealand and eastern Australia. *Ann Appl Biol* 168: 225-231.
- Harris TD, Buzby PR, Babcock H, Beer E, Bowers J, Braslavsky I, Causey M, Colonell J, Dimeo J, Efcavitch JW, Giladi E, Gill J, Healy J, Jarosz M, Lapen D, Moulton K, Quake SR, Steinmann K, Thayer E, Tyurina A, Ward R, Weiss H, and Xie Z (2008): Single-molecule DNA sequencing of a viral genome. *Science* 320: 106-109.
- John KK, Botkin DS, Burton AS, Castro-Wallace SL, Chaput JD, Dworkin JP, Lehman N, Lupisella ML, Mason CE, Smith DJ, Stahl S, Switzer C (2016): The Biomolecule Sequencer Project: Nanopore sequencing as a dual-use tool for crew health and astrobiology investigations. 47th Lunar and

- Planetary Science Conference (21-25 March 2016; The Woodlands, TX, USA). Web <<http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160002394>>.
- McNally B, Singer A, Yu Z, Sun Y, Weng Z, Meller A (2010): Optical recognition of converted DNA nucleotides for single-molecule DNA sequencing using nanopore arrays. *Nano Lett* 10: 2237-2244.
- Millar CD, Lambert DM (2013): Ancient DNA: Towards a million-year-old genome. *Nature* 499: 34-35.
- Ng TF, Chen LF, Zhou Y, Shapiro B, Stiller M, Heintzman PD, Varsani A, Kondov NO, Wong W, Deng X, Andrews TD, Moorman BJ, Meulendyk T, MacKay G, Gilbertson RL, Delwart E (2014): Preservation of viral genomes in 700-y-old caribou feces from a subarctic ice patch. *Proc Natl Acad Sci USA* 111: 16842-16847.
- Noonan JP, Coop G, Kudaravalli S, Smith D, Krause J, Alessi J, Chen F, Platt D, Paabo S, Pritchard JK, Rubin EM (2006): Sequencing and analysis of Neanderthal genomic DNA. *Science* 314: 1113-1118.
- Orlando L, Gilbert MTP, Willerslev E (2015): Applications of next-generation sequencing -Reconstructing ancient genomes and epigenomes. *Nat Rev Genet* 16: 395-408.
- Orlando L, Ginolhac A, Raghavan M, Vilstrup J, Rasmussen M, Magnussen K, Steinmann KE, Kapranov P, Thompson JF, Zazula G, Froese D, Moltke I, Shapiro B, Hofreiter M, Al-Rasheid KA, Gilbert MT, Willerslev E (2011): True single-molecule DNA sequencing of a Pleistocene horse bone. *Genome Res* 21: 1705-1719.
- Ozsolak F, Platt AR, Jones DR, Reifemberger JG, Sass LE, McInerney P, Thompson JF, Bowers J, Jarosz M, and Milos PM (2009): Direct RNA sequencing. *Nature* 461: 814-818.
- Pedersen JS, Valen E, Velazquez AM, Parker BJ, Rasmussenforlando M, Lindgreen S, Lilje B, Tobin DJ, Kelly TK, Vang S, Andersson R, Jones PA, Hoover CA, Tikhonov A, Prokhortchouk E, Rubin EM, Sandelin A, Gilbert MT, Krogh A, Willerslev E, Orlando L (2014): Genome-wide nucleosome map and cytosine methylation levels of an ancient human genome. *Genome Res* 24: 454-466.
- Rezzonico F (2014): Nanopore-based instruments as biosensors for future planetary missions. *Astrobiology* 14: 344-351.
- Rivera-Perez JI, Cano RJ, Narganes-Storde Y, Chanlatte-Baik L, Toranzos GA (2015): Retroviral DNA Sequences as a Means for Determining Ancient Diets. *PLoS One* 10: e0144951 (10 pp).

Schubert M, Ginolhac A, Lindgreen S, Thompson JF, Al-Rasheid KA, Willerslev E, Krogh A, Orlando L (2012): Improving ancient DNA read mapping against modern reference genomes. *BMC Genomics* 13: 178 (15 pp).

Seguin-Orlando A, Gamba C, Sarkissian CD, Ermini L, Louvel G, Boulygina E, Sokolov A, Nedoluzhko A, Lorenzen ED, Lopez P, McDonald HG, Scott E, Tikhonov A, Stafford TWJr, Alfarhan AH, Alquraishi SA, Al-Rasheid KA, Shapiro B, Willerslev E, Prokhortchouk E, Orlando L (2015): Pros and cons of methylation-based enrichment methods for ancient DNA. *Sci Rep* 5: 11826 (15 pp).

Smith O, Clapham A, Rose P, Liu Y, Wang J, Allaby RG (2014): A complete ancient RNA genome: identification, reconstruction and evolutionary history of archaeological Barley Stripe Mosaic Virus. *Sci Rep* 4: 4003 (6 pp).

Smith RW, Monroe C, Bolnick DA (2015): Detection of Cytosine methylation in ancient DNA from five native American populations using bisulfite sequencing. *PLoS One* 10: e0125344 (23 pp).

Wu W, Stupi BP, Litosh VA, Mansouri D, Farley D, Morris S, Metzker S, Metzker ML (2007): Termination of DNA synthesis by N6-alkylated, not 3'-O-alkylated, photocleavable 2'-deoxyadenosine triphosphates. *Nucleic Acids Res.* 35:6339-6349.



La evolución del maíz: un nuevo modelo para las primeras etapas

Traducción de una comunicación de 1979 con comentarios¹

Robert McK. Bird

Professor Adjunto del Crop Science Department,
North Carolina State University, Raleigh-USA

En la búsqueda para una explicación de la gran variabilidad morfológica y ecológica del maíz, una amplia gama de modelos hipotéticos ha sido propuesta. Algunos sugieren que la fuente principal de nuevas características era mutaciones importantes, otros sugieren hibridaciones intergenéricas, mientras que otros ven factores evolutivos como domesticaciones de poblaciones múltiples de *Zea* y mejoramiento divergente por los Amerindios, de larga duración y muy eficaz.² En un nuevo modelo de la evolución de maíz, facetas de cada uno de estos tenían papeles, pero ninguno es totalmente aceptado.

Está propuesto que los dos eventos principales en la evolución del maíz son su domesticación inicial y su hibridación con *Zea luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird (1978), un teocinte de Guatemala y Honduras.^{3,4} Tal vez en las tierras altas de México central una pequeña planta semejante al maíz fue domesticado hacia 5000 años a.C. principalmente por la selección de raquillas más fuertes⁵ Posiblemente su forma pareció a la de los cultivos cuyas corontas se encuentran en los niveles muy bajos de las cuevas Coxcatlán y San Marcos cerca a Tehuacán, México.⁶

Su raquis fue estrecho y sólido, sus glumas fueron cortas (Tabla 1), y tenía ca. 64 granos por mazorca, aproximando el número de semillas en la rama fructífera de *Z. luxurians*. (En una rama femenina de la variedad Florida de *Z. luxurians* por el cuarto nudo abajo de la espiga masculina, habían 65 segmentos o "rachids" femeninas conteniendo semillas, tres a seis segmentos por cada uno de las 14 mazorquitas, en una planta crecida en Columbia, Missouri por el Dr. Jack B. Beckett.)

