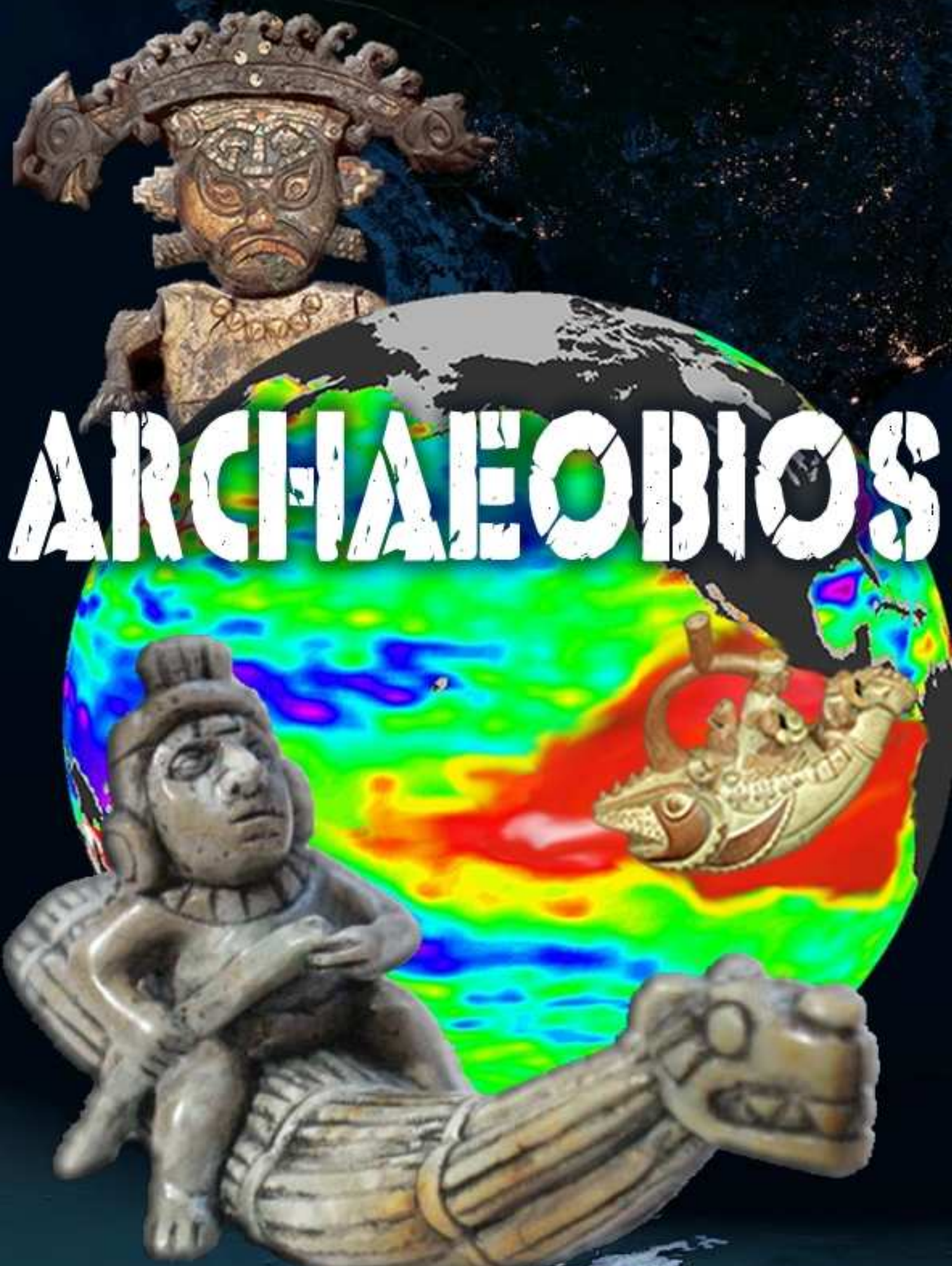


ARCHAEOBIOS



REVISTA DE BIOARQUEOLOGÍA “ARQUEOBIOS” Nº 4 Vol. 1, Año 2010

DIRECTOR:

Víctor F. Vásquez Sánchez (ARQUEOBIOS)

COMITÉ EDITORIAL:

Teresa E. Rosales Tham (Universidad Nacional de Trujillo, Perú)

Gabriel Dorado Pérez (Universidad de Córdoba, España)

Eduardo Corona Martínez (INAH, Cuernavaca, Morelos-México)

César Gálvez Mora (Ministerio de Cultura, Trujillo-Perú)

Catherine Gaither (Metropolitan State Collage of Denver, USA)

Isabel Rey Fraile (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España)

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Daniel S. Otiniano Quispe (Universidad Nacional de Trujillo, Perú)

INFORMACIÓN ADICIONAL:

Revista de Ciencias Aplicadas

Publicación Anual

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2007-07279

Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas
“ARQUEOBIOS”

Apartado Postal 595, Trujillo, Perú

Teléfono: +51-44-949585847

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

- El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores

CARÁTULA:

Imagen satelital de la lengua de aguas cálidas sobre el pacífico ecuatorial oriental en el climax de un evento El Niño, con imágenes de la iconografía mochica, una de las culturas que más impacto tuvo con El Niño.



CONTENIDO

- **INTRODUCCIÓN** **1**

- **ARTÍCULOS DE REVISIÓN**
 - Orígenes de la oscilación del sur “El Niño”* **5**
Víctor F. Vásquez; Gabriel Dorado; Teresa Rosales Tham

 - Eventos ENOS (El Niño, la Oscilación del Sur) y ocupación del desierto entre el Horizonte Temprano y el Intermedio Tardío: análisis de casos en los sectores medios de los valles de Moche y Chicama, Perú* **19**
César A. Gálvez Mora; María Andrea Runcio

 - Biological mass extinctions on planet Earth* **53**
Gabriel Dorado; Isabel Rey; Francisco Javier S. Sánchez-Cañete; Fernando Luque; Inmaculada Jiménez; Arturo Morales; Manuel Gálvez; Jesús Sáiz; Adela Sánchez; Pilar Hernández; Víctor F. Vásquez

 - Un comentario sobre la interacción humana y medioambiente en el valle bajo de Chicama* **65**
Tom D. Dillehay; Duccio Bonavía; Steven Goodbred; Mario Pino

 - Bioarchaeology and El Niño: Identifying the biological signature of disaster* **75**
Catherine M. Gaither

 - Permanecer tras el desastre: la ciudad de Saña después de los Niños de 1578 y 1720* **85**
Juan Castañeda Murga

 - Los Insectívoros del Pleistoceno inferior de la sierra de Atapuerca (Burgos, España)* **96**
Juan Rofes

- **LIBROS PUBLICADOS** **108**

- **POLÍTICA EDITORIAL**



INTRODUCCIÓN

El año 2007 fue el inicio de la publicación electrónica del primer número de la revista ARCHAEOBIOS, impulsada por la necesidad de difundir nuevos conocimientos mediante un medio eficaz y de difusión masiva como es Internet. En este año 2010 estamos publicando el número 4 de nuestra revista, con el objetivo de contribuir a la difusión de conocimientos nuevos y actualizados sobre un tema muy importante, como lo es El Niño, la Oscilación del Sur (ENOS, sus siglas en español).

En este número, la mayoría de artículos abordan el tema de El Niño, con una variedad de información, que va desde revisiones sobre sus orígenes hasta la valiosa información etnohistórica extraída de archivos históricos. El objetivo es contribuir con los diferentes profesionales que utilizan esta información para sus propias investigaciones, y que sus interpretaciones sean acertadas, y no arrastrar generación tras generación, los errores que se han transmitido en varios trabajos referidos a este tema.

La historia de El Niño, la Oscilación del Sur, ha permitido realizar numerosos estudios con la combinación de diferentes ciencias. La información extraída es valiosa, pero aún los expertos no tienen un patrón definido de su evolución y presencia en el tiempo, y su predicción es aún más difícil con las consecuencias e impactos del cambio climático que va experimentando el planeta tierra.

En el verano de 1983, fuimos testigos del impacto de uno de los eventos El Niño, más fuertes del siglo XX. En las playas del balneario de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco (Trujillo), pudimos ser testigos de cómo las aguas marinas habían experimentado un aumento de temperatura muy notorio y la abundante presencia de peces como *Hemirhamphus saltador* "picuda" (un pez de aguas cálidas), cerca de la orilla marina, especialmente en la desembocadura del río Moche, hacían experimentar un escenario marino de características tropicales. Cuando las aguas llegaron a su nivel más alto de calentamiento, peces como *Paralichthys peruanus* "suco", *Sciaena deliciosa* "lorna" y *Sciaena gilberti* "corvina", comenzaron a morir y flotar en las orillas de diversos balnearios de la provincia de Trujillo, evento que no se repitió con el Niño de los años 1997-1998, el último evento extraordinario que se ha experimentado en el siglo XX.

Estos escenarios e impactos que han causado los dos últimos eventos El Niño del siglo pasado, nos alertan para pensar no solamente en la variabilidad de las consecuencias que tiene El Niño en la fauna marina, sino también de realizar un buen razonamiento en el momento de interpretar las tanatocenosis recuperadas de las excavaciones arqueológicas, de sitios y épocas donde se han observado características asociadas a eventos El Niño.

En este caso, el estudio de los restos de la fauna marina (moluscos, crustáceos, peces, aves y mamíferos) debe realizarse con el máximo rigor posible, desde el proceso de excavación, recuperación, identificación taxonómica y cuantificación adecuada de los mismos, para tratar de obtener

mediante las listas de fauna identificadas, sus índices de diversidad y equitatividad, un mejor conocimiento de los sistemas ecológicos antiguos, a partir de los cuales realizar mejor las interpretaciones sobre los antiguos eventos El Niño. En este contexto, la articulación de otras disciplinas, como la Geología, Química y también los fechados radiocarbónicos, permitirán ampliar e interpretar mejor las alteraciones ocasionadas por El Niño en las sociedades prehispánicas.

Nuestra intención en la publicación de los siguientes artículos en el presente número de la revista, es contribuir con información que en algunos casos, no esta al alcance de todos los que desean tener conocimientos sobre este fenómeno. También pretendemos difundir nuestras ideas e interpretaciones que hemos adquirido con el transcurrir de los estudios en el nivel zooarqueológico y bioarqueológico, a pesar que el rol de los que analizamos los materiales orgánicos, es pasivo, comprendemos que una buena excavación, con estudios múltiples bien dirigidos, han permitido cohesionar bien todos los resultados para el conocimiento de los antiguos eventos El Niño, y que la opción de analizar materiales almacenados, con evidentes y numerosos procesos tafonómicos, no es la opción más adecuada.

En el primer artículo, conjuntamente con Gabriel Dorado y Teresa Rosales, hemos realizado una revisión sobre los orígenes de la oscilación del Sur "El Niño". La información que se vierte en el artículo tiene el objetivo de brindar al lector los diversos estudios paleo-oceanográficos, geoquímicos y paleo-geográficos que se han realizado desde el Cretácico, que es la época donde hay evidencias de la aparición de El Niño en la cuenca del Pacífico oriental. También abordamos desde una perspectiva evolutiva, las consecuencias que ha tenido la primera aparición de El Niño en la fauna marina del pacífico oriental, explicando mediante ejemplos, como en el lapso de millones de años, no se pueden observar cambios en la osteología de un determinado taxa, pero en el lapso de varios miles de años, los cambios pueden ser más rápidos y evidentes en otras especies, y en otro caso, pueden ser muy útiles para el rastrear los antiguos Niños sucedidos por ejemplo en el Pleistoceno final.

Mediante los recursos de la información arqueológica, etnográfica y etnohistórica, el artículo de Cesar Gálvez y Andrea Runcio, realizan un análisis preliminar de la ocupación prehispánica del desierto en los sectores medios de los valles de Moche y Chicama, teniendo como contexto los cambios climáticos y ambientales generados por el El Niño, la Oscilación del Sur (ENOS). Se realiza una descripción de los diversos espacios ocupados en el desierto, sus recursos y los remanentes de viviendas y refugios prehispánicos, planteándose un modelo de movimiento poblacional y ocupación del desierto durante las condiciones generadas por los eventos ENOS.

En el tercer artículo, el equipo liderado por Gabriel Dorado, nos presenta una información nueva y actualizada sobre los diversos acontecimientos que han conducido a la extinción masiva de entidades biológicas en el planeta tierra. Dentro de los acontecimientos graduales que ha experimentado el planeta tierra se cita a El Niño como uno de los causantes de la extinción de la

fauna marina y de impactos en los ecosistemas terrestres. Se detallan las extinciones masivas que han ocurrido en los últimos 540 millones años, que han extinguido aproximadamente el 50% de las especies vivientes, y también se alerta que estas extinciones masivas se están sucediendo cada 26 millones de años, con una tasa actual de extinción de especies 10.000 veces la media con respecto a lo que sucedió en el pasado. Se alerta también que para revertir esta tendencia se tienen que realizar cambios en los estilos de vida, en los niveles políticos y sociales.

Desde el año 2007 al presente, el equipo de Tom Dillehay viene realizando investigaciones multidisciplinarias en el sitio precerámico de Huaca Prieta. Como parte de estas investigaciones, Dillehay y colaboradores, presentan un artículo donde se observa como la articulación de la Geología, Química y los fechados radiocarbónicos, han permitido conocer aspectos nuevos sobre la paleoecología que tenía el sitio en los momentos de sus actividades agrícolas y marinas. También han permitido conocer los momentos en que el sitio fue impactado por un gran evento El Niño, y como era el paisaje en ese momento de la historia del sitio y los cambios en la topografía de la desembocadura del río Chicama y del litoral.

El quinto artículo de este número, lo presenta Catherine Gaither, una especialista en bioarqueología de poblaciones prehispánicas andinas. En su artículo nos permite conocer, como identificar y hacer un seguimiento del impacto sobre las antiguas poblaciones ante los desastres como El Niño. Se identifican los tipos de cambios biológicos que se observan después de un evento El Niño, como los cambios en los valores isotópicos referidos a la dieta, los cambios en la frecuencia y la naturaleza de los traumas, y cambios en la frecuencia de los indicadores biológicos de estrés. Estas investigaciones, ofrecen nueva evidencias a partir del estudio químico y osteológico de los entierros humanos de las sociedades prehispánicas, que nos permitan conocer el impacto del evento en la ontogenia de estas poblaciones.

Los estudios históricos y etnohistóricos sobre los eventos El Niño, han permitido conocer mediante la investigación de las fuentes respectivas, aspectos inéditos y valiosos de la vida de las poblaciones de la costa norte, después de la conquista. Juan Castañeda Murga nos presenta un artículo sobre los eventos El Niño que impactaron la ciudad de Saña. Por consideraciones de la originalidad del artículo y el estilo de este, presentamos el trabajo en su versión original, tal como fue entregada a la dirección de la revista, por lo que hemos obviado las normas de la política editorial en este caso, para aprovechar la riqueza de las fuentes históricas que maneja el autor.

El trabajo de Castañeda, nos lleva a través de las fuentes que cita, por dos escenarios diferentes de los desastres causados por los eventos El Niño de 1578 y 1720, realizando una reseña interesante de ambas fechas, donde se resaltan los daños ocurridos por las lluvias, inundaciones y las repercusiones de índole económica que tuvieron en aquellas épocas, así como los desplazamientos que hicieron sus pobladores, y las diferentes denominaciones que tenía esta ciudad a lo largo de su historia. También el trabajo alerta a los

arqueólogos que este sitio tiene un gran potencial para estudiar los eventos El Niño desde la perspectiva de la arqueología, y la articulación de otras ciencias.

Para finalizar la reseña de los artículos de este número, tenemos la contribución de Juan Rofes, del equipo de investigación que dirige Juan Luis Arzuaga en el proyecto Atapuerca, donde nos presenta una revisión de los insectívoros que vivieron en la sierra de Atapuerca en el Pleistoceno inferior. Se presenta la definición de un nuevo tipo de sorícido para el yacimiento de Gran Dolina, denominado en honor a este sitio, como *Dolinasorex glyphodon*, y se hace una reseña del potencial de los insectívoros que habitaron en Atapuerca y su utilidad en las reconstrucciones paleoambientales y paleobiogeográficas.

Finalmente y con la publicación de este número como un especial sobre temas de El Niño, agradecemos a todos los profesionales que contribuyen con sus trabajos y al equipo del comité editorial que trabaja arduamente para conseguir que la revista tenga cada vez más lectores y sirva como una herramienta de educación y formación de estudiantes y profesionales interesados en los diversos temas que abordamos anualmente.

El Director



ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Orígenes de la oscilación del sur “El Niño”

Víctor F. Vásquez¹; Gabriel Dorado Pérez²; Teresa Rosales Tham³

¹Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleocológicas Andinas (ARQUEOBIOS), Apartado Postal 595, Trujillo (Perú), CE: vivasa2401@yahoo.com; ²Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), CE: bb1dopeg@uco.es; ³Director del Laboratorio de Arqueobiología de la Universidad Nacional de Trujillo, Avda. Universitaria s/n, Trujillo-Perú, CE: teresa1905@hotmail.com

RESUMEN

Se presenta una revisión y discusión sobre los modelos paleoclimáticos que explican el origen de la oscilación del sur “El Niño” en el Cenozoico, mediante las pruebas paleogeográficas y paleoceanográficas recuperadas del océano pacífico en el Eoceno, Plioceno y Pleistoceno. Estos indicios indican que el origen de El Niño sería el Plioceno. En el Pleistoceno hay pruebas de oscilaciones entre El Niño y “La Niña”. Las consecuencias evolutivas de El Niño en los organismos marinos del pacífico oriental no están aún claras, pero los restos de peces pueden servir para estudiar mejor El Niño en el Pleistoceno final y Holoceno temprano.

Palabras clave: clima, ciclos, trópicos, corrientes marinas, aguas cálidas, aguas frías, lluvias, desastres naturales.

ABSTRACT

We present a review and discussion of a palaeoclimatic model that considers that the “El Niño”-Southern Oscillation (ENSO) phenomena started in the Cenozoic period. We provide paleogeographic and paleoceanographic evidences recovered from the Pacific Ocean dating from the Eocene, Pliocene and Pleistocene. The available data indicate that the origin of El Niño could be dated to the Pliocene and the Pleistocene, and also that there were oscillations between El Niño and “La Niña”. The evolutionary effects of the ENSO among the Eastern Pacific marine organisms are not yet clear, but fish remains can be useful to further study the ENSO occurrences during the Terminal Pleistocene and Early Holocene.

Keys word: climate, cycles, tropics, marine currents, hot waters, cold waters, rain, natural disasters.

Introducción

Los primeros estudios para entender la variabilidad del clima fueron realizados por el científico inglés Gilbert Walker (Walker, 1923). Por varios años se realizaron observaciones de los cambios de la presión atmosférica en América del Sur y en la región Indo-Australiana, y se detectaron que estos cambios ocurrían en sentido opuesto. Las observaciones mostraban que en años en que la presión atmosférica en la región Indo-Australiana era en promedio más baja que lo normal, en el océano Pacífico oriental era más alta. A este cambio en sentido opuesto de la presión atmosférica en ambas regiones, en periodos de dos a cuatro años, se le denominó Oscilación del Sur (OS), siendo publicado por Walker en 1923 (Walker, 1923).

En 1969 el meteorólogo noruego Jacob Bjerknes (Bjerknes, 1969) estableció que había relaciones de la OS y las fluctuaciones de temperatura del océano Pacífico en ambos lados. Estas relaciones se dan cuando una zona subtropical de alta presión está conectada con fuertes vientos alisios.

Estos ocasionan fuertes afloramientos, y por lo tanto bajas temperaturas en la superficie marina frente a las costas sudamericanas y en el ecuador. Si estas condiciones están muy marcadas, con predominio de vientos alisios del sudeste, especialmente fuertes y temperaturas muy bajas, el fenómeno recibe el nombre de "La Niña".

La relación contraria se presenta cuando hay un debilitamiento de la celda de Hadley, por la presión de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) hacia el sur, que provoca una disminución de la presión atmosférica en la zona de presión alta subtropical. Como consecuencia se produce el debilitamiento de los vientos alisios, disminuyendo el afloramiento y aumentando la temperatura del océano. Este aumento de temperatura del océano corresponde al inicio de un fenómeno que recibe el nombre de corriente u oscilación del sur "El Niño" (en inglés, "El Niño-Southern Oscillation"; ENSO), porque fue observado por pescadores del puerto de Paita (norte de Perú) en la época de Navidad y por tanto de la celebración del nacimiento del Niño Jesús.

ENSO es una respuesta al intercambio del movimiento angular entre la litosfera y la hidrosfera cuando ocurren cambios en la velocidad de la rotación terrestre. Así, en la época glacial, la mayor velocidad de rotación que debió tener la tierra, por menor carga oceánica en la zona ecuatorial, podría haber impedido la ocurrencia de un evento como El Niño. Sin embargo en el último máximo glacial este se hizo persistente (Morner, 1993).