El cultivo fue llevado a Guatemala en donde eventualmente se hibridizó con *Z. luxurians*.⁷ Después de un prolongado retrocruzamiento con maíz, un

subconjunto del enjambre híbrido que resultó posiblemente llevado a América del Sur, en donde, debido a los nuevos genes o alelos importantes introducidos del teocinte y un nuevo entorno cultural, se evolucionó en un amplio gama de nuevas razas, especialmente las de los complejos Harinosos Rotundos de los Andes Centrales, los Cristalinos Pequeños del Altiplano, y los Harinosos Entrelazados de la Amazonia (Bird y Goodman 1978).⁸

El primer maíz con buena proveniencia en la costa del Perú -- de muchos sitios que se fechan 850-300 años a.C.⁹ -- es muy diferente de cualquier maíz mexicano ya descrito (Tabla 1). Mientras tanto, el enjambre híbrido en Guatemala, entrecruzando con el maíz y el teocinte original, produjo aún más tipos de maíz a través de la selección en los distintos ambientes culturales de Mesoamérica.

Como sugirieron Longley (1937) y Kempton y Popenoe (1937), teocinte anual de México [TAM] puede ser otro derivado de esta hibridación -- la gran semejanza citogenética entre *Zea mexicana* y los maíces Mesoamericanos-Caribeños puede ser debido a su ascendencia en común.^{10,11} Unos maíces que contenían un porcentaje relativamente alto de alelos del teocinte [lo guatemalteco] posiblemente fueron llevado a México porque tenían mazorcas mas grandes, granos con nuevos colores, o cualquier otra característica.

Debido a que dos especies muy diferentes han contribuido a esta población, posiblemente fue difícil de estabilizar las nuevas razas de maíz. Posiblemente unas progenies recombinantes contenían los alelos necesarios para evolucionar a un teocinte nuevo, resultando en unas poblaciones semi-silvestres en los maizales abandonados. Estas posiblemente evolucionaron hasta los teocintes anuales mexicanos del presente, continuamente afectado por introgresión del maíz (Wilkes 1967).¹²

Este modelo no tiene en cuenta el especie *Zea perennis* del oeste de México (Guzmán M. 1978). Quizás esto también es un producto de la hibridación y movimiento posterior ya descrito, un segregante que se convirtió en un tetraploide, enfatizando el carácter casi perenne de *Z. luxurians*.¹³

Los arqueólogos posiblemente proporcionarán evidencia crítica para un examen del modelo, determinando la forma y la distribución pre-5000 años a.C. de maíz y teocinte, y la fecha de la primera hibridación entre *Z. mays* y *Z. luxurians*, y mas.¹⁴ Tal vez, proveerán más evidencia que humanos extendieron el área del teocinte, como parece ser el caso del teocinte en las cuevas de Tamaulipas, México (Mangelsdorf, MacNeish y Galinat 1967a).¹⁵

Más estudios sistemáticos usando morfología y química son necesarios, mientras que los estudios citológicos y genéticos deben proporcionar información crítica, sobre todo si están estructurados para evaluar los diversos modelos evolutivos.¹⁶

Tabla 1. Medidas de maíz temprano de México y Perú – seis corontas de las Cuevas Coxcatlán y San Marcos en el area de Tehuacán, Puebla, México, y cuatro representando cuatro tipos de la excavación HP 5, Huaca Prieta, valle de Chicama, La Libertad, Perú. Dimensiones en milímetros. Los fases de la Cueva Coxcatlán han sido reexaminado por Bruce Smith (2005) quién cambió las fechas y los cultivos contenidos.⁵

Table 1. Measurements of maize from Mexico and Peru -- six cobs from the Coxcatlán Cave and San Marcos Cave in the area of Tehuacán, Puebla, Mexico, and four cobs, representing four types, from Hunca Prieta excavation HP 5, Chicama Valley, La Libertad, Peru. Dimensions in millimeters.

Identification	Rachis Diam.	Row Number	Cupule Width	Cupule Length ²	Cupule Wing Width	Rachis Segment Length	Cob Length ¹	Lower Glume Length	Cupule Depth	Lower Glume Thick.	Lower Glume Angle	Rachilla Angle	Type
Coxcatlán phase (3500-5000 B.C.) Zones XI to XIII of Coxcatlan Cave and Zones E and F of San Marcos Cave													
Tc50:J7 (bottom)													
W3 13-61	3.4	12	2.4	3.2	0.5	4.3	(30.0)*	3.1	0.9	0.4	90	80	-
Tc254:2-41	3.4	10	2.3	2.3	0.3	3.3	(16.0)	2.8	0.9	0.4?	-	-	-
Tc254:2-41	1.8	4	2.8	2.1	0.6	2.5	(21.3)*	1.7	0.2	0.4	110	80	-
Tc254:3-51	3.5	6	3.7	2.4	0.6	3.1	(21.3)	2.6	1.2	0.5?	105	80	-
Abejas phase (2300-3500 B.C.) Zone VIII to X of Coxcatlan Cave and Zone D of San Marcos Cave													
Tc50:I9-42 S													
S2E12	2.7	4	3.6	1.9	0.4	2.8	(26.7)*	2.0	1.0	0.8?	80	-	-
Tc254:W1-level 1	4.2	10	2.8	2.3	0.5	3.5	41.9	3.0	1.3	0.5?	90	80	-
Cupianique phase (850-300 B.C.) Layers A1 and A2 and House 2 of excavation HP 5 next to Huaca Prieta													
HP5A1S-3	9.8	20	3.6	1.2	0.5	3.1	(60)*	4.2	0.5	0.2	95	70	CU-1
HP5A2-3	7.5	20	2.5	1.7	0.4	2.5	40	3.4	0.4	0.3	120	80	CU-2
HP5H2V-2	7.2	16	2.8	1.8	0.5	2.9	49	4.1	0.8	0.2	90	80	CU-3
HP5A1-3	7.2	12	2.9	1.4	0.5	2.6	(33)	3.6	0.7	0.3	90	60	CU-4

* Cob length almost complete.

¹ Parentheses indicate that cob length is incomplete.

² Cupule length for Tehuacán specimens is average of two measurements.

³ Cupule wing width for Tehuacán specimens is estimated: (Cupule Width, Exterior - Cupule Width, Internal)/2

Comentarios:

¹ Traducido por el autor, con la asistencia de Víctor Vásquez Sánchez. Los corchetes indican que algo fue añadido al texto de 1979.

² En los últimos 50 años habían varias revisiones de las teorías evolutivas de maíz y teocinte (reexaminado por Randolph 1976; Goodman 1988; Wilkes 2004; Kato 2009; Grobman 2013). Después del fallecimiento de la Teoría Tripartida de Mangelsdorf y Reeves (1959), Galinat (1971), Doebley (1990) y otros reformularon el modelo de domesticación de un teocinte anual mexicano (TAM). Ahora este modelo está soportado por la mayoría de “zeólogos.” Dentro de este “escuela” hay varios conceptos para explicar la variación del maíz. En uno, la diversidad resultaría por mutaciones de los genes ancestrales y selección por muchas culturas regionales de caracteres interesantes en varios ambientes. En cambio, Kato (1984, 2009), basado en datos de nudos cromosómicos, propuso que habían cinco domesticaciones de TAM y de *Zea mays huehuetenangensis* en Mesoamérica y que así varios complejos de razas modernas resultaron (pero tocó a no más que un parte de los complejos del maíz americano).

Después de 1971 también sobrevivía el idea de que la gente de México domesticaron uno o más maíces silvestres. Randolph (1976), para explicar la

variación morfológica, citológica e fisiológica de maíz, propuso que el cultivo ha tenido dos o más ancestros silvestres cuyas formas aparentemente demostraron el gran complejo de caracteres típicos de los maíces, modernos e antiguos, no de los teocintes.⁶ Wilkes (1967, 1979, 2004) y Bird (1979, 1980, 1991, ms.) han propuesto dos variantes de un modelo: el origen de la variación de *Zea* por “introgresión interseccional.”³ Grobman (2013) ha propuesto que la diversidad de maíz tiene origen en la hibridación entre uno o mas maíces recién domesticado y uno o más TAMs (no dio cuenta que los teocintes de sección *Luxuriantes* podrían tener un rol).⁹

³ En el mismo año en que mi nota fue comunicado, 1979, H. Garrison Wilkes publicó un modelo muy semejante con domesticación de un maíz silvestre seguido por hibridación entre el cultivo incipiente y un teocinte de la sección *Luxuriantes* de *Zea*. Wilkes propuso que el teocinte paternal fue *Z. diploperennis*, mientras yo sugerí que fue *Zea luxurians*. Para los dos, todos los maíces modernos, los TAMs y *Z. mays* subesp. *huehuetenangensis*, un teocinte muy único de Guatemala, evolucionaron de esta mezcla.

Zea diploperennis y *Z. luxurians* son miembros de la sección *Luxuriantes* del género *Zea*. Semillas de *Z. luxurians* fueron recibidas en Francia en 1869, resultando en muchos estudios de su valor como forraje.¹¹ Por su carácter único, ha sufrido varios cambios de nombres formales e informales (Rossignon 1869; Wilkes 1967; Bird 1978). *Z. diploperennis* fue descubierto por Rafael Guzmán M. en el oeste de México cerca a las poblaciones de *Z. perennis* (Guzmán 1985; Benz et al. 1990).

⁴ Ahora *Z. luxurians* ha desaparecido en Honduras, pero en el año 2000 un nuevo teocinte, descubierto en el noroeste de Nicaragua, fue nombrado *Zea nicaraguensis* por Hugh Iltis y Bruce Benz. Es parecido a *Zea luxurians* pero sobrevive inundaciones a largo plazo y una planta puede seguir creciendo, resultando en varias cosechas (Bird 2000, 2011; Iltis y Benz 2000).¹² Tres poblaciones de teocinte mexicano de la sección *Luxuriantes*, todavía sin nombres taxonómicos, fueron recién descubiertas, en Nayarit, Michoacán e Oaxaca, lo último considerado como un pariente cercano de *Z. luxurians* (Sánchez et al. 2011). No es imposible que varios miembros de *Zea* sec. *Luxuriantes* han contribuido al maíz moderno.

⁵ Basado en fechas directas AMS, el fechamiento de las corontas de Tehuacán fue cambiado después de 1979 (Smith 2005; Benz et al. 2006; Bird ms.). El método AMS de obtener fechas radiocarbónicas directas fue desarrollado en 1977, y su aplicación a estudios de maíz cambió nuestro entendimiento de la evolución de *Zea*. Fechas directas de las corontas excavadas cerca de Tehuacán, México establecieron que los mas antiguos ahí tenían las edades 4600-4700 ¹⁴C ante el presente, a.p. (Blake et al. 2012) en vez del rango ca. 5500-6900 a.p. que estimaron Mangelsdorf, MacNeish y Galinat (1967b). Mas tarde dos pequeñas corontas de la Cueva Guilá Naquitz, en Oaxaca no lejos de Tehuacán, dieron las fechas 5410 a.p. y 5420 a.p., no calibradas (Piperno y Flannery 2001).

⁶ La forma de las corontas (tusas) del maíz mas antiguo de Tehuacán no tenía ninguna semejanza a las de los teocintes basado en 15 (o más) caracteres que

todavía les distinguen (Mangelsdorf *et al.* 1967b; Randolph 1976; Benz and Iltis 1990; Bird 1991, 1994). Los 15 son, para maíz: raquis sólido no fragmentando cuando maduro, entrenudos cortos (menos que 4.9 mm), más que 12 entrenudos por mazorca, cuatro o más rangos de copillas, dos espiguillas por copilla femenina, médula notable, glumas reclinadas, obcordatas y delgadas al ápice, largura de raquillas mas que 1.5 mm, copillas menos que 6 mm en largura con un índice de largo por ancho menos que dos, alas de las copillas extendidas, y las copillas no muy duras. No es imposible que podía reproducirse sin la ayuda del ser humano. Las mazorcas tenían un largo no mayor que 3 cm y tenían como 64 semillas pegadas al raquis por raquillas delgadas y no fuertes, y los pájaros y animales posiblemente las distribuyeron (Grobman 2013; Bird ms.).

⁷ Además de la domesticación de un maíz silvestre, lo mas importante de que estoy proponiendo es la hibridación entre el maíz temprano y *Z. luxurians*. Los dos genomas difieren en muchas maneras; entonces simplemente las recombinaciones de los alelos pueden resultar en una diversidad enorme. Además, híbridos entre las dos especies producen mutaciones y aparentemente activan los transposones de que hay muchos en *Zea* (Bianchi 1957; Mangelsdorf 1974:133-139). Tales activaciones tienen y tenían muchos efectos genéticos.

⁸ La primera descripción de clases del maíz andino y alto amazónico fue por Hugh Cutler (1946), con el consejo de Edgar Anderson. Pronto salió un gran serie de libros que describieron cientos de razas de maíz latinoamericano, la serie listada por Brown y Goodman (1977) y Grobman (2013). Entendimiento de relaciones entre las razas, basado en estadística multivariable, empezó con un estudio de razas andinas (Bird 1970) y un estudio de los datos morfológicos ya publicado en los libros (Bird y Goodman 1978). Esto fue seguido por una acumulación masiva de observaciones de nudos cromosómicos y después por un gran estudio de isoenzimas (McClintock *et al.* 1981; Kato 1996; Sánchez *et al.* 2006, 2007).