Recientes estudios demuestran que El Niño que ocurre en el Pacífico oriental (EP-El Niño; del inglés Niño se ha vuelto más común durante este siglo, y se desarrolla en el centro del Pacífico. Este tipo de evento de El Niño, denominado El Niño del Pacífico Central (CP-El Niño; del inglés, "Central Pacific") o El Niño Modoki, se diferencia de El Niño en el Pacífico Oriental (EP-El Niño) por la localización de anomalías de las máximas de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) y teleconexiones tropicales en latitudes medias (Ashok y Yamagata, 2009).

En este artículo se analizan las anomalías y cambios que se sucedieron en el Pacífico occidental y oriental. El estudio se basa en pruebas de eventos de El Niño en el Cenozoico, usando la reconstrucción de los gradientes de las TSM en ambos lados del Pacífico y la posición de la ZCI que ocurre en una posición más septentrional durante la fase de El Niño. No abordamos en este trabajo las pruebas de la ENSO en las costas sudamericanas del Holoceno, porque es un tema amplio que será tratado en otro trabajo.

Los especialistas en este tema han utilizado diversos indicadores para estas reconstrucciones. Se discuten aquellas más adecuadas para el entendimiento del rastreo y origen de la ENSO, como la paleogeografía, los microfósiles planctónicos, geoquímica inorgánica de foraminíferos y geoquímica orgánica de sedimentos. Se debe tener en consideración que la sucesión de los eventos han sido análogos al presente, a excepción de aquellos factores como gases de invernadero, cobertura de hielo y radiación solar, que deben haber sido diferentes en el pasado (Martínez, 2009).

Pruebas de la ENSO en el Eoceno

A principios del Cenozoico, entre el Paleoceno y el Oligoceno, se produjo la tercera y última fase de la fragmentación del supercontinente Pangea. A inicios del Eoceno, el territorio que daría lugar al actual continente australiano todavía se encontraba unido al territorio que formaría la Antártida (Figura 1).

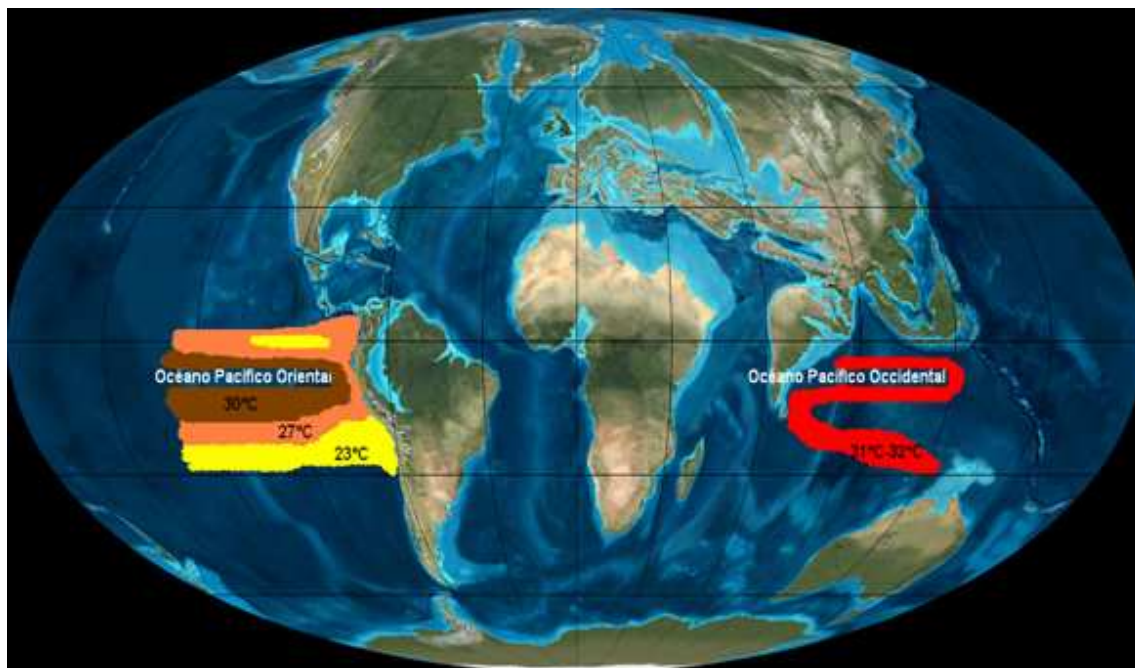


Figura 1. Escenario paleogeográfico del Eoceno. Se muestran las reconstrucciones de las TSM en el océano Pacífico oriental y occidental, según el modelo de Huber y Caballero (2003), y la distribución de los continentes, que muestra el desplazamiento de ambos polos. Fuente: <<http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/mollglobe.html>>, (derechos de Ron Blakey, NAU Geology) con datos de TSM tomados de Huber y Caballero (2003).

También las vías marítimas panameña y de Indonesia fueron despejadas, lo cual ha servido para argumentar una profundización de la termoclina en el Pacífico oriental o bancos de arena en el Pacífico occidental, que trajo como resultado una reducción de la inclinación media de la termoclina y un sistema de Bjerknes debilitado (Huber y Caballero, 2003).

Por otro lado, el aislamiento del continente antártico, ocurrido en esta era geológica, produjo consecuencias drásticas sobre el clima global, como el máximo térmico del Paleoceno-Eoceno, y un indicador que sugiere la existencia de un fenómeno tipo El Niño de forma permanente.

Ello se produciría por la mediación de la circulación termohalina, que implica una reducción de la diferencia de temperaturas entre la superficie y las profundidades del océano, que habría ocasionado una alternancia de períodos fríos (La Niña) con períodos cálidos (El Niño) y un débil impacto en la ZCI (Huber y Caballero, 2003).

Los indicadores geológicos sugieren que las temperaturas continentales del Eoceno se encontraban por encima de 0 °C y las temperaturas de las profundidades del océano eran 10 °C más altas que actualmente. Las reconstrucciones de las TSM para el óptimo climático del Eoceno temprano (52 a 50 Ma) son las más altas de todo el Cenozoico, y habrían alcanzado latitudes altas. Los indicios de estas condiciones cálidas y húmedas durante el Eoceno están sustentados también por la presencia de una flora con predominio de las Malpighiaceae (malpigiales), *Alchornea* (euforbiáceas) y *Podocarpus* (coníferas) y una alta diversidad de plantas de bosque tropical (Martínez, 2009).

Los datos disponibles y el modelo empleado por Huber y Caballero (2003) para la formación de El Niño en el Eoceno son insuficientes por la falta de indicadores como los gradientes de TSM de ambos lados del pacífico. Aunque existen registros de varvas, provienen de lagos de latitudes medias, y se trata de datos indirectos, aunque pueden ser utilizados para estudiar su variabilidad en el pasado, en virtud de la fuerte influencia que ejerce El Niño y las teleconexiones en las regiones de latitud media.

Nuevas pruebas, como los registros plurianuales del clima del Eoceno temprano, a partir de conchas de bivalvos y madera, indican el efecto invernadero en el clima de esta época, cuando la temperatura media global fue 6 °C más alta que hoy. Las periodicidades mostradas entre bivalvos y la madera, que provienen de la península antártica, son coherentes entre si y estimadas para un modelo climático acoplado océano-atmósfera, que demuestran fuertes teleconexiones para el Eoceno (Ivany *et al*, 2009).

En este panorama de un calentamiento global generalizado, los especialistas indican que es posible que la fase de El Niño hubiera adquirido un carácter permanente en el Eoceno, tal como propone la hipótesis que Huber y Caballero (2003). También se indica que es posible que El Niño habría sido un evento permanente, porque hay una ausencia de registros marinos de alta resolución capaces de captar la variabilidad climática a escalas anuales para el

Eoceno (Martínez, 2009), aunque las nuevas pruebas de bivalvos y madera fósil que proceden de la península antártica, pueden brindar nueva información para esta época.

ENSO en el Plioceno: ¿permanente o intermitente?

En el transcurrir del Plioceno, el clima se hizo más frío, seco y estacional, parecido a algunos climas modernos. La Antártida se congeló, permaneciendo cubierta con hielo durante todo el año, evento que sucedió posiblemente antes de que empezara el Plioceno. La formación de una capa de hielo ártico hace tres millones de años (Ma) está señalada por un brusco cambio en las concentraciones de isótopos de oxígeno (VanAndel, 1994).

Este cambio hacia un clima frío, seco y estacional, tuvo grandes impactos en la vegetación del Plioceno, reduciendo las especies tropicales a nivel mundial, e incrementando los bosques caducifolios y de coníferas en gran parte del norte y sur de los polos. Las selvas tropicales se limitaron a una estrecha banda alrededor del ecuador y aparecieron los desiertos en Asia y África.

La paleogeografía de esta era geológica indica que los continentes continuaron su deriva hacia las posiciones actuales. América del Sur se unió a Norteamérica a través del istmo de Panamá durante el Plioceno (Figura 2), lo que trajo como consecuencia una radiación de fauna entre el sur y el norte, y el fin casi total de la distintiva fauna marsupial sudamericana (Zamora, 2002).

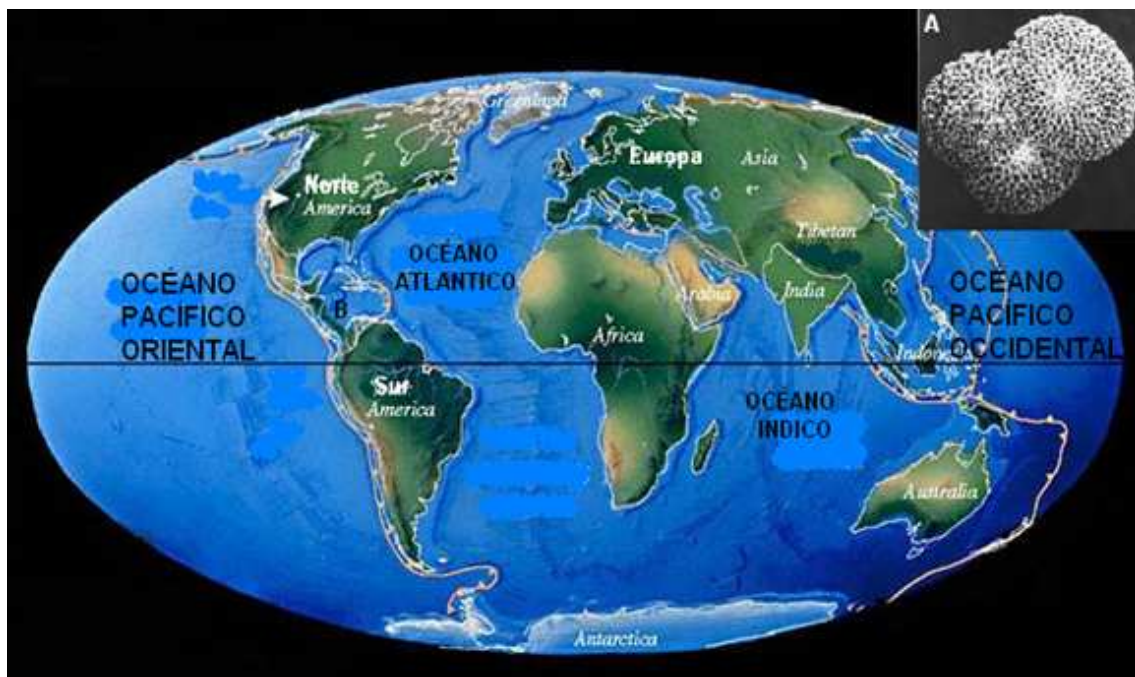


Figura 2. Escenario paleogeográfico del Plioceno. Se muestra la cuenca del océano Pacífico en ambos lados. (A) Foraminífero *Globigerina sacculifer* del cual se obtuvieron los registros de TSM. (B) Cierre del istmo de Panamá, bloqueando el paso de corrientes entre los océanos Pacífico y Atlántico. Fuente: <<http://rainforestradio.com>>

Por otro lado, la formación del istmo de Panamá tuvo grandes consecuencias sobre las temperaturas globales, porque las corrientes ecuatoriales cálidas (corriente circum-ecuatorial) interrumpieron su paso por este istmo, lo que inició un proceso de enfriamiento en el Atlántico y en otros océanos.

Sin embargo, los océanos permanecieron relativamente cálidos durante esta época, a pesar del enfriamiento constante, como es el caso del océano Pacífico, lo cual ha permitido conocer algunas características asociadas con El Niño (Wara *et al*, 2005; Fedorov *et al*, 2006) y con La Niña (Rickaby y Halloran, 2005), como se describe a continuación.

Fedorov *et al* (2006) explican los mecanismos para un permanente El Niño en el Plioceno, mediante dos modelos. El primer modelo implica una perspectiva polar, donde los modelos de circulación atmosféricos arrojan resultados que indican que la eliminación de hielo en el norte aumentó la temperatura inicialmente sólo en las regiones cubiertas con hielo, siendo además las TSM altas en las latitudes altas, pero sin cambios en latitudes bajas. Las TSM altas en las latitudes altas permitieron mantener las condiciones cálidas del Plioceno temprano, posiblemente por el mayor transporte de calor hacia el polo por las corrientes oceánicas durante el inicio del Plioceno, por el cierre del istmo de Panamá, así como el albedo y los ciclos de Milankovitch. Sin embargo este modelo no permite explicar las condiciones cálidas del Plioceno temprano, cuando aún no se había cerrado el istmo de Panamá.

El segundo modelo está basado en una perspectiva tropical, según el cual las diferencias entre la TSM del este y oeste del Pacífico eran muy pequeñas hasta hace aproximadamente 3 Ma.. Asimismo, este modelo indica que las frías aguas superficiales estuvieron ausentes de las zonas costeras de surgencia frente a las costas occidentales de África y las Américas. Esto implica que si hay una gran reducción en el gradiente de temperatura de este a oeste a lo largo del ecuador terrestre en el océano Pacífico, lo cual se produce durante el fenómeno de El Niño, y por lo tanto debió ser un evento continuo y no intermitente hace 3 Ma. (Fedorov *et al*, 2006).

Anteriormente, un equipo de la Universidad de California (Departamento de Ciencias del Océano) también propuso condiciones de un permanente El Niño para el Plioceno temprano, utilizando datos del gradiente de TSM, $\delta^{18}\text{O}$ y proporciones de magnesio y calcio (Mg/Ca) medidas en conchas de foraminíferos (corregidas para eliminar la variabilidad de las fluctuaciones de los periodos glacial-interglacial). Los datos indicaban que la diferencia del gradiente de TSM de oeste a este fue relativamente pequeña entre 5,3 y 1,7 Ma. Así, las TSM fueron 2° C más frías en el este y 2° C más cálidas en el oeste, con un promedio de 1,5° C a 0,9° C. Estas diferencias en algunas zonas equivalían a un 35% de Mg/Ca (Wara *et al*, 2005).

Estas pruebas paleoceanográficas indican que la zona ecuatorial del océano Pacífico se habría caracterizado por una termoclina uniforme y más profunda, con ausencia de la masa de aguas frías. La zona ecuatorial de

surgencia del pacífico oriental fue más cálida, con reducción del gradiente de la TSM de oeste a este a lo largo del ecuador. Por otro lado, las condiciones del subsuelo fueron más simétricas en la zona tropical del Pacífico, lo que sugiere una condición permanente de El Niño durante el Plioceno temprano. Estas interpretaciones se fundamentan en los patrones observados, teniendo en cuenta las diferencias de porcentajes de foraminíferos planctónicos, las curvas de los isótopos de oxígeno en los foraminíferos planctónicos de las zonas occidental y oriental del Pacífico, así como del registro de polvo eólico de la zona oriental del océano Pacífico (Martínez, 2009).

Sin embargo, los estudios de Wara *et al* (2005) y Fedorov *et al* (2006) se contraponen al estudio realizado por Rickaby y Halloran (2005). Estos últimos llegaron a la conclusión de que la zona oriental del océano Pacífico fue más fría (y no caliente) en el Plioceno temprano, en base a los registros de Mg/Ca en tres especies de foraminíferos planctónicos de las zonas ecuatoriales orientales y occidentales del Pacífico, los cuales están en contra de un fenómeno permanente de El Niño en el Plioceno.

El estudio de los foraminíferos en general, y en especial de *Globigerina sacculifer*, muestran que dicha especie se calcifica en la capa de mezcla. Ello indica que la TSM de la zona occidental del pacífico se mantuvo más caliente y relativamente estable que la de la zona oriental. También indica que la termoclina ecuatorial del océano Pacífico tenía una inclinación más extrema durante el Plioceno, lo que implica fuertes vientos alisios, mayor afloramiento oriental y condiciones similares a La Niña (Rickaby y Halloran, 2005).

Sin embargo, esta interpretación ha sido cuestionada debido a la baja resolución estratigráfica del estudio paleoceanográfico y al mayor volumen de indicios en favor de un escenario tipo El Niño (Fedorov *et al*, 2006). Por otro lado, hay que tener en cuenta la complejidad introducida por la formación del istmo de Panamá. Así, sus efectos se habrían hecho sentir en la reorganización de la circulación marina en la zona oriental del océano Pacífico y en el balance de la salinidad superficial entre los océanos Atlántico y Pacífico (Martínez, 2009). El flujo de agua superficial que se dirigía del Atlántico al Pacífico fue bloqueada con el cierre del istmo de Panamá entre 4,7 y 4,2 Ma, por lo que lo más probable debió ser un fenómeno permanente de El Niño en el Plioceno.

El Cuaternario: pruebas de El Niño y La Niña en el Pleistoceno

El Pleistoceno comenzó hace unos 2,59 Ma. y finalizó hace unos doce mil años (ka), siendo precedido por el Plioceno y seguido por el Holoceno. El enfriamiento y la aridez progresiva fueron la característica que predominó en esta época y en el interior del Círculo Polar Ártico. La tundra se extendía sobre el permafrost, y mas al sur de éste ya se había instalado la aridez, la cual propició la sustitución del chaparral por el desierto y semidesierto (VanDerHammen, 1974; Pillans y Naish, 2004).

Las pruebas existentes para la reconstrucciones de El Niño durante la transición del Pleistoceno medio (hace 850 ka), el último periodo interglacial (hace 125 ka) y el último glacial máximo (hace aproximadamente 20 ka) son

variadas. Dichos indicios proceden de los estudios de isótopos de oxígeno, la reconstrucción de las paleotemperaturas de las TSM y las pruebas de la composición florística (Martínez, 2009).

Los estudios de secuencias multidecadales de corales marinos, a través de los últimos 130 ka, indican que El Niño estuvo en funcionamiento durante todo este tiempo. Por otra parte se han estudiado los indicadores relacionados con los cambios de vegetación, especialmente la relación de Cyperaceae (juncos) a Poaceae (gramíneas) como respuesta de la vegetación a la humedad (relación alta) y sequía (relación baja) en las superficies terrestres esclerófilas y pantanos. Dichas investigaciones indican que la proporción de Cyperaceae a Poaceae ha fluctuado considerablemente a lo largo de los últimos 45 ka, lo que sugiere una alternancia entre condiciones más húmedas (El Niño) y secas (La Niña) (Turney *et al*, 2004).

Por otro lado, la reconstrucción de las TSM, a partir de la relación Mg/Ca en foraminíferos planctónicos, en núcleos de las zonas occidental y oriental del océano Pacífico, sugiere condiciones relativamente constantes en la primera zona en relación a la segunda, que habrían descendido 2 °C durante el Pleistoceno medio. Por lo tanto, la diferencia entre zonas de la TSM habría sido mayor a 4° C, en la transición del Pleistoceno medio hasta el último periodo interglacial. Ello indica primero una condición El Niño durante el Pleistoceno temprano, y luego una condición tipo La Niña en el Pleistoceno tardío (DeGaridel-Thoron *et al*, 2005).

Sin embargo, en un escenario marino tipo La Niña postulado para el Pleistoceno tardío, debería esperarse una mayor precipitación en la zona occidental del océano Pacífico y condiciones más áridas sólo para algunas regiones de América del Sur durante el último máximo glacial. Pero las pruebas paleontológicas (continentales y oceanográficas) no apoyan dicha hipótesis. Según Martínez (2009), estos indicios demuestran que las actuales teleconexiones de El Niño no son las mismas que para el último máximo glacial. Una posible explicación de estas diferencias, es que habría un descenso de la TSM de 3 °C a 4 °C y una precipitación reducida en la zona occidental del pacífico occidental (Martínez, 2009).

Se han llevado a cabo reconstrucciones de las TSM para el último máximo glacial, a partir de Mg/Ca en foraminíferos de los sedimentos del fondo marino, cerca de las Islas Galápagos. Las TSM de la lengua de agua fría varían coherentemente con los cambios inducidos por la estacionalidad en los últimos 30 ka. Se observó un enfriamiento de 1,2 °C, lo que implica además una disminución de los gradientes de temperaturas tropicales, debilitamiento de la celda de Hadley y circulación Walker, así como un cambio hacia el sur de la ZCI. Ello indica un persistente efecto de El Niño durante esta época (Koutavas *et al*, 2002).

Un estudio geoquímico de un núcleo del Pleistoceno final, colectado al oeste de Lima, apoya la interpretación de un escenario tipo La Niña. Ello se debe a que los indicios de actividad intensa de El Niño sólo aparecen después de 17 ka; es decir, dos a tres ka después del último máximo glacial (Rein *et al*,

2005). Resultados similares se obtuvieron mediante el análisis de $\delta^{18}\text{O}$ en el foraminífero planctónico *Neogloboquadrina dutertrei* de las costas del pacífico de Costa Rica. La desviación estándar de los datos sugiere que los episodios de El Niño ocurridos en los últimos 50 ka disminuyeron de manera constante durante el último máximo glacial, alcanzando un mínimo de variabilidad (Leduc *et al*, 2009).