⁹ Evidencia acerca la introducción del maíz al Perú es un poco complicado. Muchas mazorcas y corontas del tipo Confite Iqueño han salido de ocupaciones arqueológicas asociadas con características de la cultura Chavín (2750-2150 a.p.; Grobman *et al.* 1961; Bird 1987, 1990). Obviamente es emparentado con los maíces centroandinos – especialmente los con mazorcas con muchas hileras y forma redonda. Ocho fechas directas (2561-2245 a.p.) de corontas y tallos de esta período fueron publicado (Blake 2006; Blake *et al.* 2012). Varios arqueólogos han encontrado un número bajo de corontas y otras muestras de maíz en sitios de los períodos Cerámica Inicial, Precerámico Tardío y Precerámico Medio con ocupaciones fechadas hasta 6500 ¹⁴C a.p. (Bonavía and Grobman 1989; Bird 1990; Bonavía 2013; Grobman 2013). Fechas directas determinadas de unas muestras de estos períodos son: 5900, 4770, 4500, 4181, 3783, 3740, 3599, 3000 a.p., de los sitios Cahuachi, El Castillo, Huaca Prieta y Paredones (Blake *et al.* 2012; Grobman *et al.* 2012); hay muchas otras muestras de maíz que han aparecido en ocupaciones del precerámico pero sin fechas directas o con fechas rechazadas. Entre todas hay mucha variación en tamaño y otras características que son un parte del misterio del maíz andino.

Se nota que para el maíz pre-Chavín hay varias temporadas largas (de 1130, 600 y 400 años) en que posiblemente el maíz fue ausente o muy raro.

¹⁰ Ahora el término “*Z. mexicana*” no está usado; antes refirió a los teocintes anuales de México (TAMs) y el teocinte del noroeste de Guatemala. Ahora estas poblaciones están nombrados como tres subespecies de *Z. mays*: *mexicana*, *parviglumis*, y *huehuetenangensis* (Iltis and Doebley 1980; Doebley 1990). Son los dos primeros, los TAMs, que tienen muchos nudos cromosómicos en común con maíces mesoamericanos y caribeños (Kato 1984, 2009).¹⁰

¹¹ Una demostración de las relaciones entre TAMs, maíces andinos y maíces caribeños salió de un estudio de SSRs de cloroplastos (Provan *et al.* 1999; Bird 2012). Apoyó los patrones ya conocidos por estudios de nudos cromosómicos y de isoenzimas.⁷ Lo mas interesante es que antiguamente *Zea* se dividió en tres clases: *Zea mays huehuetenangensis*, otro dominado por maíces andinos, y el tercero con los TAMs y los maíces mesoamericanos y caribeños (razas de los Estados Unidos y Canadá no fueron incluido en el estudio). Los TAMs se separaron de la última clase mas tarde.

¹² En 1869 Rossignon reportó el envío un paquete de semillas de un teocinte guatemalteco a Francia con la tarjeta “téozinté,” ahora conocido como *Zea luxurians*. Científicos franceses enviaron semillas de *Z. luxurians* a las colonias francesas; de allí expandieron a otros países tropicales (Wilkes 1967). Nadie ha reportado que el término “teocinte” o “teocintle” está o estaba usado por gente tradicional en México.

¹³ Aunque varios genetistas han considerado *Z. nicaraguensis* parte de la especie *Z. luxurians* por su semejanza química-genética, tiene unos caracteres morfológicos y fisiológicos que indican que pertenece a un taxón distinto (Iltis and Benz 2000; Benavides 2002). Cuando yo lo ví por primera vez en una estación experimental del CIMMYT in 1994, las plantas tenían muchos macollos (ramas basales) creciendo en una manera rara. Una de estas plantas floreció tres veces, en 1994, 1995 y 1996. Hice crecer muchas plantas de esta especie en Carolina del Norte y experimenté mucho con clones (macollos separados), notando adaptación a la inundación, floración (usando noches alargadas artificiales), reclinación de los tallos jóvenes hasta el suelo, etc. (Bird 2000). Con los doctores Carlos Henry Loaisiga y Alfredo Grijalva y el Ing. Álvaro Benavides, en 2001 visitamos a las únicas poblaciones (dos), muy pequeñas y amenazadas, y encontramos plantas de cinco metros de alto (Bird 2011). Obviamente habían sufrido inundación para una temporada larga, y fueron usados como pasto para ganado. Colectamos casi 100 muestras individuales de semillas para almacenar en bancos de germoplasma.

¹⁴ Ahora estimo que la fecha de la hibridación entre las secciones es como 4000 años ante el presente (2000 a.C., no calibrado). Entonces restos de *Zea* del período 6000-3000 años A.P., de Arizona, Honduras, Peru o Brasil, deben recibir estudios detallados, morfológicamente y cronológicamente, buscando evidencia de la hibridación, revisando todo con cuidado en una manera cuantitativa y comparativa.

¹⁵ Las cuevas Valenzuela's y Romero's de Tamaulipas se encuentran ca. 350 km al noreste del teocinte moderno mas cercano (Sánchez *et al.* 1998; Hanselka 2011). Entre las muestras abundantes de las dos cuevas, hay varios que parecen ser de la raza Chalco del teocinte *Z. mays* subesp. *mexicana* y unos de maíz teosintoide (Mangelsdorf *et al.* 1967; Wilkes 1977).

¹⁶ Las evaluaciones involucrarían la inclusión balanceada de muestras de todas las especies, subespecies, complejos de razas de maíz y, en el caso de los TAMs, las siete super-poblaciones. Uso de un sistema de estadística recién desarrollado, Structure, podría ayudar en la evaluación de la posibilidad de introgresión de la sección *Luxuriantes* en el maíz (Pritchard *et al.* 2000; van Heerwaarden *et al.* 2011).

Referencias Bibliográficas

Benavides G., A. (2002): Caracterización y evaluación *ex situ* de una población de teocinte anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) recolectada en el norte de Chinandega, Nicaragua. *La Calera* 2:6-13. Universidad Nacional Agraria, Managua. <http://www.pgrfa.org/gpa/nic/textos/publicaciones/Teocintle-de-Nicaragua.pdf> recuperado 6 abr 2015

Benz, B. F., L. Cheng, S. W. Leavitt and C. Eastoe. (2006): El Riego and early maize agricultural evolution. In: J. E. Staller, R. H. Tykot and B. F. Benz (eds.), *Histories of Maize*, p 73-82. Left Coast Press, Walnut Creek, CA, 714 pp.

Benz, B. F. and H. H. Iltis. (1990): Studies in archaeological maize I: The "wild" maize from San Marcos Cave reexamined. *American Antiquity* 55:500-511.

Benz, B. F., L. R. Sánchez-Velásquez and F. J. Santana Michel. (1990): Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis*: Preliminary investigations. *Maydica* 35:85-98. (online)

Bianchi, A. (1957): Defective caryopsis factors from maize-teosinte derivatives. I. Origin, description and segregation. *Genetica Agraria* (Soc. Ital./Rom.) 7:1-38.

Bird, R. McK. (1970): Maize and its cultural and natural environment in the Sierra of Huánuco, Peru. Unpublished Ph.D. dissertation, Dept. of Botany, Univ. of California, Berkeley. 311 p. *University Microfilms (ProQuest)* 7109767. (ResearchGate)

Bird, R. McK. (1978): A name change for Central American teosinte. *Taxon* 27:361-363.

Bird, R. McK. (1979): The evolution of maize: a new model for the early stages. Communicated in *Maize Genetics Cooperation News Letter* 53:53-54. <http://mnl.maizegdb.org/mnl/53/58bird.html> recuperado 6 abr 2015

Bird, R. McK. (1980): Maize evolution from 500 B.C. to the present. *Biotropica* 12:30-41.

- Bird, R. McK. (1987): A postulated tsunami and its effects on cultural development in the Peruvian Early Horizon. American Antiquity 52:285-303.
- Bird, R. McK. (1990): What are the chances of finding maize in Peru dating before 1000 B.C.?: Reply to Bonavia and Grobman. American Antiquity 55:828-840.
- Bird, R. McK. (1991): Comments, M. A. Blumler and R. Byrne. The ecological genetics of domestication and the origins of agriculture. Current Anthropology 32:36-37.
- Bird, R. McK. (1994): Manual for the measurement of maize cobs. In: S. Johannessen and C. A. Hastorf (ed.), Corn and Culture in the Prehistoric New World, p. 5-22. Westview Press, Boulder, CO.
- Bird, R. McK. (2000): A remarkable new teosinte from Nicaragua: Growth and treatment of progeny. Communicated in Maize Genetics Cooperation Newsletter 74:58-59. <http://mnl.maizegdb.org/mnl/74/74bird.html>
[recuperado 6 abr 2015](#)
- Bird, R. McK. (2011): Descubriendo, caracterizando y utilizando germoplasma de los teosintes centroamericanos. In: C. H. Loáisiga Caballero, D. Salazar Centeno, A. Benavides González and J. D. Cisne (eds.). Memorias del Primer Congreso Nacional del Teocintle de Nicaragua (Zea nicaraguensis Iltis & Benz), p. 2-17. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. http://departir.net/index.php/biblioteca/doc_view/33-memoria-de-congreso
[recuperado 6 abr 2015](#)
- Bird, R. McK. (2012): The maze of Zea: I. Chloroplast SSRs and evolution. Maydica 57:194-205. http://www.maydica.org/articles/57_194.pdf
[recuperado 6 abr 2015](#)
- Bird, R. McK. ms. The maize of Zea. II. Domestication of a wild maize.
- Bird, R. McK. and M. M. Goodman. 1978 (1977): The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. Economic Botany 31:471-481.
- Blake, M. (2006): Dating the initial spread of Zea mays. In: J. E. Staller, R. H. Tykot and B. F. Benz, Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize, pp. 55-72. Elsevier, San Diego and New York.
- Blake, M., B. Benz, N. Jakobsen, R. Wallace, S. Formosa, K. Supernant, D. Moreiras and A. Wong. (2012): Ancient Maize Map, Version 1.1: An Online Database and Mapping Program for Studying the Archaeology of Maize in the Americas. Laboratory of Archaeology, University of British Columbia, Vancouver. <http://en.ancientmaize.com/> [recuperado 6 abr 2015](#)
- Bonavia, D. (with A. Grobman). (2013): Maize: Origin, Domestication, and Its Role in the Development of Culture. Cambridge University Press. 586 p.

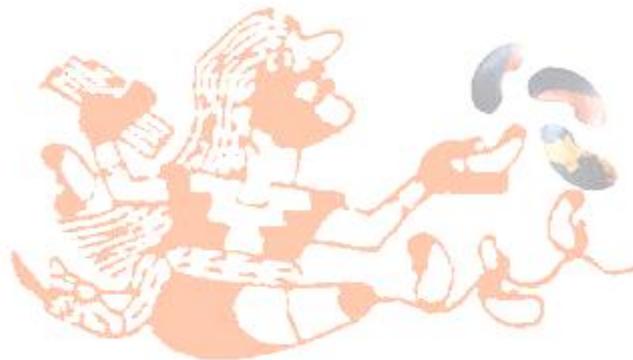
- Bonavía, D. and A. Grobman. (1989a): Preceramic maize: A necessary clarification. American Antiquity 54:836-840.
- Brown, W. L. and M. M. Goodman. (1977): Races of corn. In: G. F. Sprague (ed.), Corn and Corn Improvement, 2nd ed., p. 49-88. Agronomy Series 18, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Cutler, H. C. (1946): Races of maize in South America. Botanical Museum Leaflets, Harvard University 12:257-291. <http://www.biodiversitylibrary.org/item/32876#page/277/mode/1up> (p. 257-300) recuperado 6 abr 2015 (Spanish translation by Martín Cárdenas: 1948-1949. Razas de maíz en Sud America. Revista de Agricultura de la Universidad Mayor de San Simón 4/5:1-30.)
- Doebley, J. F. (1990): Molecular evidence and the evolution of maize. Economic Botany 44 (Suppl):6-27.
- Galinat, W. C. (1971): The origin of maize. In: H. Roman (ed.), Annual Review of Genetics 5:447-478.
- Goodman, M. M. (1988): The history and evolution of maize. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 7:197-220.
- Grobman, A. (2013): Appendix. Origin, domestication, and evolution of maize: new perspectives from cytogenetic, genetic, and biomolecular research complementing archaeological findings. In: Bonavia, D. Maize: Origin, Domestication, and Its Role in the Development of Culture, p. 329-487. Cambridge University Press.
- Grobman, A., W. Salhuana and R. Sevilla with P. C. Mangelsdorf. (1961): Races of Maize in Peru. Their Origins, Evolution and Classification. Publication 915, National Academy of Sciences - National Research Council, Washington, DC. 374 p.
- Grobman, A., D. Bonavia, T. D. Dillehay, D. R. Piperno, J. Iriarte and I. Holst. (2012): Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 109:1755-1759 plus 7 pp. of Supporting Information. (online)
- Guzmán M., R. (1978): Redescubrimiento de Zea perennis (Gramineae). Phytologia 38:177.
- Guzmán M., R. (1985): Protección e investigación al habitat de Zea diploperennis. Documentos Científicos (Universidad de Guadalajara, Jalisco, Mexico). 40 p.
- Hanselka, J. K. (2010): Informal planting of squashes and gourds by rural farmers in southwestern Tamaulipas, Mexico, and implications for the local adoption of food production in prehistory. Journal of Ethnobiology 30:31-51.
- Ittis, H. H. and B. F. Benz. (2000): Zea nicaraguensis (Poaceae), a new teosinte from Pacific coastal Nicaragua. Novon 10:382-390.