Las reconstrucciones paleoclimáticas del Pleistoceno están sustentadas por registros sedimentarios de resolución regular. Es necesario en este caso realizar una integración multidisciplinaria para reconstruir con precisión el modelo paleoclimático y la variabilidad de El Niño en el último máximo glacial. Tal es el caso de las bandas anuales que se forman en los corales, que ofrecen una oportunidad única para determinar el funcionamiento de El Niño durante los diferentes estados climáticos del pasado. Ello es debido a que los corales registran la información climática con una alta resolución (mensual en el desarrollo de su crecimiento y en la química de su exo-esqueleto).

La integración multidisciplinaria debe abarcar estudios polínicos, faunísticos y aquellos relacionados con la evolución y zoogeografía de especies marinas como moluscos, cirrípedos, peces, aves y mamíferos. Los organismos biológicos resultan muy informativos porque pueden ser usados como especies bioindicadores. El estudio de dichos organismos permitirá obtener información muy valiosa para determinar cómo ha cambiado la corriente peruana o de Humboldt en el Cuaternario.

Consecuencias evolutivas del origen de El Niño

La variabilidad genética de las especies, generada por mecanismos como mutaciones, recombinaciones génicas y transposicionales, produce un gran número de genotipos que se manifiesta en numerosos fenotipos. Las características fenotípicas determinan la viabilidad de una especie o grupo de especies, según presenten caracteres favorables o desfavorables para sobrevivir en un ambiente específico o ecosistema en un momento dado.

Los mecanismos de selección natural según Darwin, como mecanismos para la supervivencia de los más aptos, se apoyan en una serie de factores. Por una parte está la variabilidad entre los individuos de una especie, que puede representar un número elevado de genotipos. Por otra parte, la tasa reproductiva puede permitir a una especie formar poblaciones numerosas. La lucha por la supervivencia implica la adaptación de una población a una serie de factores abióticos y bióticos, y por lo tanto es determinante del tamaño de cada población. Así, los mejor adaptados al ambiente en el que viven sobrevivirán y dejarán descendencia, transmitiendo así las mejores combinaciones génicas, y por tanto, fenotipos específicos y adaptados a unas condiciones ambientales determinadas.

El fenómeno de El Niño posiblemente surgió por primera vez entre el Mioceno tardío y el Plioceno temprano, donde las condiciones paleogeográficas y paleoceanográficas permitieron el choque de aguas frías y calientes en las costas del la zona oriental del océano Pacífico. Este fenómeno debió afectar a

los organismos y comunidades marinas de la zona oriental del océano Pacífico. El cambio debió ocasionar una mortalidad masiva de especies, con la consiguiente extinción de las menos adaptadas. Los descendientes de las comunidades marinas con las mejores combinaciones génicas para adaptarse al nuevo medio son las que actualmente viven en la zona oriental del océano Pacífico.

No obstante, no se han encontrado pruebas fósiles del impacto del inicio del fenómeno de El Niño en las comunidades marinas de la zona oriental del océano Pacífico oriental. Hay pruebas paleofaunísticas de los cambios ocurridos en el Plioceno temprano y medio, como es el caso de la extinción total de los marsupiales sudamericanos. Aunque, básicamente, la fauna del Plioceno es similar a la moderna, como en el caso de los cormoranes (*Phalacrocorax*) de la formación del Mio-Plioceno de Pisco. Los elementos óseos de estos restos son similares a los del actual "cormorán", "guanay", "pato lilo" o "pato de mar" (*Phalacrocorax bougainvillii*), que es un ave típica de las frías aguas de la corriente de Humboldt (Urbina y Stucchi, 2005).

Sin embargo, se han encontrado formas intermedias en otras especies, como el pez espinoso (*Gasterosteus doryssus*), que muestra fluctuaciones en la cintura pélvica cada 5.000 años, aproximadamente (Zamora, 2002). Esto demuestra que en algunas especies pueden existir cambios importantes en escalas de tiempo cortas, mientras que pueden haber cambios escasos o nulos en escalas de tiempo mayores (por ejemplo, 23 Ma), como es el caso del cormorán previamente descrito.

Por otro lado, es bien conocido que el registro fósil es escaso e incompleto. De modo que es frecuente que falten los estadíos intermedios de la transición de una forma a otra. Obviamente, ello representa un importante problema para poder reconstruir la historia evolutiva del pasado. En el caso de los eventos de El Niño desde el Plioceno hasta el Holoceno moderno, la mayoría de los individuos y especies que perecieron serían consumidos por depredadores mejor adaptados al nuevo ecosistema. Así, en los desastres naturales causados por El Niño de 1982-83 y 1997-98 se demostró la extinción y la supervivencia de determinadas especies y poblaciones. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el ciclo intermitente de El Niño permite romper el aislamiento del ecosistema marino de la zona oriental del océano Pacífico, con una periodicidad media aproximada de al menos una vez en cada década.

Los peces gato (Siluriformes) tienen una larga historia geológica. Estos animales ya estaban ampliamente diversificados durante el Cretácico. En la actualidad se encuentran ampliamente distribuidos, ocupando diversos ecosistemas de aguas dulces y saladas, incluyendo el océano Pacífico. Los peces gato incluyen especies muy competitivas, que pueden alcanzar grandes tamaños y pesos, desplazando e incluso extinguiendo otras especies, como se ha demostrado en casos de su introducción como especies exóticas. Los fósiles más antiguos conocidos de este grupo de peces tienen al menos 72 Ma. En este orden destacan los Ariidae, donde se encuentra un pez marino muy común en los registros del mar peruano, conocido como "bagre de faja" (*Galeichthys peruvianus*) (Lundberg, 1992).

Los Ariidae tienen una distribución circum-tropical en las plataformas continentales, sin posibilidad de dispersión a través del océano abierto. Por ello, es probable que hayan surgido antes de la separación final de Gondwana, que ocurrió al menos hace unos 84 Ma. Por lo tanto, es posible que los *Galeichthys*, distribuidos hoy en día en aguas subtropicales, hayan ocupado exitosamente el extremo sur del supercontinente gondwánico, conformado por África, América del Sur y la Antártida. De este modo también se puede explicar la presencia de tres de sus cuatro especies vivientes en el sur de África, evento de aislamiento que también se sustenta con el cierre del flujo entre los océanos Pacífico y Atlántico con la emergencia del istmo de Panamá (Betancur, 2003).

La Antártida no se congeló hasta hace unos 37 Ma. Por lo tanto, una posibilidad es que los *Galeichthys* que ocuparon la costa occidental de Gondwana (hoy en día la zona del océano Pacífico de América de Sur) habrían sido obligados a dispersarse hacia el norte a medida que las aguas frías ocupaban el extremo sur del continente. De esta manera podrían haber llegado hasta las costas del Perú. Alternativamente, los *Galeichthys* podrían haberse dispersado al norte del ecuador, pero esto implicaría una distribución ancestral del grupo en aguas tropicales y subtropicales, de lo cual no hay registro fósil (Betancur, 2003).

La cladogénesis es un suceso de bifurcación evolutiva en el que cada rama y sus sub-ramas más pequeñas constituyen un "clado". Se trata de un proceso de evolución adaptativa que conduce hacia el desarrollo de una mayor variedad de organismos. A menudo se compara con el proceso llamado anagénesis, donde los cambios graduales conducen hacia el desarrollo de una especie nueva que sustituye a la antigua; es decir, no hay "bifurcación" en el árbol filogenético (Soler, 2002).

Por lo tanto, el mejor escenario para explicar la distribución subtropical disyunta de los *Galeichthys* es un proceso evolutivo de tipo parsimonioso. Ello implica la cladogénesis en la parte sur del supercontinente formado por América del Sur, África y Antártida. Posteriormente a la separación gondwánica final habría ocurrido la dispersión hacia el norte en el pacífico americano, a medida que las aguas se enfriaban.

Este mecanismo evolutivo implica que el ancestro de *Galeichthys peruvianus* tiene una larga historia, incluso mucho antes del Cretácico. La especie comenzaría a migrar hacia su posición actual entre el Eoceno y el Plioceno, épocas con escenarios de El Niño permanente o intermitente. Ello indica que es una especie perfectamente adaptada a estos ecosistemas, y por tanto adecuada para el registro y reconstrucción de TSM ancestrales.

Todas las evidencias filogenéticas en relación a *Galeichthys peruvianus*, indican que el trabajo de Andrus *et al*, (2002) en lo que se refiere al uso de los otolitos de esta especie para uso como agente (del inglés, "proxy") en la reconstrucción de las TSM del holoceno de la costa norte, serían adecuadas, y por lo tanto una buena elección como especie para el monitoreo de El Niño en el pasado, por todas las características filogenéticas, paleogeográficas y

evolutivas de *Galeichthys*, aunque la identificación taxonómica de los otolitos ha sido objetada por Bearez *et al*, (2003).

Por lo tanto, los restos de Ariidae, especialmente de *Galeichthys peruvianus* de yacimientos del Pleistoceno y Holoceno de las costas de Perú y Ecuador, se consideran como buenos indicadores para reconstruir los climas del pasado, por su larga historia evolutiva y porque presentan interesantes procesos de especiación vicariante y cladogénesis.

Actualmente se conoce que las pesquerías de esta especie incrementan ostensiblemente con los fenómenos de El Niño. De hecho, han ampliado su distribución en los seis últimos fenómenos de El Niño que han ocurrido en la costa peruana (Kameya *et al*, 2001). Este comportamiento parece ser la consecuencia de una larga especiación y adaptación a estos fenómenos cíclicos, desde hace más de 84 Ma.

Conclusión

Inicialmente, Rollins *et al* (1986) propusieron que el fenómeno de El Niño se originó en el periodo Cuaternario; concretamente en la época del Holoceno. Sin embargo, diversos estudios multidisciplinarios posteriores (incluyendo indicadores paleogeográficos y paleoceanográficos), han permitido obtener pruebas que sugieren que dichas oscilaciones cíclicas existían en el periodo del Neógeno; concretamente entre las épocas del Plioceno y Mioceno. Algunos autores como Huber y Caballero (2003) han propuesto incluso un origen anterior, durante el periodo del Paleógeno; concretamente en la época del Eoceno. Existe incluso la posibilidad de un inicio más temprano aún, durante el periodo Cretácico. Son por tanto necesarias nuevas investigaciones para concretar con mayor precisión el origen de este fenómeno.

Referencias Bibliográficas

- Andrus, F., Crowe, DE., Sandweiss, DH., Reitz, EJ. y Romanek, CS. 2002. Otolith $\delta^{18}O$ Record of Mid-Holocene Sea Surface Temperatures in Peru. *Science* 295: 1508-1511.
- Arntz, W. y Fahrbach, E. 1996. 'El Niño: experimento climático de la naturaleza'. Fondo de Cultura Económica, México. 312p.
- Ashok, K., y T. Yamagata, 2009. The El Niño with a difference? *Nature*, 461: 481-484.
- Béarez, P., T. J. DeVries, Ortlieb, L. 2003. Comment on "Otolith $\delta^{18}O$ record of mid-Holocene sea surface temperatures in Peru". *Science* 299:203a.
- Betancur-R. 2003. Filogenia de los bagres marinos (Siluriformes: Ariidae) del Nuevo Mundo. Tesis de Maestría. Convenio Universidad Nacional de Colombia – INVEMAR Bogotá D.C. y Santa Marta D.T.C.H., Noviembre de 2003. Pp. 122.
- Bjerknes J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial. *Pacific Mon. Weather Rev.* 97, 163-172.
- DeGaridel-Thoron, T., Rosenthal, Y., Bassinot, F., Beaufort, L. 2005. Stable sea surface temperatures in the western Pacific warm pool over the past 1.75 million years. *Nature* 433:294-298.

- Fedorov, A.V., Dekens, P.S., McCarthy, M., Ravelo, A.C., de Menocal, P.B., Barreiro, M., Pacanowski, R.C., Philander, S.G. 2006. The Pliocene Paradox (Mechanisms for a Permanent El Niño). *Science* 312:1485-1489.
- Huber, M., Caballero, R. 2003. Eocene El Niño: Evidence for robust tropical dynamics in the "Hothouse". *Science* 299:877-881.
- Ivany, L. C.; Brey, T.; Huber, M.; Buick, D.; Lomovasky, B.; Schone, B. R. 2009. ENSO-Scale Variability in the Eocene Greenhouse Recorded by Fossil Bivalves and Wood from Antarctica (Invited) American Geophysical Union, Fall Meeting 2009, abstract #PP44A-06.
- Kameya, A.; Llellish, M. y Caccha, L. 2001. Los peces como indicadores de El Niño en el ecosistema marino peruano desde 1972 a 1998. *El Niño en América Latina: impactos biológicos y sociales*. J. Tarazona, W.E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (Eds). CONCYTEC. Pp. 81-89.
- Koutavas, A., Lynch-Stieglitz, J., Marchitto, T.M., Sachs, J.P. 2002. El Niño-like pattern in ice age tropical sea surface temperatura. *Science* 297:226-230.
- Leduc, G., Vidal, L., Cartapanis, O., Bard, E. 2009. Modes of eastern equatorial Pacific thermocline variability: Implications for ENSO dynamics over the last glacial period. *Paleoceanography* 24: PA1203
- Lundberg, J. G. 1992. The phylogeny of ictalurid catfishes: a synthesis of recent work. Pp. 392-420. En: R. L. Mayden (Ed.), *Systematics, historical ecology and North American freshwater fishes*. Stanford University Press, Stanford, California.
- Martínez, J.I. 2009. La Historia Cenozoica del fenómeno de El Niño. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Volumen XXXIII, Número 129- Pp. 491-511*.
- Morner, N.A., 1993. Present El Niño-ENSO events and past Super ENSO events effects of changes in the earth's rate of rotation. *Bulletin Institut Francais d'Etudes Andines*, 22(1):3-12.
- Pillans, B., Naish, T., 2004. Defining the Quaternary. *Quaternary Science Reviews* 24, 2271–2282.
- Rein, B., Reinhardt, L., Sirocko, F., Wolf, A., Dullo, W.-C. 2005. El Niño variability off Peru during the last 20,000 years. *Paleoceanography* 20, PA4003.
- Rickaby, R.E.M., Halloran, P. 2005. Cool La Niña During the Warmth of the Pliocene? *Science* 307:1948-1952.
- Rollins, HB., Richardson II, JB., Sandweiss, DH. 1986. The birth of El Niño: geoarchaeological evidence. *Geoarchaeology* 1:3-15.
- Soler, M. 2002. Evolución: La base de la Biología (editor). Proyecto Sur de Ediciones, S.L.
- Turney, C.S.M., Kershaw A.P., Clemens S.C., Branch N, Moss P.T., Fifield, L.K. 2004. Millennial and orbital variations of El Niño/Southern Oscillation and high-latitude climate in the last glacial period. *Nature* 428:306-310.
- Urbina, M., Stucchi, M. 2005. Los Cormoranes (Aves: Phalacrocoracidae) fósiles de la formación Pisco. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 99:41-49.
- VanAndel, T.H. 1994. *New Views on an Old Planet: a History of Global Change*. Segunda Edición. Cambridge University Press, XV.
- VanDerHammen, T. 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography* 1: 3-26.
- Walker, G.T. 1923. World weather. *I. Mem. Indian Meteorol. Dep.* 24, 75-131

- Wara, M.W., Ravelo, A.C., Delaney, M.L. 2005. Permanent El Niño-like conditions during the Pliocene warm period. *Science* 309:758-761.
- Zamora, C. 2002. Evidencias a favor de la evolución. Pp. 57-73. En: Manuel Soler (Ed.), *Evolución: La base de la Biología*. Proyecto Sur de Ediciones, S.L.



Eventos ENOS (El Niño, la Oscilación del Sur) y ocupación del desierto entre el Horizonte Temprano y el Intermedio Tardío: análisis de casos en los sectores medios de los valles de Moche y Chicama, Perú

César A. Gálvez Mora¹, María Andrea Runcio²

¹Ministerio de Cultura (Dirección Regional de Cultura-La Libertad): Independencia 572, Trujillo (Perú); Centro de Investigaciones Precolombinas (Argentina) e Instituto de Estudios Andinos (Berkeley, EE. UU.), CE: <cgmsepam@yahoo.es>

²Centro de Investigaciones Precolombinas: Ayacucho 632 (1026) Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina), CE: <andrearuncio@hotmail.com>

Resumen

A partir de información arqueológica, etnográfica y etnohistórica se presenta un análisis preliminar de la ocupación prehispánica del desierto en los sectores medios de los valles de Moche y Chicama en el contexto de los cambios climáticos y ambientales generados por el El Niño, la Oscilación del Sur (ENOS). Se describen los distintos espacios ocupados en el área desértica, los recursos disponibles y los remanentes de viviendas y refugios prehispánicos, planteándose su reconstrucción en base a la tecnología del abrigo desarrollada hasta el presente. Finalmente, se propone un modelo de movimiento poblacional y ocupación del desierto durante las condiciones generadas por los eventos ENOS.

Palabras claves: El Niño, la Oscilación del Sur; desierto, valle de Moche, valle de Chicama, ocupación.

Abstract

On the basis of archaeological, ethnographical and historical data a preliminary analysis of human occupation in the middle sectors of Chicama and Moche valleys desert is presented in the context of climatic and environmental changes caused by El Niño Southern Oscillation (ENSO). Different spaces that were occupied in the desert area, the resources that were available and the remains of archaeological houses and refuges are described. The reconstruction of these structures is proposed considering traditional technology developed until nowadays. Finally, a model about people movement and the occupation of desert during ENSO conditions is exposed.

Key Words: El Niño, Southern oscillation; desert, Moche Valley, Chicama Valley, occupation.

Introducción

El Niño, la Oscilación del Sur (ENOS) se caracteriza por la anormal aparición en el verano de agua caliente a lo largo de la costa norperuana así como por intensas precipitaciones pluviales tierra adentro (Ortlieb y Macharé, 1989). Con frecuencia el impacto producido por este evento en los espacios construidos y ocupados por el hombre en la costa norperuana ha sido abordado considerando el escenario de uno o más valles (Nials *et al*, 1979; Sandweiss *et al*, 1983; Rollins *et al*, 1986; Elera, 1998; Pozorski y Pozorski, 2003, entre otros), que son el ámbito donde se localizaron los asentamientos prehispánicos con arquitectura de gran escala, los poblados de menor complejidad, parte de la infraestructura de riego y de las tierras cultivadas, evidencias que en su mayoría han venido siendo afectadas *a posteriori* por la expansión agrícola y urbana a partir del siglo XVI (*vide* Kosok, 1965).

Por otro lado, los diversos trabajos de reconocimiento arqueológico emprendidos en el área desértica ubicada en la periferia de los actuales valles cultivados (Uceda, 1986, 1988; Uceda *et al*, 1990; Hecker y Hecker, 1990; Gálvez, 1992a; Leonard y Russell, 1992; Chauchat *et al*, 1998; Billman, 1999; Dillehay *et al*, 2009, entre otros), han permitido registrar evidencias de ocupación comprendida entre el Precerámico temprano (ca. 11000 a.C.) y la época Inca (*vide* Briceño *et al*, 1993). En los asentamientos del desierto asociados a evidencias cerámicas, las características morfológicas y la ubicación topográfica de las diversas estructuras habitacionales que los conforman permiten interpretarlos como ocupaciones asociadas a los cambios ambientales que fueron generados por ENOS, el cual transforma al desierto en un espacio apropiado para la vida humana y silvestre durante las épocas de crisis que afectan al valle.

Los atributos de los asentamientos antes mencionados difieren notablemente de su contraparte localizada en el valle y su entorno más inmediato, y son el resultado de eventos recurrentes de ocupación temporal que configuran aspectos de la tecnología del abrigo capaces de responder a situaciones críticas generadas por las lluvias e inundaciones que se asocian a ese evento climático. Es muy probable que estos mecanismos de adaptación y respuesta se asemejen a las acciones de contingencia que han venido desarrollándose desde la época colonial (Huertas, 1993) hasta el presente, las mismas que se expresan, además de en la tecnología del abrigo, en las de la alimentación, de la caza y del pastoreo, así como en la actividad ceremonial aplicadas a una realidad diferente a la del valle.

Con tales consideraciones, nos proponemos realizar una explicación preliminar de las características de la ocupación humana en varios sectores del desierto que bordea a los sectores medios de los valles de Chicama y Moche (figura 1), atribuibles a épocas de crisis climáticas producidas por ENOS, para lo cual nos apoyamos en información arqueológica, etnográfica y etnohistórica.



Figura 1. Valles de Chicama y Moche en la costa norte de Perú (Fuente: Gran Enciclopedia del Perú, LEXUS 1998).