<http://biostor.org/cache/pdf/13/23/b6/1323b6cc4c1a50bf838d4ad9e88e235c.pdf> recuperado 6 abr 2015

- Iltis, H. H. and J. F. Doebley. (1980): Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. American Journal of Botany 67:994-1004.
- Kato Y., T. A. (1984): Chromosome morphology and the origin of maize and its races. In: M. Hecht, B. Wallace and G. T. Prance (ed.), Evolutionary Biology Vol. 17, p. 219-253. Plenum, New York.
- Kato Y., T. A. (1996): Revisión del estudio de la introgresión entre maíz y teocintle. In: J. A. Serratos, M. C. Willcox and F. Castillo (ed.), Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: Implicaciones para el maíz transgénico, p. 48-57. CIMMYT, México, D.F., México. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/741/63197.pdf> recuperado 6 abr 2015
- Kato Y., T. A. (2009): Capítulo IV. Teorías sobre el origen del maíz. In: T. A. Kato Y., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H. and R. A. Bye B. (ed.), Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica, p. 43-68. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Kempton, J. H. and W. Popenoe. (1937): Teosinte in Guatemala. Contributions to American Archaeology 23:200-217. Publication 483, Carnegie Institution of Washington, Washington, DC.
- Longley, A. E. (1937): Morphological characters of teosinte chromosomes. Journal of Agricultural Research 54:835-862. <http://naldc.nal.usda.gov/download/IND43968999/PDF> recuperado 6 abr 2015
- Mangelsdorf, P. C. (1974): Corn: Its Origin, Evolution, and Improvement. Belknap Press of the Harvard University Press, Cambridge. 262 p.
- Mangelsdorf, P. C., R. S. MacNeish and W. C. Galinat. (1967a): Prehistoric maize, teosinte and *Tripsacum* from Tamaulipas, Mexico. Botanical Museum Leaflets, Harvard University 22:33-63. <http://www.biodiversitylibrary.org/item/31869#page/52/mode/1up> recuperado 6 abr 2015
- Mangelsdorf, P. C., R. S. MacNeish and W. C. Galinat. (1967b): Prehistoric wild and cultivated maize. In: D. S. Byers (ed.), Environment and Subsistence, p. 178-200. The Prehistory of the Tehuacán Valley, Vol. I, University of Texas Press, Austin.
- Mangelsdorf, P. C. and R. G. Reeves. (1959): The origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression. Botanical Museum Leaflets, Harvard University 18:389-411.

- McClintock, B., T. A. Kato, and A. Blumenschein. (1981): Chromosome Constitution of Races of Maize. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico. 517 p.
- Piperno, D. R. and K. V. Flannery. (2001): The earliest archaeological maize (Zea mays L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 98:2101-2103. (online)
- Pritchard, J. K., M. Stephens and P. Donnelly. (2000): Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155:2 945-959. (online)
- Provan, J., P. Lawrence, G. Young, F. Wright, R. Bird, G. Paglia, F. Cattonaro, M. Morgante and W. Powell. (1999): Analysis of the genus Zea (Poaceae) using polymorphic chloroplast simple sequence repeats. Plant Systematics and Evolution 218:245-256.
- Randolph, L. F. (1976): Contributions of wild relatives of maize to the evolutionary history of domesticated maize: A synthesis of divergent hypotheses. I. Economic Botany 30:321-345.
- Rossignon, J. (1869): [carta leida a una reunión, Extraits des Procès Verbaux]. Bulletin de la Société d'Acclimatation ser. 2, vol. 6:487-488.
- Sánchez G., J. J., L. De La Cruz L., V. A. Vidal M., J. Ron P., S. Taba, F. Santacruz-Ruvalcaba, S. Sood, J. B. Holland, J. A. Ruíz C., S. Carvajal, F. Aragón C., V. H. Chávez T., M. M. Morales R., and R. Barba-González. (2011): Three new teosintes (Zea spp., Poaceae) from México. American Journal of Botany 98:1537-1548. http://xa.yimg.com/kq/groups/22176678/1323701150/name/SanchezEtAl2011_3newTeosintes.pdf recuperado 6 abr 2015
- Sánchez G., J. J., M. M. Goodman, R. McK. Bird and C. W. Stuber. (2006): Isozyme and morphological variation in maize of five Andean countries. Maydica 51:25-42. http://www.maydica.org/articles/51_025.pdf recuperado 6 abr 2015
- Sánchez G., J. J., M. M. Goodman and C. W. Stuber (2007): Racial diversity of maize in Brazil and adjacent areas. Maydica 52:13-30. <http://www.cropsci.ncsu.edu/maize/publications/SanchezBrazil.pdf> recuperado 6 abr 2015
- Sánchez G., J. J., T. A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández C., A. López R. and J. A. Ruíz C. (1998): Distribución y Caracterización del Teocintle. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Guadalajara, Mexico. 149 p., 21 tables
- Smith, B. D. (2005): Reassessing Coxcatlan Cave and the early history of domesticated plants in Mesoamerica. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 102:9438-9445.

- van Heerwaarden, J., J. Doebley, W. H. Briggs, J. C. Glaubitz, M. M. Goodman, J. de J. Sanchez-Gonzalez and J. J. Ross-Ibarra. (2011): Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 108:1088–1092. (online)
- Wilkes, H. G. (1967): Teosinte: the Closest Relative of Maize. The Bussey Institution of Harvard University, Cambridge, MA. 158 p.
- Wilkes, H. G. (1977): Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. Economic Botany 31:254-293.
- Wilkes, H. G. (1979): Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. Crop Improvement (India) 6:1-18.
- Wilkes, H. G. (2004): Corn, strange and marvelous: But is a definitive origin known? In: C. W. Smith, J. Betrán and E. C. A. Runge (eds.), Corn: Origin, History, Technology and Production, p. 3-63. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ



FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA

Los "pallares" (*Phaseolus lunatus* L.) de la época Mochica

Víctor F. Vásquez Sánchez
Teresa Rosales Tham

Se presentan en este apartado una serie de fotografías de semillas de "pallar" *Phaseolus lunatus* L. de origen arqueológico, que provienen de contextos de la época Mochica del Complejo Arqueológico El Brujo, específicamente del sitio Paredones.



Figura 1.- Semillas de "pallares" *Phaseolus lunatus* L. que proceden de contextos de la época Mochica del sitio Paredones en el Complejo Arqueológico "El Brujo", de la forma lima con formas muy arriñonadas, a excepción de la última redondeada que corresponde al final de la ubicación en la vaina. Créditos: (2016) Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoeológicas Andinas, "ARQUEOBIOS". Víctor F. Vásquez Sánchez.

Existen dos principales reservas genéticas domesticadas a partir de dos formas silvestres separadas y con morfotipos de una semilla diferente. La forma de semilla lima es debido a su origen en la costa del Perú, donde se encuentran las formas silvestres (*Phaseolus pachyrrhizoides* Harms, *Phaseolus augusti* Harms, *Phaseolus bolivianus* Piper, *Phaseolus rosei* Piper) que genéticamente son muy parecidas. Los estudios de ADN mostraron que una de las reservas genéticas estaba restringido a los Andes occidentales, en Ecuador y el norte de Perú. El estudio también reveló la existencia de un tercer grupo de frijol silvestre distribuido en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, Colombia. Las tres especies *P. augusti*, *P. bolivianus* y *P. pachyrrhizoides*

diferían muy poco, ciertamente no lo suficiente como para merecer una clasificación taxonómica separada a nivel de especie.