El Clima

Condiciones normales

Los valles de los ríos Chicama (figura 2) y Moche (figura 3), como otros de la costa norperuana, presentan áreas que tienen una gran importancia para la vida humana (ONERN, 1976; Bonavia, 1991). Ambos ríos descienden siguiendo un curso este-oeste desde la cadena occidental de los Andes hacia el mar, flanqueados por el bosque ribereño y separando a cada valle en una margen derecha y otra izquierda, que son el espacio donde se localizan tierras fértiles, bosques, formaciones de lomas, lagunas costeñas, etc. En la época prehispánica los valles de Moche y Chicama fueron el escenario donde se desarrollaron importantes asentamientos asociados a las más relevantes edificaciones en tierra y/o piedra, en cuyo entorno existió una compleja red de canales de riego vinculados a campos de cultivo, así como asentamientos de menor categoría (Kosok, 1965; Watson, 1979; Chauchat *et al*, 1998; Billman, 1999; Larco, 2001; Gálvez y Briceño, 2001; Larco, 2001).

A su vez, cada valle está delimitado hacia el norte y el sur por un área desértica la cual, en el caso del valle medio, se asocia a un conjunto de cerros en cuyas laderas se originan quebradas que cortan el suelo formando terrazas aluviales (constituidas en el Cuaternario) y pampas arenosas de variada altitud y extensión (figura 4). Las laderas de varios de estos cerros -orientadas hacia el valle- presentan tramos importantes de grandes sistemas de riego (figura 5) asociados a campos de cultivo; en el caso del valle de Chicama los dos sistemas principales son el canal intervalle Chicama-Moche (margen izquierda)

(Watson, 1979; Kosok, 1965; Orloff *et al*, 1982, 1983, 1985) y el Canal de Ascope (margen derecha) (Kosok, *Op. Cit.*; Watson, *Op. Cit.*; Larco, 2001; Gálvez, 2009). En el caso del valle de Moche se encuentra el sistema del canal de Vichansao (Moseley y Deeds, 1982; Pozorski y Pozorski, 2003). Asimismo, en esta área se localizan sistemas de caminos intervalle (longitudinales) y costa-sierra (transversales) (Kosok, 1965).

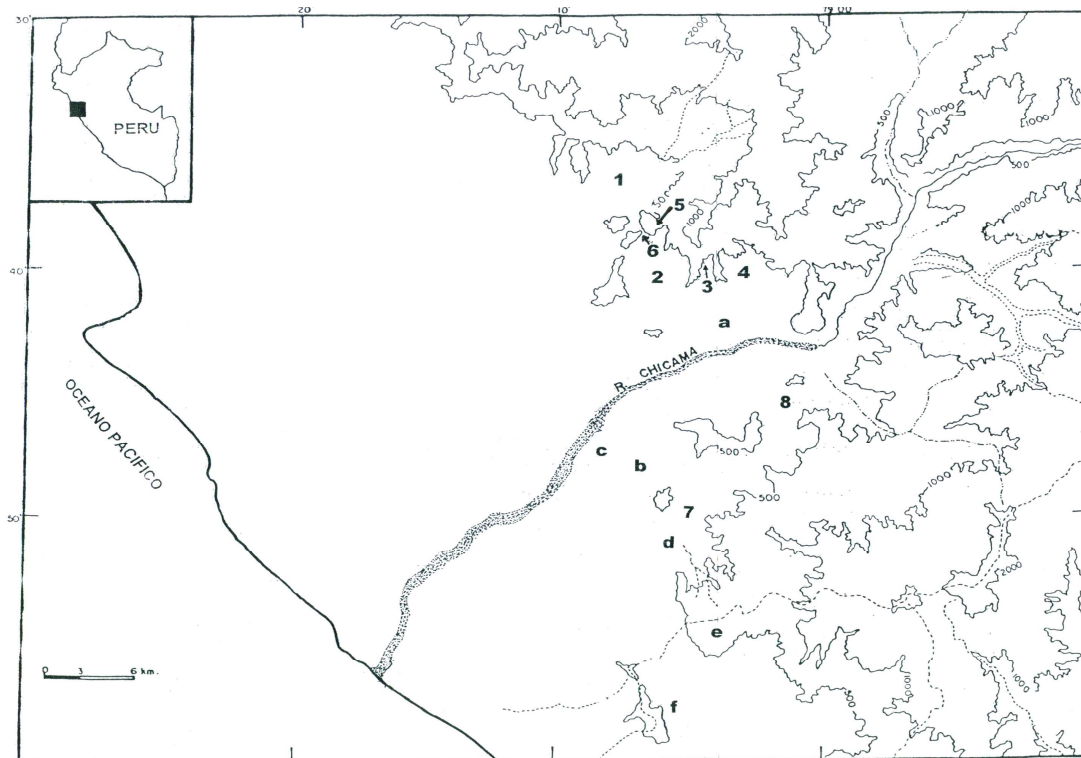


Figura 2. Valle de Chicama. Quebradas: 1. Santa María, 2. de la Camotera, 3. de la Calera, 4. Cuculicote, 5. San Nicolás, 6. de los Gentiles, 7. Tres Cruces, 8. de la Mónica; Cerros: a. San Antonio, b. Tres Cruces, d. Malpaso, e. Cabezón, f. Campana; Pampas: c. San Ramón

En condiciones normales, el área desértica, comprendida entre 0 y 1600 m.s.n.m., presenta una temperatura promedio mensual mayor en verano (22.7°C, en el mes de marzo) y menor en invierno (17°C, en el mes de julio); asimismo, un promedio anual de precipitación estimado en 40mm, con mayor incidencia durante el solsticio de verano. En las nacientes de las quebradas hay pequeños afloramientos de agua alimentados -en el verano- por el acuífero subterráneo los cuales son aprovechados esencialmente por la fauna propia de este ecosistema, en particular vertebrados de menor tamaño. La flora varía entre muy escasa a escasa de tipo arbustivo y arbóreo, incluyendo gigantón (*Cereus macrostibas*), simulo (*Capparis avicenniifolia*), zapote (*Capparis scabrída* Kunth), huarango (*Acacia macracantha*), etc. configurando un escenario que ofrece condiciones muy limitadas para instalar asentamientos, desarrollándose casi exclusivamente actividades de pastoreo, extracción de leña y caza de animales menores (preferentemente aves).



Figura 5. Canal (Pampas de San Ramón, valle de Chicama).

Condiciones generadas por El Niño, la Oscilación del Sur

En los actuales valles costeros, incluidos los de Moche y Chicama, los episodios de grandes precipitaciones pluviales asociadas a ENOS, que ocurren anormalmente en el verano, generan en la costa el crecimiento inusual de vegetación (Bonavia, 1991: 29-30; Erdmann, *et al.* 2008), el desborde de los ríos y aluviones que siguen el curso de las quebradas que desembocan en el valle, originando inundaciones en las zonas que se hallan ocupadas por el hombre.

A consecuencia de las lluvias y los aluviones, se generan problemas con el suministro del agua e impactos negativos en el medio ambiente como es el caso de la contaminación y la destrucción de las plantas no resistentes a la inmersión, así como la desaparición de especies marinas (Kuroiwa, 2005). También se dan condiciones de gran vulnerabilidad en los espacios construidos y habitados por el hombre que, en la época prehispánica, incluyeron las edificaciones, el sistema vial, los canales y los campos de cultivo, ante lo cual se produjeron diferentes respuestas a nivel tecnológico y social como cambios en los patrones de asentamiento, movilidad poblacional, transformaciones en la infraestructura agrícola e incluso cambios a nivel político e ideológico (Manzanilla, 1997; Dillehay y Kolata, 2004).

A diferencia del escenario del valle, el desierto en su conjunto se altera al ocurrir los drásticos cambios climáticos generados por ENOS. Allí, sus efectos generan condiciones que permiten la supervivencia de las poblaciones desplazadas. Las formaciones de lomas presentan una proliferación inusual de

flora (figura 6) (Ywanaga y Bocanegra, 1999) y fauna nativa. Pasada la temporada de lluvias en el área quebradeña surgen manantiales (figura 7) y cursos de agua (figura 8) que, según lo indica el registro etnográfico, pueden estar activos de 3 a 4 años después el inicio de las lluvias, debido al ascenso del nivel freático, permitiendo el desarrollo de la agricultura (figura 9). Asimismo, los cauces de quebradas y las terrazas aluviales se cubren de vegetación (desierto florecido) (figura 10), lo cual se asocia a la proliferación de fauna, en particular la inusual presencia del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que abreva en los manantiales de las nacientes de las quebradas, sectores que se convierten en cotos de caza.



Figura 6. Lomas del Cerro Campana (valle de Moche).



Figura 7. Manantial en la naciente de la Quebrada Cuculicote (valle de Chicama).



Figura 8. Curso de agua en la Quebrada Santa María (valle de Chicama).



Figura 9. Chacra temporal en la Quebrada Santa María.

Si bien se ha reportado el impacto de las precipitaciones pluviales y los aluviones en la infraestructura hidráulica y los sitios con arquitectura de gran escala de los valles de Chicama (Franco *et al*, 2003; Gálvez, 1999) y Moche (Nials *et al*, 1979; Sandweiss *et al*, 1983; Rollins *et al*, 1986; Uceda y Canziani, 1993; Pozorski y Pozorski, 2003, entre otros) así como las estrategias políticas e ideológicas para dar respuesta a los eventos catastróficos (Bourget, 2001; Dillehay y Kolata, 2004; Swenson, 2007) poco se ha estudiado los efectos de El

Niño sobre las poblaciones que habitaban en construcciones domésticas de adobe y quincha en los sectores marginales cercanos a las áreas cultivadas. Como sugieren las fuentes etnográficas y etnohistóricas, las fuertes lluvias e inundaciones obligaron a su desplazamiento en dirección a los parajes desérticos marginales dominados por cerros y quebradas donde los cambios ambientales producidos por ENOS permitieron su supervivencia. Interesa por tanto explicar cómo fue el desplazamiento de estas poblaciones y cómo la abundancia de recursos y el desarrollo de tecnologías apropiadas posibilitaron la instalación y permanencia de las mismas durante la crisis.



Figura 10. Aumento de cobertura vegetal en el desierto (valle de Chicama).

El Dato Etnográfico

Entre 1984 y 1985, *a posteriori* de ENOS de 1982/83 y durante el trabajo de campo realizado por uno de los autores (*vide* Gálvez, 1992a, 2000) acerca de la ocupación Paijanense en la Quebrada Cuculicote, un área desértica de la margen derecha del valle de Chicama, se registró una fuente de agua de 1.00m de profundidad en las nacientes de esta quebrada (Gálvez, 1992b: 32, 39) (figura 7). El incremento del volumen hídrico se debió al ascenso del nivel del acuífero subterráneo generado por ENOS, creando condiciones favorables para que un grupo de agricultores reutilizara un canal prehispánico apoyado en la ladera de una colina baja que forma parte del sitio PV23-64, para realizar faenas agrícolas aprovechando la disponibilidad de agua. La tecnología del abrigo estuvo expresada en una vivienda temporal de caña brava (*Gynerium sagittatum*) e inea (*Typha angustifolia*) recolectada de la fuente de agua, así como madera rústica local. Además, estos ocupantes temporales aprovecharon su permanencia para criar peces en la fuente de agua mencionada. Adicionalmente, varios pastores de Ascope nos informaron de la existencia de

otra fuente de agua en las nacientes de la Quebrada de la Calera -al oeste de la Quebrada Cuculicote- dato que no pudo ser comprobado oportunamente. También fue observado que la superficie de las terrazas aluviales aún mantenía -de manera inusual- vegetación silvestre, útil para construcciones y combustible.

En 1999, después de ENOS de 1997/98, fue posible verificar *in situ* los cambios del paisaje y las actividades de los ocupantes temporales de las quebradas Cuculicote, San Nicolás, de la Camotera y Santa María, en el desierto ubicado al norte de la margen derecha del Chicama, así como en el entorno del Río Quirripango, localizado en la margen izquierda del mismo valle (Gálvez y Briceño, 2001). En esa oportunidad se volvió a visitar varias fuentes de agua que habían sido registradas anteriormente en las nacientes de un conjunto de quebradas (Gálvez, 1992b; Briceño, 1995), verificándose que a partir de éstas se originaban riachuelos (figura 8).

Se halló evidencias de ocupación temporal moderna, manifestada por cultivos de menor escala (figura 9) de camote (*Ipomoea batatas*), zapallo (*Cucurbita* spp.), maíz (*Zea mays*), papaya (*Carica papaya*), principalmente (quebradas de San Nicolás y Santa María) y varias estructuras habitacionales como una pequeña vivienda elaborada con piedra local, adobe, caña brava y madera rústica, la cual se asociaba a los campos de cultivo; además, ramadas (figura 11) y abrigos (figura 12) hechos de caña, madera rústica y arbustos secos (Quebrada Santa María).



Figura 11. Ramada en la Quebrada Santa María.



Figura 12. Abrigo de materiales perecederos en la Quebrada Santa María

Cabe precisar que en la década de 1980, Jesús Briceño, Juan Castañeda Murga y uno de los autores (C. G.) identificaron restos de venado de cola blanca de diversas edades en una vivienda ubicada en las nacientes de la Quebrada Santa María, como resultado de la caza indiscriminada de esta especie realizada en las fuentes de agua donde acostumbra abrevar. También se pudo comprobar el tránsito de ganado vacuno, que era movilizado desde el valle cultivado hacia las fuentes de agua localizadas en el área desértica. Finalmente, en 1999 también fue visitado el Río Quirripango, colindante con el poblado de Pampas de Jagüey, donde uno de los agricultores locales brindó información acerca del rendimiento del cultivo de maíz en el desierto colindante cuando ocurrió ENOS 1997-98. El informante indicó que se obtuvo una producción de aproximadamente 4500 kg/ha sin necesidad de abono o insecticidas, en comparación con la producción de 6000 kg. en condiciones climáticas normales. En la margen izquierda del río la tecnología del abrigo, estuvo materializada en una choza de caña, madera sin transformar y arbustos sustentada por bases de piedra y asociada a una ramada (figura 13), la cual fue construida por los agricultores al concluir las lluvias de ENOS en los años que hemos indicado.

Además, las visitas realizadas a las quebradas Santa María y Cuculicote *a posteriori* de los eventos ENOS de 1982/83 y 1997/98 permitieron comprobar que después del abandono de las viviendas y refugios se produjo la descomposición y desaparición de los materiales perecederos (caña brava, inea, arbustos) y quedó una impronta de forma cuadrangular (para las casas) y ovalada o circular (en el caso de los abrigos). La morfología de estas improntas era similar a la de sus contrapartes prehispánicas, lo cual es un dato de gran valor para contrastar la información arqueológica referida a la tecnología del abrigo en el área de estudio.



Figura 13. Choza con base de piedra en el Río Quirripano (valle de Chicama).

Adicionalmente, una visita realizada al Cerro Cabezón en 1998 por uno de los autores (C.G.) permitió comprobar que en ese lugar, que corresponde a un ecosistema de lomas, había una proliferación inusual de flora (figura 6) y fauna nativa (incluyendo animales de gran significación simbólica en la cosmovisión andina como el águila o halcón plomo (*Geranoaetus sp.*), el zorro del desierto (*Lycalopex sechurae*) y el caracol terrestre (*Scutalus sp.*).

Posteriormente, en el año 2006 nosotros documentamos la información brindada por Daniel Oloya Oliva, un arriero del valle medio de Moche, sobre los cambios ocurridos en el extenso escenario desértico de la Quebrada y Cerro Alto de Guitarras y del Río Las Salinas durante ENOS de 1997/98 (Runcio y Gálvez, 2006; Gálvez y Runcio, 2009). Nuestro informante hizo una importante referencia a las fuentes de agua (puquios) que aparecieron en ese entonces, las cuales son el soporte de la gente que realiza sus actividades en la zona cuando el volumen del acuífero se incrementa y se convierten en abrevaderos de la fauna local, por lo cual ahí son cazados la paloma cuculí (*Zenaida asiatica*), y el venado de cola blanca.

También Oloya informó que las intensas lluvias generadas por ENOS influyeron en el notable incremento de la flora y fauna en la Quebrada Alto de Guitarras y su marco circundante. El cauce de la quebrada presentaba agua corriente en todo su trayecto y -coincidiendo con nuestros datos para el valle de Chicama- estas condiciones anormales se mantuvieron entre 3 a 4 años después.

Además, la presencia de agua y las condiciones de mayor humedad permitieron la recolección de abundantes frutos y hierbas medicinales y el aprovisionamiento de materiales constructivos -como el carrizo (*Phragmites australis*) de buena calidad- y de combustible.

Adicionalmente, Oloya menciona que hubo una inusual y prolongada abundancia de sapos (*Bufo sp.*) y peces que fueron criados en pozas. Un aspecto destacado por nuestro informante fue el cultivo temporal de pequeñas chacras a cargo de varios lugareños del entorno, quienes cultivaban maíz, camotes y zapallos, de manera similar a sus contrapartes que ocuparon temporalmente varias quebradas del valle de Chicama.

En la visita realizada el año 2006 a este paraje pudimos observar caracoles terrestres en varios sectores pedregosos del tramo superior de Quebrada Alto de Guitarras, los cuales son invertebrados que abundan en este tipo de ecosistemas en el solsticio de verano y muy en especial cuanto acontecen las intensas precipitaciones pluviales generadas por ENOS.

Como resultado de la información registrada por observación directa en el campo así como de las entrevistas, se concluye que en el desierto que bordea el área cultivada de los valles de Chicama y Moche, ENOS genera cambios en el paisaje que permiten la supervivencia de los ocupantes temporales que se desplazan desde el valle para vivir y beneficiarse de los recursos: (1) El paisaje conformado por las terrazas aluviales del Cuaternario, las quebradas y las elevaciones del entorno se cubren de vegetación arbustiva y -ocasionalmente- arbórea. La flora incluye plantas medicinales y otras que proporcionan frutos silvestres, forraje, combustible y materias primas útiles para la elaboración de abrigo y refugios. Cabe precisar que en el caso específico de los bosques, las condiciones climáticas inusuales contribuyen a la proliferación de los árboles y, por lo tanto, a la regeneración de estos ecosistemas; (2) Durante la temporada de lluvias ocurre el incremento excepcional del caracol terrestre, uno de los recursos faunísticos más consumidos por los ocupantes temporales del desierto durante los eventos ENOS a través del tiempo (figura 14), el cual llega a una concentración de 100 individuos/dm² (Gálvez *et al*, 1993); (3) A continuación de la temporada de intensas precipitaciones pluviales, el área desértica presenta manantiales y cursos de agua alimentados por el ascenso del nivel del acuífero subterráneo, los mismos que pueden estar activos entre 3 a 4 años.

Esto garantiza el agrupamiento poblacional en el entorno de las fuentes de agua, recurso que sirve de soporte para el desarrollo de tecnologías diversas: agrícola, del abrigo (incluye la fabricación de adobes), de la alimentación, etc. Además, las fuentes de agua contribuyen a un incremento de la fauna (vertebrados e invertebrados), destacando la inusual presencia del venado de cola blanca que es cazado en las nacientes de las quebradas hasta que el volumen hídrico disminuye (Gálvez y Briceño, 2001; Runcio y Gálvez, 2006; Gálvez y Runcio, 2009). Finalmente, el agua permite el desarrollo de la actividad de pastoreo.



Figura 14. Recolección de caracoles terrestres.

Información Etnohistórica

Las fuentes documentales informan del movimiento de las poblaciones asentadas en diversos lugares de la costa norte del Perú (Huertas, 1993; Castañeda, 2010), de la destrucción de canales y campos de cultivo así como de la tecnología del abrigo desarrollada al momento de la ocupación inicial del paraje desértico como consecuencia del impacto negativo de ENOS (Huertas, 1987; Castañeda, 2010). Solo citaremos las referencias de mayor utilidad para nuestro trabajo.

En cuanto al comportamiento de las poblaciones durante ENOS de 1578, en el caso de la ciudad de Zaña (Lambayeque), un testigo de Lambayeque, Juan Clemente, refirió al visitador Francisco Alcocer en 1580 que *"...estaba en Zaña y fue tan grande la tormenta que en una noche no quedo // casa enhiesta en todo el pueblo y que salieron huyendo todos a los cerros y allí hizieron abitación de choças para semeter en ellas y estaban aislados que no podían salir a una parte ni a otra de aguas (sic) que venian por los montes y que por donde en toda la vida no uvo rio venian rios caudalosos a causa de lo que llovía y que los rios trayan muchos arboles arrancados y pasadas las aguas que duraron mas de quarenta días este testigo se vino a estos valles..."* (citado en Huertas, 1987: 44).

En relación al pueblo de San Pedro de Lambayeque, don Martín Farrochumbi, cacique del pueblo indicado, declaró *“...que sabe e vio este testigo que deste pueblo se salían los indios e ivan a los altos para escaparse especial los pueblos de Ferriñafe que no quedo yndio de los parques (sic) que todos no se huyesen del y ansi mismo de Tucume...”* (Op. Cit.: 41). Asimismo, existe una referencia para el valle de Chicama, brindada en el pueblo de Chocope, por el padre fray Bartolomé de Vargas, quien declaró que *“...por razón de las dichas lluvias y avenida se despobló el dicho // pueblo de Cao y se paso a un alto donde esta poblado agora...”* (Op. Cit.: 132).

También pueden citarse algunas referencias acerca de la destrucción de tierras cultivadas y canales de riego. Las crónicas señalan que las lluvias e inundaciones producidas por El Niño ocurrido en 1578 *“...dejaron las acequias quebradas y robadas y la tierra tan llena de greda y las chácaras llevadas de tierra útil, de tal manera con haberse juntado mil o dos mil indios para tornar a reparar las acequias y meter agua a ellas tardaron la mayor parte del año en las poder reparar... y después queriendo sembrar la poca tierra que les había sobrado, les sobrevino otro trabajo no menor que el pasado...”* (Op. Cit.: 34).

En relación a ENOS ocurrido 1634 se indica que *“...a causa de las muchas aguas que a abido en estos valles este pte. año asi de los que an bajado de la sierra como de las lluvias que a abido en los meses de febrero y março todas las açequias prinçipales deste corregimiento de Saña y del Chimo y Chicama y las particulares estaban inundadas y rotas por muchas partes...”* (citado en Castañeda, 2010: 205). Y para el evento de 1728 se menciona que *“habiendo sobrevenido despues de las irregulares lluvias y avenidas de rios con ellas se perdieron la mayor parte de las sementeras y murieron muchos ganados a que se llevo que las acequias por donde se ha de regar las sementeras se an perdido y en un año no se han de poder volver a poner corrientes...”* (citado en Castañeda, 2010: 209).

Finalmente, existen breves referencias a la tecnología del abrigo brindadas por otros informantes de la región de Lambayeque, en ocasión de ENOS de 1578. Así, en el pueblo de Túcume, Francisco de Mochomi refirió que *“...a causa del dicho rio que se llevo este pueblo como dicho tenie y todas las casas y haciendas de los dichos indios ellos se salieron por ay descarriados con sus mujeres e hijos a unas partes y a otras y porque todo lo llano estaba hecho como una mar se subieron en las guacas y en los cerros altos donde estaban debajo de algunas ramadas y cubiertas que hazian con mantas...”* (citado en Huertas, 1987: 81); mientras que para el caso del pueblo de Illimo, el testigo Alonso Chullen declaró que: *“...al tiempo de las dichas lluvias no pudiendo los dichos indios estar en este pueblo de Yllimo a causa dellas se salieron fuera del a un cerro que esta cerca deste dicho pueblo y el padre de la dotrina con ellos y allí estuvieron debaxo de ramadas mas de dos // meses...”* (Op. Cit.: 89).

De lo expuesto se concluye que en los siglos XVI y XVIII, las intensas precipitaciones pluviales y las inundaciones antes mencionadas, fueron factores negativos que destruyeron canales y campos de cultivo y motivaron el desplazamiento poblacional desde las áreas de mayor vulnerabilidad a los

lugares de mayor altitud; asimismo, que la protección inicial ante el embate de las precipitaciones pluviales fueron ramadas y cubiertas elaboradas con mantas. Es preciso, por tanto, verificar si el dato etnográfico y arqueológico es compatible al menos parcialmente con la información etnohistórica.

Espacio y Ocupación Prehispánica

Las condiciones generadas por ENOS permitieron la supervivencia de las poblaciones que se desplazaron desde el valle hacia el desierto, que incluye el área quebradeña. Ahí existen sectores con características topográficas diferentes que fueron de particular interés para los ocupantes temporales, de lo cual dan cuenta los restos de sus asentamientos. Aunque para fines descriptivos hemos subdividido este escenario desértico, en la práctica cada uno de los sectores estuvo estrechamente integrado formando parte de una misma unidad:

Los cerros de pendiente abrupta estuvieron vinculados al mundo ceremonial. Pueden asociarse a caminos (figura 15) (Cerro Cuculicote y Cerro Tres Cruces en el valle de Chicama), petroglifos (Cerro San Antonio en el valle de Chicama y Cerro Alto de Guitarras en el valle de Moche) y aldeas (Cerro San Antonio y Cerro Tres Cruces). Como en las montañas más elevadas ocurren fenómenos naturales como el trueno, el rayo y el relámpago (los cuales se asocian a los episodios pluviales de los eventos ENOS) y los aluviones fluyen desde sus laderas, es posible que estos factores les hayan otorgado un particular significado relacionado con el origen metafórico del agua (Gálvez y Briceño, 2001; Gálvez y Runcio, 2009). Al mismo tiempo, en sus superficies pedregosas vive el caracol terrestre, animal representado en la iconografía cerámica y rupestre, cuya recolección fue objeto de una actividad ceremonial y fue un recurso de subsistencia en las épocas de crisis ambiental (figura 14).



Figura 15. Camino asociado al Cerro Cuculicote (valle de Chicama).

Las laderas de cerros y colinas de pendiente suave (menos de 35°) fueron el espacio donde los primeros desplazados del valle construyeron refugios y/o viviendas de materiales perecederos cuando tenían lugar las intensas precipitaciones pluviales y, pasadas éstas, instalaron viviendas con sobre bases de piedra y muros de adobe, las cuales habrían sido ocupadas durante la permanencia de agua después de las lluvias (3 a 4 años aproximadamente) (figura 16). En varios casos ambos tipos de viviendas se localizan cerca de fuentes de agua. Entre los sectores representativos se encuentran: Cerro Pintado, Cerro Mal Paso, Cerro Tres Cruces y Cerro San Nicolás en el valle de Chicama.



Figura 16. Viviendas en la ladera sur del Cerro San Antonio (valle de Chicama).

Las terrazas aluviales fueron un espacio importante para la instalación de refugios y/o viviendas construidas en circunstancias similares a las anteriores (figura 17). Además, formaron parte de rutas naturales de comunicación e intercambio integradas a los cauces de quebradas. Un aspecto importante es la presencia de petroglifos en los bordes de terrazas colindantes con los cauces de las quebradas como en San Nicolás, de Los Gentiles (Chauchat *et al*, 1998), Cerro San Antonio (Chauchat *Op. Cit.*) (figura 18) y Quebrada de la Mónica (Gálvez *et al*, 1994) en el valle de Chicama y Quebrada Alto de Guitarras, Río de las Salinas y sus tributarias en el valle de Moche (Núñez, 1986); así como de geoglifos en las quebradas de la Mónica, Tres Cruces (Gálvez *et al*, 2002) y de la Camotera, en el valle de Chicama.

Las **quebradas** presentaron dos sectores de interés para los ocupantes temporales: en primer lugar, las **nacientes de quebradas** que comprenden la parte alta de los cauces, los manantiales y terrazas aluviales. Como estos espacios integran a manantiales, cursos de agua (figura 19), flora y fauna (quebradas Santa María, San Nicolás, de la Camotera y Cuculicote, en el valle

de Chicama, y quebradas Alto de Guitarras, Río Las Salinas y sus tributarias, en el valle de Moche), se convirtieron en el ámbito que brindaba las mejores condiciones para la ocupación, por lo cual incluyen densos basurales de diversas épocas. Al mismo tiempo fueron importantes cotos de caza de venado de cola blanca.



Figura 17. Aldea sobre terraza aluvial (Cerro Malpaso, valle de Chicama).



Figura 18. Roca con petroglifos en el Cerro San Antonio.

En segundo lugar, los **cauces de quebrada** constituyeron un espacio para aprovisionarse de agua y abreviar ganado, así como fuentes de materia prima (piedra, arena, arcilla, madera) empleadas para construcciones; también son espacios de valor simbólico lo cual parece estar demostrado por su asociación a petroglifos ubicados en los bordes de las terrazas aluviales. Adicionalmente, formaron parte de rutas naturales de comunicación e intercambio, integradas a las terrazas aluviales y quebradas angostas.



Figura 19. Curso de agua en la naciente de la Quebrada Cuculicote.

Finalmente, las **abras y quebradas angostas** formaron parte de rutas naturales de comunicación e intercambio, integradas a las terrazas aluviales y cauces de quebradas. En los puntos elevados, que conectan a dos quebradas contiguas, presentan murallas cortas diseñadas, aparentemente, para controlar el acceso (Quebrada de los Gentiles en el valle de Chicama) así como para contener el flujo de agua (ladera sur de Cerro San Antonio, en el mismo valle) (figura 20).



Figura 20. Quebrada angosta con muro de piedra (Cerro San Antonio).

Los Recursos

Del dato etnográfico y etnohistórico se infiere que la ocupación prehispánica del desierto en épocas de crisis climáticas generadas por ENOS, estaría justificada por la búsqueda de seguridad para las poblaciones ante el embate de las precipitaciones pluviales y los aluviones, así como por la disponibilidad de recursos permanentes y temporales.

La presencia de agua en las nacientes de las quebradas, significó un recurso de primer orden para las poblaciones desplazadas y un factor importante para una ocupación más amplia de esos sectores, ya que son el emplazamiento natural de los manantiales en donde se originan los cursos de agua. Al consumo de este recurso en la subsistencia y otras actividades de la vida cotidiana, se suma su uso para la agricultura (incluyendo el cultivo de tallos industriales como la inea), la transformación de alimentos y el pastoreo así como la elaboración de materiales constructivos (adobes, argamasa de barro) y de cerámica. Como los manantiales fueron abrevaderos de la fauna silvestre, éstos y su entorno se convirtieron en cotos de caza del venado de cola blanca.

Los minerales del área quebradeña, tales como la piedra, la arena y la arcilla tuvieron usos variados. La piedra sirvió para la construcción de refugios o viviendas, tumbas, fogones, hornos e instrumentos como metates y manos de moler, y la arcilla y la arena para la elaboración de la cerámica.

La fauna comprendió un conjunto de recursos claves para la subsistencia. Los animales consumidos por los cazadores recolectores del

Paijanense en los sitios del área quebradeña (Chauchat *et al*, 2006) debieron ser similares a la de épocas posteriores. Entre los vertebrados se encuentran: venado de cola blanca, cañán (*Dicrodon sp.*) (Gálvez *et al*, 1999) y vizcacha (*Lagydium sp.*). Sin duda, el invertebrado más consumido es el caracol terrestre (figura 14), lo cual explica su notable presencia en los basurales de diversas épocas (Gálvez *et al*, 1993).

En el plano ceremonial, es importante destacar la presencia de animales de gran valor simbólico como el zorro del desierto, el águila, el sapo, la lechuza (*Athene cunicularia*), la boa de la costa (*Boa constrictor*) y la chaquira (*Micrurus Tshudii*), además de los ya nombrados venado de cola blanca, cuyos huesos fueron utilizados, además, para objetos de uso ritual, y caracol terrestre.

Los recursos florísticos tuvieron diversos usos. En los eventos ENOS abundan los frutos silvestres como el símulo, bichayo o guayabito de gentil (*Capparis avicenniifolia*), pial (*Scutia spicata*) y las cactáceas cola de zorro (*Haageocereus pacalaencis*) y chimbil (*Melocactus peruvianus*), útiles para el consumo. También plantas de valor medicinal como el símulo, tabaco silvestre (*Nicotiana tabacum*), chilco (*Baccharis sp.*), etc. Asimismo, árboles como el sapote (*Capparis scabrida* Kunth), espino (*Acacia macracantha*) y algarrobo (*Prosopis pallida*), utilizados para las construcciones, como combustible y para elaborar instrumentos y las gramíneas y arbustos, como complementos de las construcciones domésticas y como combustible. De otro lado, las cactáceas proporcionaron espinas de diversa calidad para tareas domésticas.

La información etnográfica obtenida en el valle de Moche confirma el uso de flora crecida durante los eventos ENOS con fines medicinales: los frutos molidos del símulo curan la parálisis facial y la pulpa del cactus chimbil alivia la sed y los efectos de la insolación cuando se aplica en la piel; la macacha (sin determinación) sirve para curar el *shock* emocional (“susto”) de los niños y el chilco cura el resfrío y la luxación, combinado con otras hierbas. También fuimos informados del uso medicinal del estómago y patas del venado de cola blanca y de la serpiente chaquira, que es macerada en alcohol para curar luxaciones y aliviar el dolor de espalda (Runcio y Gálvez, 2006; Gálvez y Runcio, 2009). Finalmente, las hojas y flores del cadillo (*Bidens pilosa*) tienen propiedades diuréticas y curan las anginas, aftas bucales, disentería, escalofríos y hepatitis (Sagástegui, 1973: 425).

Tecnología del Abrigo

En el área quebradeña las poblaciones provenientes del valle construyeron distintos tipos de estructuras utilizando materiales perecederos y no perecederos con la finalidad de poder vivir en las condiciones climáticas anormales, de manera similar a lo indicado por la información etnográfica y etnohistórica. Sin duda, al consumirse los materiales perecederos después del abandono de las viviendas no quedaron mayores evidencias de la ocupación, excepto las estructuras de piedra, conforme también sucede con los ejemplos contemporáneos, según lo hemos anotado al referirnos al dato etnográfico. Para la época prehispánica han sido registrados dos tipos de estructuras:

Estructuras con bases de piedra

Se localizan principalmente en las terrazas aluviales colindantes con las quebradas, con menor frecuencia en las laderas de los cerros de pendiente suave y, ocasionalmente, en la cima de colinas bajas, cuando éstas presentan una superficie susceptible de ser nivelada sin mayor trabajo con la finalidad de levantar las estructuras. Estas últimas corresponden a casas aisladas y conjuntos de casas. Por lo general, su planta adopta la forma de “C”, “U” y “E” y la parte frontal -que incluye la entrada- está orientada en dirección opuesta a la del viento (figuras 21, 22 y 23).



Figura 21. Estructura con base de piedra en forma de “C” en la Quebrada Tres Cruces (valle de Chicama).



Figura 22. Estructuras con base de piedra en forma de “U” en la Quebrada de la Camotera (valle de Chicama).

Como materiales de construcción se empleó, en los casos más simples, cantos rodados y/o piedras angulares, predominando el área construida con materiales perecederos (totora *Scirpus californicus*, caña brava, inea, carrizo, espino, algarrobo), los mismos que no se han conservado en superficie. Los casos más complejos, presentan un sobre cimiento de piedra, grava y tierra que soportó muros de adobe, mientras que los materiales perecederos fueron utilizados para la cubierta.



Figura 23. Estructuras con base de piedra en forma de “E” y “U” cerca al Cerro Pintado (valle de Chicama).

En cuanto a su conformación, los casos más simples conservan una hilera de piedras de campo y/o cantos rodados ordenados en una sola fila (continua o discontinua), de tal manera que forman líneas rectas o arcos de longitud variable. Esta hilera de piedras funcionó como elemento de fijación de las paredes de quincha o estera (figura 24), pues evita la acción del viento y la erosión.

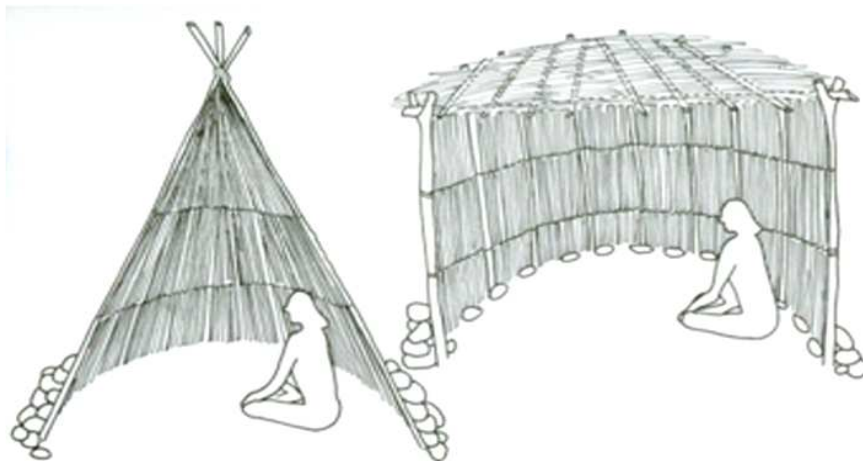


Figura 24. Dibujo reconstructivo de estructuras con base de piedra en forma de “C”.

Las estructuras más elaboradas consisten en sobre cimientos bajos y angostos de doble paramento, constituidos por piedra y relleno de gravilla y tierra, cuya altura generalmente es <0.50 m. y el ancho <0.30 m; y también sobre cimientos bajos y anchos de doble paramento y relleno que son >0.50 m. de altura y >0.50 m. de ancho. En ambos casos tales estructuras sirvieron para superponer capas de adobes unidos con argamasa de barro hasta lograr la altura deseada. Sin duda, las estructuras fueron complementadas con materiales perecederos como es el caso de horcones de madera no elaborada

y de las mismas cubiertas, de manera similar a lo que sucede en las viviendas rurales contemporáneas de un solo ambiente, que a veces presentan una ramada que proyecta la cubierta al exterior (figuras 11 y 25).



Figura 25. Vivienda rural contemporánea con base de piedra y ramada (campiña de Paiján, valle de Chicama).

Estas estructuras, aisladas o agrupadas, además del área quebradeña ocupan las pampas de los valles de Moche y Chicama. En este último caso, se asocian a estructuras de materiales perecederos en las quebradas Tres Cruces y Huáscar o Lescano (Gálvez *et al*, 2002), caminos como en el caso de la Quebrada de la Camotera (Chauchat *et al*, 1998) y Cerro Tres Cruces (Gálvez *et al*, 2002), canales y estructuras de materiales perecederos según ocurre en la Quebrada de la Calera y evidencias rupestres, terrazas habitacionales y estructuras de materiales perecederos, caso de la ladera sur del Cerro San Antonio (Chauchat *et al*, *Op. Cit.*), entre otros. Asimismo, evidencias similares han sido registrados en el ámbito de la Quebrada Alto de Guitarras y el Río Las Salinas en la margen izquierda del valle medio de Moche (Runcio y Gálvez, 2006).

Las asociaciones cerámicas que han sido registradas en el valle de Chicama corresponden a tiestos Cupisnique (Quebrada Tres Cruces, Cerro Tres Cruces, Cerro San Antonio), Salinar (Cerro Tres Cruces, Quebrada Tres Cruces, Cerro Malpaso, Quebrada de la Calera, Cerro San Antonio, Cerro San Bartolo), Moche IV y/o Cajamarca costero (Quebrada San Nicolás, Quebrada de los Gentiles, Quebrada Santa María), Lambayeque (Cerro San Antonio, Quebrada de la Camotera, Pampas de San Ramón) y Chimú (Quebrada de la Camotera, Pampa de San Ramón, Quebrada Tres Cruces, Cerro Pintado –en la margen derecha de la Qda. Tres Cruces-, Cerro Malpaso); sin embargo, la fragmentería es más bien escasa, lo cual podría deberse a la utilización de recipientes de mate, que resultan de más fácil transporte y de uso masivo por su mayor durabilidad en estas áreas inhóspitas.

Estructuras de materiales perecederos

Se encuentran en las terrazas aluviales y, muy en particular, en las laderas de las elevaciones de pendiente menor a 45°. Eventualmente ocupan la cima de colinas bajas cuando existe una superficie plana. Pueden estar solas o formando conjuntos que sobrepasan los 500m² y su ubicación es estratégica para evitar la acción del viento.

Su planta puede ser ovoide, semicircular, circular y -a veces- cuadrangular. Esta se define a partir de las evidencias de espacios ligeramente más profundos y más claros que el suelo circundante (figuras 26 y 27). El área de las estructuras a veces supera los 4 m² por lo general cuando su planta es cuadrangular.



Figura 26. Evidencias de estructuras de materiales perecederos cerca al Cerro San Antonio.

En las estructuras que tienen menos de 2 m² de área, la dimensión del espacio parece indicar su uso como refugio y sugiere que sus ocupantes desarrollaban la mayor parte de sus actividades al aire libre, conforme ocurre con los refugios de las áreas rurales contemporáneas que están asociadas a parcelas de cultivo, o a otros que son usados en el litoral (figura 28). Cuando su área sobrepasa los 4 m² es del todo probable que se haya tratado de viviendas a modo de chozas. En este último caso, las estructuras de planta cuadrangular (figura 29) suelen diferenciarse de las otras por su localización a mayor altitud, lo cual parece indicar el mayor status de sus ocupantes o que el espacio tuvo un carácter ceremonial.



Figura 27. Aldea con estructuras de materiales perecederos en la Quebrada de la Camotera.



Figura 28. Refugio contemporáneo de materiales perecederos en la playa de El Brujo (valle de Chicama).

El suelo de estas estructuras fue modificado aplicando técnicas extractivas similares a las empleadas para elaborar los geoglifos. Para ello se eliminaron las piedras características del suelo de las terrazas aluviales. A *posteriori*, el área útil fue transformada en mayor medida por el uso continuo debido a la ocupación. Es muy probable que dentro de los materiales perecederos se haya empleado caña brava, totora, inea o carrizo, apoyados en postes livianos de madera sin transformar (espino, algarrobo, sapote), que sirvieron para soportar paredes formadas por esteras (totora liada), petate (totora tejida) y quincha así como la existencia de ramadas de materiales perecederos, como aún se acostumbra hasta el presente (figuras 11, 12 y 28).



Figura 29. Evidencia de estructura de materiales perecederos con planta cuadrangular (Cerro San Antonio).

Este tipo de estructuras se ubican en la Quebrada Alto de Guitarras, el Río Las Salinas y quebradas tributarias, en la margen izquierda del valle de Moche (Runcio y Gálvez, 2006). Asimismo, en las pampas arenosas y el área quebradeña (Pampa de San Ramón, Quebrada de la Camotera, Quebrada Tres Cruces, Cerro San Antonio, Quebrada de La Calera, Cerro Tres Cruces, Cerro Malpaso) del valle de Chicama (Gálvez *et al*, 2002).