Las adhesiones podrían agruparse según cuatro orígenes geográficos: Ecuador y el norte del Perú; Departamento de Junín, Perú; Departamentos de Cuzco y Apurímac, Perú; y Bolivia. La distribución de la forma silvestre en la zona norte (los resultados de pruebas de electroforesis de proteínas muestran que es el antepasado de la población andina) sugiere que un evento de domesticación tuvo lugar en esta área y que se expandió hacia las partes altas de Ecuador y Colombia, costa y otras partes altas de Perú y Bolivia (Debouck, D.G, Linán Jara, J.H., Campara Sierra, A. & De la Cruz Rojas, J.H. 1987. Observations on the domestication of *Phaseolus lunatus* L. FAO/IBPGR Plant Genet. Resour. Newsl., 70: 26-32).



Figura 2.- Semillas de "pallar" *Phaseolus lunatus* L. mostrando otras formas menos arriñonadas, con patrones de colores típicos de la zona andina y que son producto de la polinización cruzada que en esta especie supera el 32% razón por la cual en la iconografía mochica se muestra diversas formas y colores representados. Credits: (2016) Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas, "ARQUEOBIOS". Víctor F. Vásquez Sánchez.

En muchas partes de la cordillera andina (en los valles interandinos secos a 2.000 m de Nariño, Colombia: Imbabura y Azuay en Ecuador y Cajamarca en Perú) *Phaseolus lunatus* se ve frecuentemente creciendo en muros antiguos que separan parcelas y carreteras o sobre deslizamientos y pendientes. En otras partes del Perú (Cajamarca, La Libertad), los tipos de

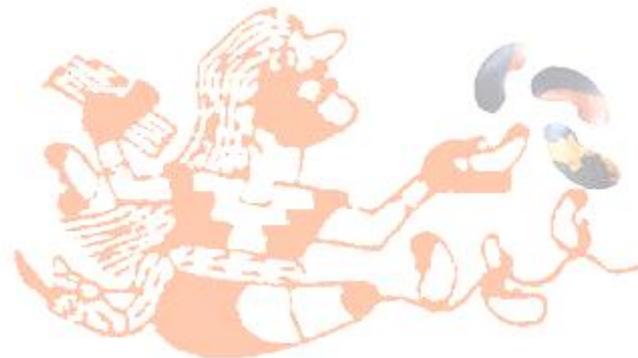
gran lima se siembran en torno a las pequeñas fincas. En algunos lugares, las plantas se comportan espontáneamente y se cruzan con las formas silvestres que existen en el área circundante (por ejemplo en Succhubamba, Cajamarca).

Este flujo genético causa por lo tanto que la nueva progenie adquiera características diversas tanto en la forma y colores de las semillas, pero también en el hábito de la planta que se vuelve semi-silvestre.

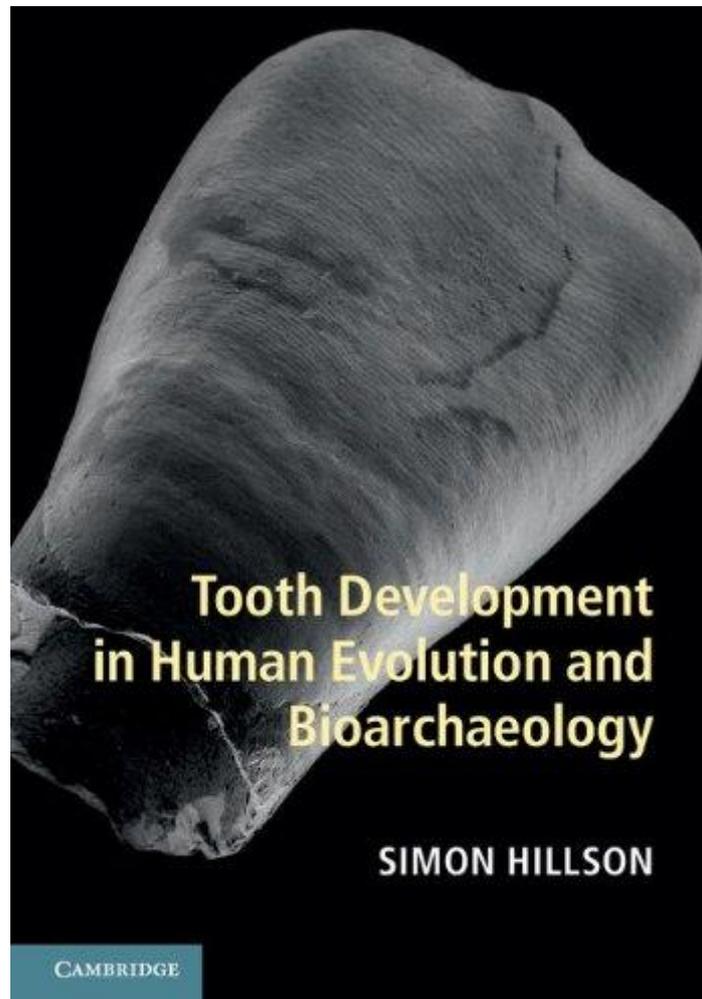
Según los especialistas del IPGRI (sede en Colombia) indican que no se conocen todas las razones de su estado a lo largo de los 200 años posteriores a 1492. Por lo tanto, todo el germoplasma recolectado de estas especies durante los últimos 60 años y la información que les concierne son escasos en relación con lo que debió haber existido antes de la conquista, es decir en la épocas Mochica, Chimú e Inca, donde los ejemplares de pallares presentados en las figuras 1 y 2 fueron comunes en los contextos arqueológicos y aparentemente estos fenotipos han desaparecido.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente sustentado y la proliferación de una noticia en redes sociales, eventos y conferencias, sobre una forma de "pallar" que han denominado "pallar mochica", advertimos que es un error esa asignación, porque ese fenotipo deriva de los andes de Colombia, de la zona de Cundinamarca, donde es conocido como "pallar vaquita" (por los colores) y también en el departamento de Ica, es comercializado por la empresa SAMACA Productos Orgánicos: <http://www.samacaorganico.pe/productos.html>

Por lo tanto y ante las dudas de los protagonistas de esta noticia sobre el "Pallar Mochica", pueden confrontar sus muestras mediante un análisis de ADN antiguo con las semillas de procedencia Mochica para saber la ancestría.