En términos generales, se asocian a campos de cultivo y senderos angostos con tiestos Chimú (Pampa de San Ramón) (Gálvez *et al*, *Op. Cit.*), estructuras de piedra de gran escala con planta en “U” de afiliación Chimú, como el sitio PV23-545 en el Cerro Pintado –ubicado en la margen derecha de la Quebrada Tres Cruces-, estructuras de piedra de menor escala asociados a cerámica Cupisnique y Salinar (margen izquierda de la Quebrada Tres Cruces, ladera Sur del Cerro San Antonio), una estructura ceremonial con tiestos Cupisnique ubicada en el Cerro Tres Cruces en la margen izquierda de la Quebrada Huáscar (*Op. Cit.*), un camino ceremonial con tiestos Cupisnique, Salinar, Moche, Lambayeque y Chimú (Quebrada de la Camotera) (Chauchat *et al*, 1998), una estructura ceremonial de la época Salinar y canales (Quebrada de la Calera), así como evidencias rupestres y terrazas habitacionales asociados a cerámica Cupisnique, Lambayeque y Chimú (noreste del Cerro Gasñape).

La Dinámica de la Ocupación

En nuestra opinión, la ocupación del desierto no significó un confinamiento para las poblaciones asentadas en él durante ENOS. El relativo aislamiento de los ocupantes debido a los aluviones e inundaciones fue disminuyendo gradualmente conforme fueron cambiando las condiciones climáticas hasta alcanzar las características ambientales normales.

Si analizamos el caso en función de los datos etnográficos, etnohistóricos y arqueológicos, se puede proponer un modelo de movimiento poblacional y ocupación del desierto durante ENOS:

Etapa inicial: En el valle y el área quebradeña (desierto) ocurren lluvias intensas y se incrementa el flujo de agua corriente. En el valle las inundaciones afectan el suministro de agua y contaminan el medio ambiente quedando en gran vulnerabilidad las edificaciones, el sistema vial y la infraestructura agrícola (canales y campos de cultivo). Este es el momento en que se da el éxodo de poblaciones hacia las quebradas porque es prioritaria la seguridad humana; además, queda interrumpida temporalmente la comunicación con el valle. En el área quebradeña se inicia la ocupación temporal de las superficies más seguras, como las terrazas aluviales y las laderas de cerros y colinas, donde se construyen refugios y/o viviendas de emergencia. La subsistencia se basa en los recursos silvestres que son apropiados mediante la recolección y la caza y esencialmente en el aprovisionamiento de agua de las fuentes locales. En el aspecto religioso, la población inmigrante retoma el contacto con espacios de valor ceremonial, como las montañas, las expresiones rupestres y los animales totémicos.

Etapa media: Se incrementa gradualmente el tránsito entre el área quebradeña y el valle y empieza el proceso de reconstrucción de la infraestructura hidráulica, agrícola, vial, ceremonial y de los asentamientos que fueron afectados por lluvias y aluviones en el contexto del progresivo retorno de poblaciones hacia los escenarios afectados. En el valle se practica la agricultura de emergencia en menor escala en el entorno de los sectores donde se acumuló el volumen hídrico y en las tierras húmedas.

En el desierto, el área de quebradas presenta superficies donde la vegetación ha florecido inusualmente y el recurso hídrico se mantiene en un promedio de 3 a 4 años. Este hecho, sumado a la disponibilidad de recursos de subsistencia, permite la realización de actividades productivas como la agricultura beneficiada por fuentes locales de agua e infraestructura de riego mínima; también la caza, recolección y pastoreo de camélidos. Es probable que la producción de alimentos en el área quebradeña haya servido para complementar la demanda de las poblaciones retornadas al valle. Otro aspecto importante es la tecnología del abrigo. Las viviendas de quincha y/o inea y madera instaladas inicialmente tienden a ser ocupadas mientras existe disponibilidad de recursos en el desierto. Asimismo tiene lugar la construcción de estructuras elaboradas con bases de piedra encima de las cuales se superpusieron muros de adobe, las cuales suelen asociarse a espacios ceremoniales que incluyen cerros y/o petroglifos (Quebrada San Nicolás, en el valle de Chicama, y Quebrada Alto de Guitarras y Río de las Salinas en el valle de Moche); es posible que en estos casos también se hayan reutilizado las sobre bases de piedra de estructuras ocupadas en ENOS precedentes.

La existencia de los espacios mencionados podría indicar la realización de actividades ceremoniales en el desierto, debido a la afectación temporal de los templos localizados en las zonas vulnerables del valle. Posteriormente, un

proceso significativo fue el gradual retorno del grueso de población hacia el valle para tareas de reconstrucción y el progresivo movimiento de ida y vuelta entre las quebradas y el valle para la realización de actividades como la caza, la recolección, el pastoreo y para el cuidado y manejo de los campos de cultivos temporales.

Etapas finales: En el valle, como consecuencia del trabajo de la progresiva y cada vez más importante presencia de las poblaciones retornadas, la infraestructura -en particular la ceremonial- recupera su operatividad luego de terminar la reconstrucción. Las actividades productivas (incluyendo la pesca) llegan a su gradual normalización. En esta etapa, el grueso de la población ha retornado a sus asentamientos.

En el área quebradeña la disminución franca del recurso hídrico y de las condiciones anormales de proliferación de flora y fauna conllevan a la desocupación de los asentamientos temporales. En esta área permanecen los grupos necesarios y suficientes como para cuidar los campos de cultivo de la depredación causada por la fauna local (venados, aves) hasta la culminación de las cosechas remanentes. Asimismo, retornan las actividades normales en estos ecosistemas: caza, pastoreo, recolección, comunicación e intercambio costa-sierra.

Comentario Final

Las evidencias de pequeños asentamientos prehispánicos localizados en el desierto, como en el caso de los sectores medios de los valles de Chicama y Moche, no podrían ser explicados sin un escenario donde se den las condiciones imprescindibles para la vida humana, como la presencia de agua, flora y fauna suficientes que permitan el desarrollo de actividades y la aplicación de tecnologías diversas orientadas a este fin.

El dato etnohistórico y, en especial, el etnográfico sobre la relación de las poblaciones con el desierto, demuestra que al ocurrir las precipitaciones pluviales e inundaciones asociadas a ENOS, se produce su desplazamiento hacia los lugares más elevados localizados en los sectores marginales de los valles, donde inicialmente ocupan abrigos y casas precarias construidas con materiales perecibles. A esta acción, vinculada a la seguridad de la vida humana, se suma la ocupación del desierto proyectada a temporadas más prolongadas, porque se configura un escenario distinto en el cual las precipitaciones pluviales generan el crecimiento y expansión anormal de la flora, la existencia de manantiales alimentados por el ascenso del acuífero subterráneo y la presencia de agua corriente en los cauces de las quebradas con la consiguiente aparición de fauna que puede ser apropiada por el hombre mediante la caza y la recolección.

En tales condiciones, que duran entre 3 a 4 años *a posteriori* de las precipitaciones intensas, se desarrollan un conjunto de actividades, que incluyen principalmente la agricultura y la caza, así como el pastoreo. Asimismo, los ocupantes preparan viviendas cuyas características son apropiadas para esta permanencia. Las estructuras construidas con materiales

perecederos y/o no perecederos implican la utilización de materias primas locales. Si bien los materiales de origen mineral (piedras, arena, arcilla) abundan en el área quebradeña en condiciones normales, la elaboración de estructuras estables requiere de la disponibilidad de agua, particularmente en el caso de aquellas con sobre bases de piedras cuyas dimensiones están preparadas para sustentar muros de adobe, que necesitan agua para su elaboración. Asimismo, bajo las condiciones generadas por ENOS existen suficientes materiales orgánicos para complementar la construcción de las viviendas.

Es importante destacar que algunas de las localidades contemporáneas suelen ocupar espacios vecinos a los que presentan evidencias arqueológicas de estructuras construidas con materiales perecederos y/o no perecederos. En ambos casos se trata de espacios elevados asociados a laderas de cerros y terrazas aluviales y, coincidentemente, se hallan en las cercanías de manantiales que benefician a los grupos desplazados desde el valle. La morfología de las evidencias de las estructuras contemporáneas (refugios y viviendas) tiene rasgos compatibles con sus contrapartes prehispánicas, pero la diferencia de antigüedad es discernible por la coloración del suelo, en el caso particular de las estructuras construidas con materiales perecederos. La reutilización de las estructuras prehispánicas, comprobada en varios asentamientos a partir de asociaciones con cerámica de épocas diferentes (Cupisnique, Salinar, Mochica IV y/o Cajamarca, Lambayeque y Chimú) parece representar estrategias de ocupación del espacio en un escenario propicio para la vida humana, como es el caso de las condiciones ambientales anormales que son generadas por ENOS. También, en algunos casos de las quebradas de la margen derecha del valle de Chicama, se da la reutilización de estructuras contemporáneas como reflejo de ocupaciones recurrentes que suceden en cada ENOS, según ha sido comprobado en el terreno.

Los ejemplos etnográficos, solamente para el caso de la agricultura oportunista o temporal asociada a la etapa posterior a las precipitaciones pluviales, demuestran que con el agua disponible es posible obtener cosechas durante 3 a 4 años mientras existe agua disponible. Consideramos que en la época prehispánica este escenario habría posibilitado, paralelamente al flujo de las poblaciones desplazadas en dirección al valle y viceversa, la reconstrucción de la infraestructura dañada en el valle. De otro lado, las poblaciones que no se desplazaron hacia el desierto -por las limitaciones debidas a las inundaciones- pero que pudieron refugiarse en lugares elevados localizados en el ámbito del valle, habrían tenido un rol complementario realizando actividades productivas *a posteriori* de la temporada de lluvias aprovechando la disponibilidad de agua contenida en las lagunas costañas y en las depresiones.

Es del todo probable que la experiencia acumulada como resultado de la observación de los cambios en los bioindicadores de eventos climáticos catastróficos como ENOS (Schaedel, 1988: 31), sirviera como información útil para predecir la ocurrencia de tales anomalías climáticas y permitiera sacar provecho de los aspectos útiles para la supervivencia (Rodríguez, 1997: 33). De tal manera que las estrategias orientadas a la ocupación del desierto habrían permitido la supervivencia en condiciones de estrés social y, por

consiguiente, contribuirían a generar condiciones que hicieran posible la reconstrucción de los espacios construidos por el hombre, incluyendo la infraestructura productiva. La comprensión de esta interacción entre el hombre y los paisajes cambiantes requiere, entonces, un mayor análisis de la ocupación del desierto y la imprescindible realización de investigaciones arqueológicas que incluyan, dentro de un detallado estudio de los asentamientos, la excavación y el análisis de los depósitos de restos orgánicos asociados a los refugios y viviendas, en particular en las nacientes de las quebradas.

Referencias Bibliograficas

- Billman, B. 1999. Reconstructing prehistoric political economies and cycles of political power in the Moche Valley, Peru. En *Settlements patterns studies in the Americas*, editado por Brian Billman y Gary Feinman, pp. 131-159. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Bonavia, D. 1991. *Perú, hombre e historia I. De los orígenes al siglo XVI*. Ediciones EDUBANCO, Lima.
- Bourget, S. 2001. Rituals of sacrifice: its practice at Huaca de la Luna and its representation in Moche iconography. En *Moche Art and Archaeology in Ancient Peru*, editado por Joanne Pillsbury, pp. 89-109. National Gallery of Art, Studies in the History of Art 63, Washington.
- Briceño, J. 1995. El recurso agua y el establecimiento de los cazadores recolectores en el valle de Chicama. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia* 5: 143-161. Universidad Nacional de Trujillo.
- Briceño, J., Galvez, C., Becerra, R. 1993. Reocupación de sitios paijanenses en el valle de Chicama. *Actas del IX Congreso Peruano del Hombre y la Cultura Andina*, Tomo II, editado por Segundo Arréstegui, pp. 163-182. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Castañeda, J. 2010. Fenómeno "El Niño" en los valles de Lambayeque: aguaceros e inundaciones durante el Virreinato En: *Chotuna – Chornancap "Templos, rituales y ancestros Lambayeque"* Carlos Wester (Editor), pp. 203-214. Proyecto Especial Naylamp, Unidad Ejecutora N° 111 y Museo Arqueológico Nacional Brüning, Lambayeque.
- Chauchat, C., Gálvez, C., Briceño, J., Uceda, S. 1998. *Sitios Arqueológicos de la Zona de Cupisnique y Margen Derecha del Valle de Chicama*. Patrimonio Arqueológico Zona Norte, Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines Vol. 113. Instituto Nacional de Cultura-La Libertad e Instituto Francés de Estudios Andinos, Lima.
- Chauchat, C., Wing, E., Lacombe, J., Demars, P., Uceda, S., Deza, C. 2006. Prehistoria de la costa norte del Perú. El Paijanense de Cupisnique. *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* Vol. 211. Instituto Francés de Estudios Andinos y Patronato Huacas del Valle de Moche, Lima.
- Dillehay, T., Kolata, A. 2004. Long-term human response to uncertain environmental conditions in the Andes. *PNAS* 101 (12): 4325-4330.
- Dillehay, T., Kolata, A., Swenson, E. 2009. *Paisajes culturales en el valle de Jequetepeque: los yacimientos arqueológicos*. Ediciones SIAN, Trujillo.

- Erdmann, W., Schulz, N., Richter, M., Rodríguez, E. 2008. Efectos del fenómeno del Niño 1997-1998 en la vegetación del desierto de Sechura, Región Paita hasta el año 2008. *Arnaldoa* 15(1): 63-86. Trujillo.
- Franco, R., Gálvez, C., Vásquez, S. 2003. Modelos, Función y Cronología de la Huaca Cao Viejo, Complejo El Brujo. En *Moche: Hacia el Final del Milenio*, Vol. II, Santiago Uceda y Elías Mujica (editores) pp. 125-177. Universidad Nacional de Trujillo y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gálvez, C. 1992a. Un estudio de campamentos Paijanenses en la Quebrada Cuculicote, valle de Chicama. En *Estudios de arqueología peruana*, editado por Duccio Bonavia, pp. 21-43. Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales, Lima.
- Gálvez, C. 1992b. Evaluación de evidencias paijanenses en tres zonas del valle de Chicama. *Revista del Museo de Arqueología* 3: 31-50. Universidad Nacional de Trujillo.
- Gálvez, C. 2000. Nuevos Datos y Problemas sobre el Paijanense en el Chicama: Aportes para una Evaluación de la Ocupación Temprana en el Norte del Perú. *Boletín de Arqueología PUCP* N°3: 41-54.
- Gálvez, C. 2009. La Laguna: paisaje cultural del valle de Chicama. *Arkinka* 158: 92-95.
- Gálvez, C., Briceño, J. 2001. The Moche in the Chicama Valley. En *Moche Art and Archaeology in Ancient Peru*, editado por Joanne Pillsbury, pp. 141-157. National Gallery of Art, Studies in the History of Art 63, Washington.
- Gálvez, C., Runcio, M. 2009. El Paisaje Visto desde Adentro: Etnografía y Espacio en Alto de Guitarras. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia* 11: 235-252. Universidad Nacional de Trujillo.
- Gálvez, C., Castañeda, J., Becerra, R. 1993. Caracoles Terrestres: 11,000 Años de Tradición Alimentaria en la Costa Norte del Perú. En *Cultura, Identidad y Cocina en el Perú*, compilado por Rosario Olivas, pp. 55-147. Universidad San Martín de Porres, Lima.
- Gálvez, C., Becerra, R., Castañeda, J. 1994. Un sitio rupestre en la Quebrada de la Mónica, valle de Chicama. *Investigar* 1: 19-23. Instituto de investigaciones y Arqueológicas y Afines, Trujillo.
- Gálvez, C., Morales, R., Castañeda, J. 1999. 11000 Años de Consumo de Reptiles en la Costa Norte del Perú: El Caso del Cañán (*Dicrodon sp.*). En *Los Sabores de España y América*, compilado por Antonio Garrido, pp. 142-164. Ediciones La Val de Onsera, Huesca.
- Gálvez, C., Becerra, R., Marín, R. 2002. *Inventario de sitios arqueológicos de la provincia de Ascope. Distrito de Chicama, Santiago de Cao y Magdalena de Cao (primera parte)*. Informe presentado al Instituto Nacional de Cultura, Dirección Departamental de Cultura La Libertad, Trujillo.
- Elera, C. 1998. The Puemape site and the Cupisnique culture: a case study on the origins and development of complex societies in the Central Andes, Peru. Tesis doctoral. University of the Calgary.
- Hecker, W., Hecker, G. 1990. *Ruinas, caminos y sistemas de irrigación prehispánicos en la provincia de Pacasmayo, Perú*. Patrimonio Arqueológico Zona Norte / 3. Instituto Departamental de Cultura La Libertad, Trujillo.
- Huertas, L. 1987. *Ecología e historia. Probanzas de indios y españoles referentes a las catastróficas lluvias de 1578, en los corregimientos de Trujillo y Saña*. Centro de Estudios Sociales "Solidaridad", Chiclayo.

- Huertas, L. 1993. Anomalías cíclicas de la naturaleza y su impacto en la sociedad: "El Fenómeno El Niño". *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* 22(1): 345-393.
- Kosok, P. 1965. *Life, land and water in ancient Peru*. Long Island University Press, Nueva York.
- Kuroiwa, J. 2005. *Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza*. Asociación Editorial Bruño, Lima.
- Larco, R. 2001. *Los mochicas*. Museo Arqueológico Rafael Larco Herrera, Lima.
- Leonard, B., Russell, G. 1992. *Informe preliminar: Proyecto de reconocimiento arqueológico del Chicama, resultados de la primera temporada de campo, 1989*. Reporte presentado al Instituto Nacional de Cultura.
- Manzanilla, L. 1997. Indicadores arqueológicos de desastres: Mesoamérica, Los Andes y otros casos. En *Historia y desastres en América Latina Volumen II*, coordinado por Virginia García Acosta. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. http://www.desenredando.org/public/libros/1997/hydv2/hydv2-todo_sep-09-002.pdf
- Moseley, M., Deeds, E. 1982. The land in front of Chan Chan: agrarian expansion, reform and collapse in the Moche Valley. En *Chan Chan Andean Desert City*, editado por Michael Moseley y Kent Day, pp. 25-54. University of New Mexico Press, Albuquerque
- Nials, F., Deeds, E., Moseley, M., Pozorski, S., Pozorski, T., Feldman, R. 1979. El Niño: the catastrophic flooding of coastal Peru. *Field Museum of Natural History Bulletin* 50(7): 4-14; 50(8): 4-10. Chicago.
- Núñez, A. 1986. *Petroglifos del Perú. Panorama mundial del arte rupestre*. Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- ONERN. 1976. *Mapa ecológico del Perú y guía explicativa*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- Ortlieb, L., Macharé, J. 1989. Evolución climática al final del Cuaternario en las regiones costeras del norte peruano: breve reseña. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* 18(2): 143-160.
- Ortloff, C., Feldman, R., Moseley, M. 1985. Hydraulic engineering and historical aspects of the Pre-Columbian intravalley canal systems of the Moche valley, Peru. *Journal of Field Archaeology* 12(1): 77-98.
- Ortloff, C., Moseley, M., Feldman, R. 1982. Hydraulic engineering aspects of the Chimú Chicama-Moche intervalley canal. *American Antiquity* 47(3): 572-595.
- Ortloff, C., Moseley, M., Feldman, R. 1983. The Chicama-Moche intervalley canal: social explanation and physical paradigms. *American Antiquity* 48(2): 375-389.
- Pozorski, T., Pozorski, S. 2003. The impact of the El Niño phenomenon on prehistoric Chimú irrigation systems of the Peruvian coast. En *El Niño in Peru: biology and culture over 10,000 years*, editado por Jonathan Haas y Michael Dillon, pp. 71-89. Fieldiana, Botany New Series N° 43, Field Museum of Natural History, Chicago.
- Rodríguez, V. 1997. *Los pueblos Muchik en el mundo andino de ayer y siempre*. Centro de Investigación y Promoción de los Pueblos Muchik "Josefa Suy Suy Azabache", Moche.

- Rollins, H., Richardson III, J., Sandweiss, D. 1986. The birth of El Niño: geological evidence and implications. *Geoarchaeology* 1: 3-15.
- Runcio, M., Gálvez, C. 2006. Quebrada y Cerro Alto de Guitarras (Valle de Moche, Perú): una Visión desde el Presente. *Revista ANTI, N° especial 2*. Actas del Primer Coloquio Internacional "Los Andes Antes de los Inka". Centro de Investigaciones Precolombinas, Buenos Aires (publicación en CD-ROM).
- Sagástegui, A. 1973. *Manual de las malezas de la costa norperuana*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Sagástegui, A. 1999. La diversidad biológica y "El Niño 1997-98" en el norte del Perú. *Rev. Peru. Biol.* Volumen extraordinario: 183-186.
- Sandweiss, D., Rollins, H., Richardson III, J. 1983. Landscape alteration and prehistoric human occupation of the north coast of Peru. *Annals of the Carnegie Museum* 52(12): 277-298. Pennsylvania.
- Schaedel, R. 1988. *La etnografía Muchik en las fotografías de H. Brüning 1886-1925*. Ediciones COFIDE, Lima.
- Swenson, E. 2007. Adaptive strategies or ideological innovations? Interpreting sociopolitical developments in the Jequetepeque Valley of Peru during the Late Moche Period. *Journal of Anthropological Archaeology* 26: 253-282.
- Uceda, S. 1986. *Le Paijanien de la region de Casma (Pérou). Industrie lithique et relations avec les autres industries précéramiques*. Tesis para obtener el título de Doctor. Université de Bordeaux I.
- Uceda, S. 1988. *Catastro de los sitios arqueológicos del área de influencia del canal de irrigación Chavimochic: valles de Santa y Chao*. Patrimonio Arqueológico Zona Norte / 1. Instituto Departamental de Cultura La Libertad, Trujillo.
- Uceda, S., Canziani, J. 1993. Evidencias de grandes precipitaciones en diversas etapas constructivas en Huaca de la Luna, costa norte del Perú. En *Registros del Fenómeno El Niño y de eventos ENSO en América del Sur*, compilado por José Macharé y Luc Ortlief. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* 22(1): 313-343, Lima.
- Uceda, S., Carcelén, J., Pimentel, V. 1990. *Catastro de los sitios arqueológicos del área de influencia del canal de irrigación Chavimochic: valles de Santa (Palo Redondo) y Virú*. Patrimonio Arqueológico Zona Norte / 2. Instituto Departamental de Cultura La Libertad, Trujillo.
- Watson, R. 1979. *Water control and land use on the arid north coast of Peru: prehispanic agricultural systems in the Chicama Valley*. Tesis de Maestría. Department of Anthropology, University of Texas, Austin.
- Ywanaga, G., Bocanegra, C. 1999. Impacto de "El Niño 1997-98" sobre las comunidades vegetales de las lomas del Cerro Campana, Trujillo, Perú. *Revista Peruana de Biología* Volumen extraordinario: 176-177. Lima.



Biological mass extinctions on planet Earth

Gabriel Dorado¹, Isabel Rey², Francisco Javier S. Sánchez-Cañete³, Fernando Luque⁴, Inmaculada Jiménez⁵, Arturo Morales⁶, Manuel Gálvez⁷, Jesús Sáiz⁸, Adela Sánchez⁸, Pilar Hernández⁹, Víctor F. Vásquez¹⁰

¹ Author for correspondence, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), C.E.: <bb1dopeg@uco.es>; ² Colección de Tejidos y ADN, Museo Natural de Ciencias Naturales, 28006 Madrid; ³ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena, Córdoba (Spain); ⁴ Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ⁵ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁶ Dep. Radiología y Medicina Física, Unidad de Física Médica, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁷ Dep. Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Cantoblanco (Madrid); ⁸ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas ARQUEOBIOS, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru)

Abstract

Both gradual and catastrophic events have been involved on the mass extinction events on the planet Earth. Although the greatest mass extinction with currently identified fossil remains was the Great Dying, the greatest of all mass extinctions on planet Earth should have been the Great Oxygenation Event (GOE), assuming that no life was present at the time of the Moon formation. In general, and excluding the unique GOE, the climate changes have been the most common causes of mass extinctions on Earth. A comet or large meteorite may cause mass extinctions not only on land, but also on the oceans. Indeed, a bolide of a few kilometers in diameter may release as much energy as several million nuclear bombs. On the other hand, localized oceanic extinctions may arise from special events like the quasi-periodic climate pattern known as “El Niño” Southern Oscillation (ENSO). Such events may have also a significant impact on terrestrial ecosystems, causing extinctions of plants and animals. Up to five major mass extinctions have been recorded in the last 540 million years, killing an average of 50% or more of all living species at the time of the event. The fossil record suggests that mass extinctions on the planet Earth occur about every 26 million years. This is a very serious matter indeed, because if such hypothesis holds true, it is just a matter of time before the Earth is hit by a huge bolide with catastrophic consequences. It is revealing to note that 99% of all species that ever lived on planet Earth are now extinct. That includes all our hominid ancestors. Besides other considerations and factors, the human activity is significantly disrupting the planet Earth ecosystems. It should be also taken into account that now –for the first time–, the human activity can also cause mass extinctions. In fact, the current rate of species extinctions is shocking; estimated at about 10,000 times the past average as deduced from the fossil

record. The conclusion is clear and definitive: our only chance to survive is to colonize the cosmos. On the other hand, we must take care of many possible causes of extinction, but particularly on those derived from the synergistic effects of human activities, in order to take action to prevent the global contamination and warming of the planet Earth. In a practical way, halting and reversing such trends requires significant changes not only in industries in general, but also in human behavior in particular (food wastefulness, unnecessary travel and pleasure tourism, fashion squandering, etc), in order to effectively reduce both the contamination and the emissions of the greenhouse gases. Obviously, that requires a global economic and marketing change. A pacific revolution involving a global social and political agreement is needed. It should be also clear that each and every one of us has the responsibility to take care of our planet Earth.

Key words: Big Bang theory, asteroids, comets, Homo sapiens sapiens, dinosaurs, Doomsday Argument.

Resumen

Tanto acontecimientos graduales como catastróficos han estado implicados a las extinciones masivas en el planeta Tierra. A pesar de que la mayor extinción masiva, según restos fósiles identificados actualmente, fue la Gran Mortandad (del inglés, "Great Dying"), la mayor de todas las extinciones masivas en el planeta Tierra debió haber sido la Gran Oxidación (del inglés, "Great Oxygenation"); también llamada crisis del oxígeno, revolución del oxígeno o catástrofe del oxígeno (suponiendo la no existencia de vida en el momento de la formación de la Luna). En general y excluyendo el suceso de la Gran Oxidación, los cambios climáticos han sido las causas más comunes de extinciones masivas en la Tierra. Un cometa o un gran meteorito pueden causar extinciones masivas, no sólo en la tierra, sino también en los océanos. De hecho, un aerolito de unos pocos kilómetros de diámetro puede liberar tanta energía como varios millones de bombas nucleares. Por otro lado, las extinciones oceánicas localizadas pueden derivarse de sucesos especiales como el patrón climático cuasiperiódico conocido como la Oscilación del Sur de "El Niño" (del inglés, "El Niño' Southern Oscillation"; ENOS). Estos eventos pueden tener también un impacto significativo en los ecosistemas terrestres, causando la extinción de plantas y animales. Hasta cinco importantes extinciones masivas han sido registradas en los últimos 540 millones años, aniquilando a un promedio del 50% o más de todas las especies vivientes en el momento del evento. El registro fósil sugiere que las extinciones masivas en el planeta Tierra se producen aproximadamente cada 26 millones de años. Se trata, ciertamente, de un asunto muy grave, porque de ser cierta esa hipótesis, es simplemente una cuestión de tiempo que la Tierra pueda ser alcanzada por un enorme aerolito que generaría consecuencias catastróficas. Es interesante tener en cuenta que el 99% de todas las especies que alguna vez vivieron en el planeta Tierra están ahora extintas. Esto incluye a todos nuestros antepasados homínidos. Además de otras consideraciones y factores, la actividad humana está interfiriendo considerablemente en los ecosistemas del planeta Tierra. Debe tenerse también en cuenta que ahora –por primera vez–, la actividad humana puede también causar extinciones masivas. De hecho, la tasa actual

de extinción de especies es alarmante; estimada en alrededor de 10.000 veces la media con respecto al pasado, como se deduce del registro fósil. La conclusión es clara y definitiva: nuestra única posibilidad de sobrevivir es colonizar el cosmos. Por otra parte, debemos preocuparnos por muchas posibles causas de extinción, pero sobre todo por aquellas derivadas de los efectos sinérgicos de las actividades humanas, a fin de tomar medidas para prevenir la contaminación y calentamiento global del planeta Tierra. De un modo práctico, detener y revertir esas tendencias requiere importantes cambios no sólo en las industrias en general, sino también en el comportamiento humano en particular (despilfarro de comida, viajes superfluos turismo de placer, derroche en moda, etc.), a fin de reducir eficazmente la contaminación y las emisiones de los gases de efecto invernadero. Indiscutiblemente, esto requiere un cambio global a nivel económico y comercial. Se necesita una revolución pacífica que implique un acuerdo global a nivel social y político. Es también evidente que todos y cada uno de nosotros tenemos la responsabilidad de cuidar de nuestro planeta Tierra.

Palabras clave: teoría del la Gran Explosión (Big Bang), asteroides, cometas, Homo sapiens sapiens, dinosaurios, Argumento del Juicio Final (Doomsday Argument).

Introduction

According to the Big Bang theory, the known Universe was created about 13.7 milliard years ago (Komatsu et al, 2009; Menegoni et al, 2009), giving rise to the Earth about 4.54 milliard years ago (Dalrymple, 1991). Life started on Earth approximately a milliard years after that: about 3.5 milliard years ago (Wilde et al, 2001; Schopf et al, 2002). During the Earth biological evolution, different biological mass extinction events have taken place, triggered by different causes, including abiotic (eg., climate) and biotic (eg., diseases) factors. Sometimes, the abiotic factors may trigger biotic ones, like the lack of food after a severe drought.

The mass extinction events wipe out many species, but at the same time they usually represent a major regenerative force, providing new and unique opportunities for the adaptation and subsequent explosive evolution and diversification of the surviving clades. Thus, such events have shaped the life on the Earth, determining the catalog of biological entities at each particular time in the biological evolution of the planet. In fact, if no mass extinctions had taken place, the life on Earth would be surprisingly different, without most of the current species, including the modern humans, which are a subspecies of *Homo sapiens* (*Homo sapiens sapiens*). For instance, the only living beings on planet Earth could be anaerobic with all the energetic limitations involved. Likewise, the evolution and dominance of mammals required the extinction of dinosaurs, as described below. Otherwise, the planet Earth would still be dominated by roaming dinosaurs, and some of them, like the *Stenonychosaurus inequalis* might have eventually evolved into intelligent dinosauroid reptiles, being quite different from humans (Russell and Séguin, 1982).

Both gradual and catastrophic events have been involved on the mass extinction events on the planet Earth. The former ones may include, for instance, a reduction of the oxygen concentration, climate changes generating aridity, shifts in ocean current circulations and changes in sea levels. The catastrophic ones may include bolide impacts (like the ones involving asteroids and comets), increased volcanism (including acid rain, etc) and the release of methane clathrate (also known as methane hydrate, hydromethane, methane ice or “fire ice”) from sea and ocean floors (Tanner et al, 2004).

The Solar System formed about 4.568 milliard years ago, containing the sun, planets and other astronomical objects bound to each other by gravity. The bolide impacts were more frequent in the younger planet Earth, since the number of such bodies in the Solar System is being reduced with time, simply because they eventually impact on planets or satellites (or collide between themselves), and thus get out of orbit. In the beginning, the impacts could have included huge bolides of hundreds of kilometers in diameter. An impact of such large bodies could have devastating effects, vaporizing all the oceans. Obviously, such impacts could represent the greatest biological mass extinctions on planet Earth, yet the research of such area seems unreachable today and probably for ever. In any case, it is obvious that the life on Earth could only evolve to the present day after such bombardment ceased.

The formation of the Moon has been a mystery for a long time. Among the initial huge impacts is one that is considered the greatest one ever over the Earth (at least, the greatest hypothesized one). Indeed, it was so powerful that it formed the Moon satellite out of the impact. Thus, the Giant Impact hypothesis proposes that the stability of the planetoid Theia orbit was affected due to its growing mass (having about the size of the planet Mars), departing from its stable location and subsequently colliding with the Earth proto-planet about 4.48 milliard years ago (about 120 million years after the formation of the Solar System) (Belbruno and Gott, 2005; Halliday, 2008).

The greatest biological mass extinctions

Some authors consider five big mass extinction events on planet Earth: Ordovician-Silurian (440 to 450 million years ago), Late Devonian (364 million years ago), Permian-Triassic (251.4 million years ago), Triassic-Jurassic (199.6 million years ago) and Cretaceous-Tertiary (65.5 million years ago) (Raup and Sepkoski, 1982). Additionally, it is generally assumed that the largest biological mass extinction event on the planet Earth occurred during the Permian-Triassic period (251.4 million years ago) (P-Tr extinction event), wiping out most living vertebrate species (96% marine and 70% terrestrial), and an average of 90% of all species. As a proof of its severity, it is the only known mass extinction of insects (Bowring et al, 1998; Jin et al, 2000; Benton, 2005). In fact, the life on the planet Earth took 30 million years to recover (Sahney and Benton, 2008). That is why it has been called the Great Dying (Barry, 2002) and “the mother” of all mass extinctions (Erwin, 1983).

Yet, there was a much significant extinction event on the planet Earth 2.4 milliard years ago, that destroyed almost all living species at that time. It

occurred when free oxygen (O₂) produced by photosynthetic bacteria (cyanobacteria) transformed the original reducing atmosphere into an oxidizing one, being lethal for virtually all the rest of living creatures (being anaerobic at that time). Such catastrophe is called the Great Oxygenation Event (GOE), also known as the oxygen holocaust, oxygen catastrophe, oxygen crisis, and the great oxidation. Indeed, the oxygen –or more properly, the Reactive Oxygen Species (ROS) derived from it– are toxic to any biological entity, including aerobic ones. The ROS include oxygen ions (with unpaired valence shell electrons) and peroxides (powerful oxidizers, and usually quite unstable), therefore being all very chemically reactive. The ROS can generate oxidative stress, that may result in significant damage to cell molecules, with significant deleterious effects (mutations, cancer, cell and tissue degeneration, aging, etc). On the bright side, the aerobic metabolism is much more efficient than the anaerobic one, thus being an Evolutionarily Stable Strategy (ESS) exploited by most living cells, albeit with the associated dangers indicate before. Indeed, the anaerobic metabolism (via fermentations) only generates two Adenosine-5'-Triphosphate (ATP)/glucose, whereas the aerobic one (via the Krebs cycle) yields 36 (prokaryotes) or 38 (eukaryotes) ATP/glucose (almost 20 times more!).

On the other hand, the released oxygen could combine with the methane (a greenhouse gas, being remains of the previous anaerobic Earth) in the atmosphere, possibly triggering the longest “Snowball Earth” episode (Huronian glaciation), in which the Earth surface became entirely (or nearly) frozen in the Paleoproterozoic era; in particular, during the Siderian and Rhyacian periods (from 2.4 to 2.1 milliard years ago) (Kopp et al, 2005). Another Snowball Earth episode took place 650 million years ago. Interestingly, such later event seems to have triggered the evolution of multi-cellular organisms and the huge generation of amazing new life forms during the Cambrian explosion event (Smith, 2009). Thus, although the greatest mass extinction with currently identified fossil remains was the Great Dying, the greatest of all mass extinctions on planet Earth should have been the Great Oxygenation (assuming that no life was present at the time of the Moon formation).

Additionally, diseases caused by living entities including viroids, virusoids, viruses and cells (prokaryotes like bacteria, as well as eukaryotes, including unicellular and pluricellular organisms), as well as over-parasitism and over-predation events, may have also caused extinctions. Yet their impacts are usually reduced, due to their intrinsic biological nature, thus usually allowing the development of resistance, affecting a reduced number of individuals or species.

Terrestrial and oceanic mass extinctions

In general, and excluding the unique GOE, the climate changes have been the most common causes of mass extinctions on Earth. In fact, any drastic climate change (fast or slow) is likely to produce mass extinctions. In the first case, many species will just abruptly disappear, only surviving the ones capable to withstand the new conditions (which, in fact, may feed on the dying ones for some time. In the latter case, some species may disappear, whereas others will

evolve, being replaced by new ones, better adapted to the new conditions. As previously indicated, these events have offered new opportunities for the development of new species, effectively shaping the catalog of life on the planet Earth to our days.

The climate changes may be caused by different factors, including volcanoes and the crashing of massive meteorites or comets over the planet Earth. Such factors are most likely to affect the land ecosystems, where temperature changes can be more intense. The excessive rainfall and –most significantly– the lack of rain are also factors that may be involved in mass extinctions on land ecosystems, yet have no effect on marine ecosystems, except for small interior aquatic ecosystems that could be also drastically affected in the case of severe droughts periods.

Localized oceanic extinctions may arise from special events like the quasi-periodic climate pattern known as “El Niño” Southern Oscillation (ENSO). Such events may have also a significant impact on terrestrial ecosystems, causing extinctions of plants and animals (Harrison, 2000). Yet, oceanic mass extinctions usually require special events drastically disrupting the food chain (Jackson, 2008). Such events are usually much more general than the ones required to cause mass extinctions on land, since the homeostasis in aquatic environments in general and oceanic ones in particular is very high as compared to the terrestrial ones. Such drastic extinction events may include the solar light blocking by intense volcanic activity and –most likely– by large extraterrestrial bolide impacts. The former may trigger extinction events over millions of years, whereas the latter would take effect over just thousands of years.

As previously indicated, up to five major mass extinctions have been recorded in the last 540 million years, killing an average of 50% or more of all living species at the time of the event. Yet, only for the last one (the Cretaceous-Tertiary; K-T extinction event) there is definitive evidence of impacts leading to mass extinctions. That is also the most popular one, which took place 65 million years ago, killing most dinosaurs, as indicated below. Nevertheless, if an extraterrestrial bolide impacts in the ocean, the scenario may be different with regard to the sedimentary evidences left. Such could have been the case for the P-Tr extinction event. It should be taken into account that at the late Permian there was a single super-continent (Pangaea), as well as a single super-ocean (Panthalassa).

Bolide-related mass extinctions

A comet or large meteorite may cause mass extinctions not only on land, but also on the oceans. Indeed, a bolide of a few kilometers in diameter may release as much energy as several million nuclear bombs. The scenario may be as follows:

1. The large bolide impacts the Earth, creating a huge crater, like the case of the Chicxulub crater (180 km in diameter) at the Yucatán Peninsula (Mexico). The impact will cause earthquakes and tsunamis, with great devastating effects,

depending on the bolide size and on the place of impact (land, ocean, etc). Interestingly, the Chicxulub crater has been linked to the extinction of most dinosaurs, as indicated below. Other craters around the world have been dated to approximately the same age (Silverpit crater in the United Kingdom, Boltysk crater in Ukraine and Shiva crater in the Indian Ocean). It seems therefore plausible that such impacts could be due to a comet disruption, similar to the collision of the "Shoemaker-Levy 9" comet (formally designated D/1993 F2 and nicknamed "String of Pearls" due to its appearance) with Jupiter in 1994 (Boehnhardt, 2004).

2. The bolide will cause also an increase in temperature, transforming the kinetic energy into thermal one, with devastating effects.

3. The bolide may create huge dust clouds, made of both bolide and Earth material. In fact, it is possible to track the history of the largest bolide impacts on Earth because they may leave an evidence of extra-terrestrial material on the geological strata (e.g., elements that are rare on Earth, yet abundant on bolides, like iridium). Other evidences may also point to bolide impacts, mainly when linked to mass extinctions at the same time. Such is the case of the high concentrations of shocked quartz, Ni, Cr, As, V, and Co anomalies, large negative carbon isotope shifts and microspherules and microcrysts corresponding to the mid-Devonian (380 million years ago), as found in the Anti Atlas desert (Morocco). Indeed, such evidences have been related to the extinction of 40% of marine animal genera at such time (Ellwood et al, 2003).

4. The dust clouds will cover the full planet Earth (or nearly), with the help of the atmospheric pressure differences and thus the corresponding winds, effectively blocking most of the solar light in most locations for months and even years.

5. Such scenario may cause a drastic drop of dozens of Celsius degrees on the average temperature on planet Earth, which is specially lethal on land ecosystems. As a consequence, many species will disappear. Such effect is less drastic on the ocean, due to its huge amount of water, its high heat capacity (C) and corresponding homeostatic effect. The previous sharp increase and –mainly– the subsequent drastic and significant drop in the planet Earth average temperature can kill many land species; mainly those not protected against such thermal aggressions. As an example, the dinosaurs were almost completely wiped out from planet Earth at the end of the Cretaceous period, as previously indicated. They included different animals that dominated the Earth for over 160 million years, from the late Triassic period (about 230 million years ago). Among them were a group of feathered dinosaurs that evolved from theropod dinosaurs during the Jurassic period (199.6 to 145.5 million years ago). The feathers are a fantastic technological achievement of nature, since they are light, yet strong, being also flexible or rigid, as needed. And most importantly, they are fantastic thermal insulators from both high and –mainly– low temperatures. Indeed, they protected the feathered dinosaurs, being the only group of dinosaurs that could survive such mass extinction event, giving rise of the current birds (Zhou, 2004).

6. The continued blockage of the sun light causes photosynthetic organisms to stop such process and eventually die. Such effect is relevant on both land and ocean ecosystems. Thus, plants die on land, but photosynthetic plankton (phytoplankton) also perish on the ocean surface.

7. As a consequence, the food chain is suddenly and drastically disrupted. Animals feeding from the photosynthetic organisms also perish from starvation, both on land and the oceans (eg., zooplankton).

8. The lack of food is transmitted to all links/stages of the food chain/pyramid. A huge mass extinction takes place in days, weeks and months. Many species are wiped out from terrestrial and aquatic ecosystems.