LIBROS PUBLICADOS



Simon Hillson examina el papel único de los dientes en la preservación de registros microscópicos detallados de desarrollo a lo largo de la niñez y en la edad adulta. El libro revisa críticamente la teoría, los supuestos, los métodos y la literatura, proporcionando el fondo de la histología dental a los estudios antropológicos de la tasa de crecimiento y la interrupción del crecimiento. Los capítulos también examinan los estudios existentes sobre la tasa de crecimiento en el contexto de la evolución humana y el desarrollo de los primates en general, junto con las implicaciones para la historia de la vida. Los capítulos finales consideran cómo los defectos en la secuencia de desarrollo del diente arrojan luz sobre las consecuencias de las transiciones biológicas y sociales, contribuyendo a nuestra comprensión de la evolución del desarrollo humano moderno y la cognición. **Editor:** Cambridge University Press; Edición: 1 (31 de marzo de 2014) **Vendido por:** Amazon Media EU **Idioma:** Inglés

POLÍTICA EDITORIAL

La revista "ARCHAEOBIOS" tiene como meta realizar una publicación anual, en español e inglés y será un medio de difusión masivo donde especialistas nacionales y extranjeros puedan enviar manuscritos producto de sus investigaciones en Bioarqueología. La revista tendrá arbitraje, lo que implica que todos los artículos de investigación, artículos de revisión y notas técnicas remitidos al editor serán revisados por un equipo de expertos que conforman el comité editorial, los cuales después de una evaluación cuidadosa nos permitirá otorgar la aceptación para su publicación en la misma.

SECCIONES:

Los artículos de investigación, artículos de revisión y notas técnicas deben enviarse en soporte informático (CD) al responsable de la edición de la revista, por correo o por correo electrónico (<vivasa2401@yahoo.com>).

1.- Artículos de Investigación:

Los artículos deben ser redactados en español e inglés. No deben exceder de 25 páginas de 3000 caracteres cada una (incluyendo bibliografía, ilustraciones y notas). Los artículos deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores; del resumen del artículo en los dos idiomas, aproximadamente 700 caracteres cada uno; de un máximo de seis palabras claves (descriptores) en los dos idiomas; de la traducción del título a los dos idiomas, y de un contenido con: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y Referencias Bibliográficas".

2.- Artículos de Revisión:

Un artículo de revisión tiene como finalidad examinar la bibliografía publicada sobre un tema especializado y/o polémico, y situarla en una perspectiva adecuada para que su utilización en las interpretaciones bioarqueológicas sea adecuada. La revisión se puede reconocer como un estudio en sí mismo, en el cual el revisor tiene un interrogante, recoge datos, los analiza y extrae una conclusión.

Estos artículos deben ser redactados en español e inglés. No deben exceder de 25 páginas de 3000 caracteres cada una (incluyendo bibliografía, ilustraciones y notas). Los artículos deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores; del resumen del artículo en los dos idiomas, aproximadamente 700 caracteres cada uno; de un máximo de seis palabras claves (descriptores) en los dos idiomas; de la traducción del título a los dos idiomas, y el contenido del mismo es de formato libre.

3.- Notas Técnicas:

Las notas técnicas deben ser redactadas en español e inglés. No deben de exceder de 4 páginas a espacio simple con 3000 caracteres casa una (incluye la bibliografía e ilustraciones). Deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores. Las

notas técnicas deben estar referidas a temas nuevos donde se resalten metodología y tecnologías que se aplican en las investigaciones bioarqueológicas, o comentarios técnicos sobre algún tema relevante en bioarqueología.

4.- Ilustraciones (mapas, figuras, cuadros, fotos, etc.):

Todas las ilustraciones, numeradas y señaladas en el texto, deben ser entregadas en su forma definitiva, en soporte informático y con la indicación del programa utilizado (mapas y figuras en formato vectorial).

Cada ilustración debe identificarse con un número y acompañarse por: el apellido de su autor, de un título; de las fuentes; de una leyenda explicativa de hasta 150 caracteres.

Las fotos en lo posible deben ser de formato digital, aunque pueden ser escaneadas en alta resolución o entregadas en papel de buena calidad (formato 15 cm x 10 cm). Los mapas, planos, esquemas vienen acompañados de una escala gráfica, de la orientación y de una leyenda.

4.- Referencias Bibliográficas:

La bibliografía debe incluir todas las referencias citadas en el texto y sólo éstas. Las referencias bibliográficas se presentan al final del artículo, en una lista ordenada alfabéticamente. Los títulos de las revistas y los nombres de los organismos se indicarán completos (no están permitidas las siglas). Las referencias se presentarán bajo el formato indicado a continuación:

Referencias para Libros:

Estenssoro JC (2003): Del paganismo a la santidad. La incorporación de los indios del Perú al catolicismo 1532-1750, 586 p.; Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA) - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) Fondo Editorial.

Referencias para Artículos en Libros:

Barton H, Fullagar R (2006): Microscopy. In: Ancient Starch Research Edited by Robin Torrence and Huw Barton, Chapter 3, Pp. 47-52.

Referencias para Artículos de Revistas:

Han XZ, Hamaker BR (2002): Location of Starch Granule-associated Proteins Revealed by Confocal Laser Scanning Microscopy. Journal of Cereal Science 35:109–116.

5.- Evaluación:

El manuscrito será evaluado por el comité editorial de la Revista ARCHAEOBIOS. Los informes cuyo responsable puede quedarse en el anonimato, serán enviados a los autores. Si las correcciones solicitadas son de importancia menor, el manuscrito será aceptado para su publicación sin ser enviado de nuevo al evaluador. Si las correcciones son mayores, el manuscrito será mandado nuevamente al evaluador. En caso de una segunda evaluación negativa, el artículo será definitivamente rechazado. Cualquier manuscrito que no respete estas instrucciones (extensión, ilustraciones no conformes a la calidad requerida por la Revista ARCHAEOBIOS) será devuelto a lo autores para su corrección sin ser evaluada.

PROGRESO Y DESARROLLO RESPETANDO NUESTRO PATRIMONIO

Trabajamos con
Seguridad

Áreas de Seguridad y Salud Ocupacional

En Qetzal S.A.C. estamos comprometidos con la seguridad de todo nuestro personal, por tal motivo tenemos un reglamento interno, tomando como base el reglamento de seguridad y salud en el trabajo. De igual modo, nuestro personal continuamente es sometido a diferentes capacitaciones, razón por la cual en estos más de 10 años de trabajos continuos, tenemos cero accidentes fatales e incapacitantes.

Quiénes somos

Somos una empresa dedicada a la Consultoría técnico - científica en la evaluación, rescate, conservación y monitoreo del patrimonio arqueológico y ambiental en el Perú; en la ejecución de obras públicas y privadas en los sectores de infraestructura vial, energética, saneamiento, explotación minera y de hidrocarburos, expansión urbana y demás sectores comprometidos con el desarrollo del Perú.

Asimismo hacemos trabajos de investigación arqueológica y puesta en valor para fines turísticos.

Jr. Diego de Almagro 545 Of. 224 Centro Empresarial "La Marquesa" Trujillo

(044) 222511

Cel.: 949 438060 / 970 431872 / 947 844599 RPM: *351315 / *570203

RPC: 94 2710874 / 96 5386773

consultas@qetzalsac.com

www.qetzalsac.com



QETZAL S.A.C.

Arqueología & Gestión Ambiental