9. Eventually, the gravity acceleration and other factors like the rain will clear the atmosphere, allowing a progressive deposition of the dust particles. Eventually, the sun light reaches the planet Earth surface again, months or years after the bolide impact.

10. Living beings will recover slowly, including plants from seeds (some seeds may remain germinative for decades), animals from eggs (eg., insects) and other surviving animals (hibernation, etc).

11. A brand new Earth is born, offering new opportunities to survivors to re-colonize both terrestrial and aquatic ecosystems.

12. New species will evolve from survivors, effectively replacing the disappeared ones, albeit at a slow pace. As an example previously described, the life on the planet Earth took 30 million years to recover from the Permian-Triassic extinction event (Sahney and Benton, 2008).

Mass extinction periodicity and anthropocentric considerations

The fossil record suggests that mass extinctions on the planet Earth occur about every 26 million years (Raup and Sepkoski, 1984). Such periodicity could be triggered by a hypothetical dwarf star or brown dwarf (known as Nemesis), orbiting the Sun at a distance of about 50,000 to 100,000 Astronomical Units (AU; 149,597,870.7 kilometers; approximately the mean Earth-Sun distance or about 1 to 2 light-years). Such companion red star to the Sun could periodically disrupt the comet orbits in the Oort cloud, and thus increasing the number of comets that reach the inner solar system, effectively increasing their probability to collide with the planet Earth (Davis et al, 1984; Whitmire and Jackson, 1984).

This is a very serious matter indeed, because if such hypothesis holds true, it is just a matter of time before the Earth is hit by a huge bolide with catastrophic consequences (unless, of course nuclear weapons are fired against it, modifying its path to the planet Earth). But the extinction by extraterrestrial bolide impacts is not the only possible cause for human extinction. An interesting informative review points out to 20 possible causes, including natural disasters (eg., asteroid impact), human-triggered cataclysms

(eg., global warming), willful self-destruction (eg., global war), and greater forces directed against us (eg., alien invasion) (Powell and Martindale, 2000).

It is revealing to note that 99% of all species that ever lived on planet Earth are now extinct. That includes all our hominid ancestors. With the exception of *Homo sapiens sapiens*, all other human subspecies have become extinct, including *Homo sapiens idaltu* (meaning “elder wise human”; extinct almost 160,000 years ago) and *Homo sapiens neanderthalensis* (also known as *Homo neanderthalensis*; extinct 30,000 years ago). *Homo sapiens sapiens* and *Homo sapiens neanderthalensis* diverged about half a million years ago (Green et al, 2006). The first fossil records of anatomically modern humans were found in Africa, dated about 195,000 years ago, with an estimated divergence from the common ancestor of all modern human populations of about 200,000 years ago (Alemseged et al, 2002).

Besides other considerations and factors, the human activity is significantly disrupting the planet Earth ecosystems. It should be also taken into account that now, for the first time, the human activity can also cause mass extinctions. Not only because of biological and –mainly– nuclear weapons, but also –and most significantly–, due to contamination, alteration and destruction of natural ecosystems. The aquatic ecosystems are specially sensitive to such contamination, which may be first detected on the atmosphere and the fresh water (rivers, lakes, aquifers, etc), but eventually ends up in the seas and oceans, with unknown ecological and evolutionary consequences. In fact, it is no longer safe to eat sea products as it used to be (Domingo et al, 2007). Also, the human activity may cause or contribute to the observed global warming, which may have catastrophic consequences on the life of the planet Earth. As an example, the increase in temperature may also affect the sexual reproduction of plants (Hedhly et al, 2009), which in turn may have significant effects on animals feeding from them.

In fact, the current rate of species extinctions is shocking; estimated at about 10,000 times the past average as deduced from the fossil record. We must not forget that we are also a living species on the planet Earth. The statistical probabilities of current human extinction have been studied by means of the “Doomsday Argument” (DA), also known as the Carter catastrophe (Carter and McCrea, 1983; Gott, 1994; Leslie, 1998). In plain English, assuming that the current living humans are in a random place at the full human history timeline, chances are that we are indeed about halfway through it.

In any case, the days of the Earth as a living planet are numbered. The Solar System was formed 4.568 milliard years ago due to the gravitational collapse of a small part of a giant molecular cloud (Bouvier and Wadhwa, 2010). In about five milliard years more, the Sun will cool and expand becoming a red giant, leaving behind a stellar corpse known as a white dwarf. The Solar System planets will be destroyed and ejected into the outer space (Dyson, 1979). It is obvious that the humans must do something about it to escape such astronomical fate.

The conclusion is clear and definitive: our only chance to survive is to colonize the cosmos. Indeed, that has been recently proposed by the academic celebrity Stephen William Hawking (Roger, 2001; Dermont, 2010). On the other hand, we must take care of many possible causes of extinction, but particularly on those derived from the synergistic effects of human activities to prevent the global contamination and warming of the planet Earth. Drastic measures should be taken now, because tomorrow may be too late. It should be noted that the rates of change may be faster than expected and nonlinear. Besides, the chances of survival are lower for plants and animals and higher for more metabolically flexible organisms like microorganisms and algae, which could change the ecosystems equilibriums for ever. In a practical way, halting and reversing such trends requires significant changes not only in industries in general (Jackson, 2008), but also in human behavior in general (food waste, unnecessary travel and pleasure tourism, fashion squandering, etc), in order to effectively reduce both the contamination and the emissions of the greenhouse gases. Obviously, that requires a global economic and marketing change. A pacific revolution involving a global social and political agreement is needed. It should be also clear that all of us have the responsibility to take care of our planet Earth. As the singer Michael Jackson said in the song "Man in the Mirror", "if you wanna make the world a better place, take a look at yourself, and then make a change".

Acknowledgements. Supported by projects 041/C/2007, 75/C/2009 & 56/C/2010 of "Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía"; "Grupo PAI" AGR-248 of "Junta de Andalucía"; and "Ayuda a Grupos" of "Universidad de Córdoba" (Spain).

References Cited

- Alemseged Z, Coppens Y, Geraads D (2002): Hominid cranium from *Homo*: Description and taxonomy of Homo-323-1976-896. *Am J Phys Anthropol* 117: 103-12.
- Allen PA, Etienne JL (2008): Sedimentary challenge to Snowball Earth. *Nature Geoscience* 1: 817-825.
- Barry PL (2002): The Great Dying". *Science@NASA*. Science and Technology Directorate, Marshall Space Flight Center, NASA (USA).
- Belbruno E, Gott JR (2005): Where did the Moon come from? *Astronom J* 129: 1724-1745.
- Benton M (2005): "When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time". Thames & Hudson (London, UK).
- Boehnhardt H (2004): Split comets. In: Festou MC, Keller HU, Weaver HA. "Comets II". University of Arizona Press (Tucson, AZ, USA).
- Bouvier A, Wadhwa M (2010): The age of the Solar System redefined by the oldest Pb-Pb age of a meteoritic inclusion. *Nature Geoscience* 3: 637-641.
- Bowring SA, Erwin DH, Jin YG, Martin MW, Davidek K, Wang W (1998): U/Pb zircon geochronology and tempo of the End-Permian mass extinction. *Science* 280: 1039-1045.
- Carter B; McCrea WH (1983): The anthropic principle and its implications for biological evolution. *Philos Trans Royal Soc A-Math Physical Eng Sci* 310: 347-363.
- Dalrymple GB (1991). "The Age of the Earth". Stanford University Press (Palo Alto, CA, USA).

- Davis M, Hut P, Muller RA (1984): Extinction of species by periodic comet showers. *Nature* 308: 715-717.
- Dermont A (2010): #5: Stephen Hawking's warning: abandon Earth—or face extinction. *Big Think* (6th August online). Web: <<http://bigthink.com/ideas/21570>>.
- Domingo JL, Bocio A, Martí-Cid R, Llobet JM (2007): Benefits and risks of fish consumption. II. RIBEPEIX, a computer program to optimize the balance between the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology* 230, 227-233.
- Dyson F (1979): Time Without End: Physics and Biology in an open universe. *Reviews Modern Physics* 51: 447-460.
- Ellwood BB, Benoist SL, El Hassani A, Wheeler C, Crick RE (2003): Impact ejecta layer from the mid-Devonian: possible connection to global mass extinctions. *Science* 300:1734-1737.
- Erwin DH (1993): "The Great Paleozoic Crisis – Life and Death in the Permian". Columbia University Press (Bognor Regis, UK).
- Gott JR (1994): Future prospects discussed. *Nature* 368: 108.
- Green RE, Krause J, Ptak SE, Briggs AW, Ronan MT, Simons JF, Du L, Egholm M, Rothberg JM, Paunovic M, Pääbo S (2006): Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature* 444 :330-336.
- Halliday AN (2008): A young Moon-forming giant impact at 70-110 million years accompanied by late-stage mixing, core formation and degassing of the Earth. *Philos Trans Royal Soc A-Math Physical Eng Sci* 366: 4163-4181.
- Harrison RD (2000): Repercussions of El Niño: drought causes extinction and the breakdown of mutualism in Borneo. *Proc Royal Soc London Series B-Biol Sci* 267: 911-915.
- Hedhly A, Hormaza JI, Herrero M (2009): Global warming and sexual plant reproduction. *Trends Plant Sci* 14: 30-36.
- Jackson JBC (2008): Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc Natl Acad Sci USA* 105: 11458-11465.
- Jin YG, Wang Y, Wang W, Shang QH, Cao CQ, Erwin DH (2000): Pattern of marine mass extinction near the Permian-Triassic boundary in South China. *Science* 289: 432-436.
- Komatsu E, Dunkley J, Nolta MR, Bennett CL, Gold B, Hinshaw G, Jarosik N, Larson D, Limon M, Page L, Spergel DN, Halpern M, Hill RS, Kogut A, Meyer SS, Tucker GS, Weiland JL, Wollack E, Wright EL (2009): Five-year Wilkinson microwave anisotropy probe observations: cosmological interpretation. *Astrophysical J* 180: 330-376.
- Kopp RE, Kirschvink JL, Hilburn IA, Nash CZ (2005): The Paleoproterozoic snowball Earth: a climate disaster triggered by the evolution of oxygenic photosynthesis. *Proc Natl Acad Sci USA* 102:11131-11136.
- Leslie J (1998): "The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction". Routledge (Oxon, UK).
- Menegoni E, Galli S, Bartlett JG, Martins CJAP, Melchiorri A (2009): New constraints on variations of the fine structure constant from CMB anisotropies. *Physical Rev D* 80: 087302.
- Powell CS, Martindale D (2000): 20 ways the World could End. *Discover* (1st October online). Web: <<http://discovermagazine.com/2000/oct/featworld>>.
- Raup DM, Sepkoski JJ (1982): Mass extinctions in the marine fossil record. *Science* 215: 1501-1503.

- Raup DM, Sepkoski JJ (1984): Periodicity of extinctions in the geologic past. Proc Natl Acad Sci USA 81: 801-805.
- Roger H (2001): Colonies in space may be only hope, says Hawking. The Daily Telegraph (London). Web: <<http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/1359562/Colonies-in-space-may-be-only-hope-says-Hawking.html>>.
- Russell DA, Séguin R (1982): Reconstruction of the small Cretaceous theropod *Stenonychosaurus inequalis* and a hypothetical dinosaurid. Syllogeus 37: 1-43.
- Sahney S, Benton MJ (2008): Recovery from the most profound mass extinction of all time. Proc Royal Soc London Series B-Biol Sci 275: 759-765.
- Schopf JW, Kudryavtsev AB, Agresti DG, Wdowiak TJ, Czaja AD (2002): Laser-Raman imagery of Earth's earliest fossils". Nature 416: 73-76.
- Smith AG (2009): Neoproterozoic timescales and stratigraphy. Special Publ Geol Soc London 326: 27-54.
- Tanner LH, Lucas SG, Chapman MG (2004): Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions. Earth-Science Reviews 65: 103-139.
- Whitmire DP, Jackson AA (1984): Are periodic mass extinctions driven by a distant solar companion?. Nature 308: 713-715.
- Wilde SA, Valley JW, Peck WH, Graham CM (2001): Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. Nature 409: 175-178.
- Zhou Z. (2004): The origin and early evolution of birds: discoveries, disputes, and perspectives from fossil evidence. Naturwissenschaften 91: 455-471.



Un comentario sobre la interacción humana y medioambiente en el valle bajo de Chicama

Tom D. Dillehay¹; Duccio Bonavia²; Steven Goodbred³; Mario Pino Q⁴

¹Department of Anthropology, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA.,²Academia Nacional de Historia, Lima, Perú; ³Department of Earth and Environmental Sciences, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA; ⁴Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Resumen

Este artículo presenta un resumen de los objetivos de la investigación geológica y paleoecológica, y ventila la investigación interdisciplinaria en el sitio arqueológico de Huaca Prieta. Un objetivo principal del proyecto es estudiar la interacción humana y el medio ambiente en el sitio y en el área de estudio. Un breve resumen de algunos de los hallazgos geológicos hasta la fecha, son proporcionados en el contexto de los objetivos fijados.

Palabras clave: El Niño, Valle de Chicama, Arqueología, Paleoecología

Abstract

This paper presents a synopsis of the paleocological and geological research objectives of an interdisciplinary investigation at the archeological site of Huaca Prieta. A main goal of the project is to study human and environmental interaction at the site and in the study area. A brief summary of some of the geological findings to date are provided within the context of the stated objectives.

Key words: El Niño, Chicama valley, Archaeology, Paleoecology

Introducción

El estudio de la interacción entre las poblaciones humanas y su medioambiente físico es importante, sobre todo hoy en día cuando el mundo experimenta el calentamiento global, los huracanes, las inundaciones provocados por El Niño y otros eventos. Esta acción recíproca opera constantemente, cambiando las limitaciones ambientales y provocando crisis, desafíos y nuevas oportunidades para la reproducción de las bases biológicas y culturales de la sociedad humana.

Gran parte de nuestro entendimiento actual de estos procesos se deriva de eventos climáticos y las respuestas humanas en el pasado. Las respuestas potenciales a las crisis ambientales incluyen la agregación o el esparcimiento de la población, cambios en las estrategias económicas, un aumento de los conflictos, el abandono de los asentamientos y/o el colapso político (v.g., Dillehay 2000).

Nuestro entendimiento de estos procesos y reacciones se deriva en gran parte también de los estudios interdisciplinarios. Este tema es el enfoque de nuestro estudio interdisciplinario sobre las interacciones humanas y ambientales a largo plazo en el sitio arqueológico de Huaca Prieta sobre la costa desértica del norte del Perú (Bird *et al*, 1985).

Este sitio contiene un registro arqueológico y paleoecológico bien conservado que proporciona ideas sobre las diversas reacciones humanas en épocas tempranas frente a las principales crisis ambientales durante los últimos milenios, y también para los inicios de la civilización andina (Bonavia, 1982; Moseley, 1992; Lavalley, 2000).

El propósito de este breve ensayo es describir la historia de investigación del medioambiente y más específicamente de El Niño en la región de estudio, presentar las metas de nuestro proyecto, y describir unos de los resultados geológicos relacionados a la presencia humana alrededor de Huaca Prieta en el litoral del valle de Chicama en la costa norte del Perú (figura 1).

Las preguntas específicas a las que quisiéramos contestar con nuestra investigación sobre el medio ambiente y la cultura de Huaca Prieta incluyen los siguientes aspectos:

- (1) ¿Cuál fue la base económica de las ocupaciones residenciales precerámicas en el sitio? Es decir, ¿de qué se mantenía la gente en el mar y en la tierra?
- (2) Un aspecto importante es tratar de entender las características de la paleoecología, es decir, las relaciones que tenía el hombre con el ambiente a lo largo del tiempo.

En el valle de Chicama, conjuntamente con los geólogos, se intenta establecer donde se encontraba la playa al tiempo que llegaron los primeros pobladores y el papel que jugaba el antiguo cauce del río Chicama. Al mismo tiempo se tienen identificado los restos de aluviones que son indicios del fenómeno El Niño que se están bajo estudio.

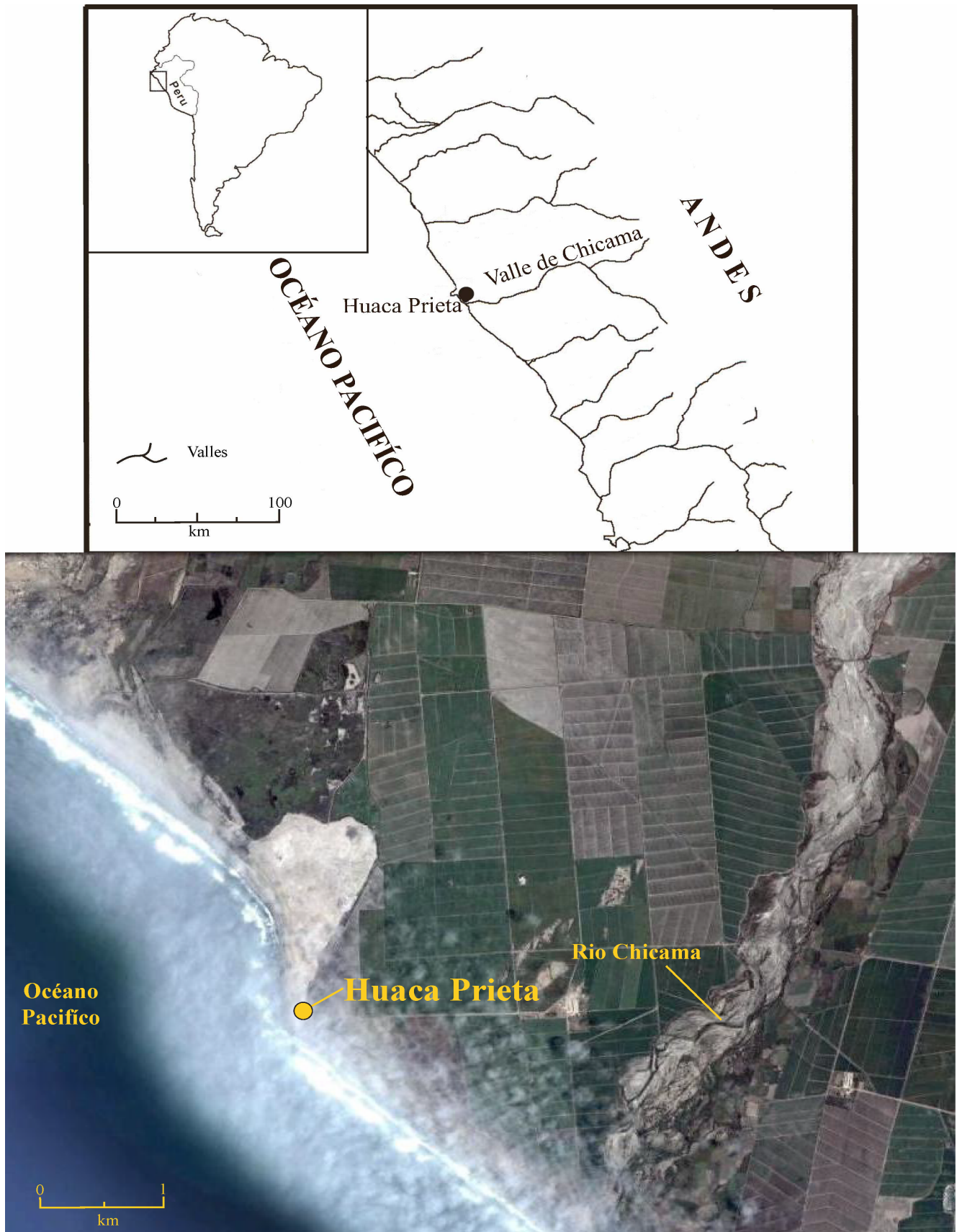


Figura 1. Ubicación geográfica de Huaca Prieta y el valle de Chicama

El Paleoclima y los Andes

La investigación del clima en los Andes juega un papel clave en nuestro entendimiento de los cambios climáticos a nivel global recientes y en el pasado. Como la cordillera más alta del mundo en los trópicos, los Andes tienen un efecto mayor en la transferencia de la humedad y el calor latente entre las hoyas ecuatoriales del Atlántico y del Pacífico. Separa una de las áreas de mayor aridez (la costa del Perú) de una de las más húmedas (las tierras bajas de la Amazonía) por sólo unos 200 km. Los Andes tropicales también se ubican al medio de los efectos de la variabilidad de El Niño/Oscilación del Sur. Se trata de un paisaje complejo y diferenciado que varía abruptamente en su respuesta a los eventos climáticos globales y regionales.

Más específicamente, el clima de la costa peruana, recibe influencias del Pacífico al occidente y del sistema climático global. Hasta la fecha, la reconstrucción de la historia climática del litoral peruano se ha basado en los restos de moluscos, las terrazas fluviales, y los depósitos dejados por las inundaciones (ej. Wells 1990; Devries *et al*, 1997; Rein *et al*, 2004, 2007). Los resultados obtenidos indican grandes cambios climáticos desde el Holoceno medio, con una transición desde condiciones abrigadas y más húmedas, hacia otras más frescas y secas, con un aumento del fenómeno El Niño hacia la actualidad.

Sin embargo, los registros de los moluscos y las terrazas fluviales son poco refinados y carecen de precisión, y por lo tanto la cronología, magnitud, causas y consecuencias de estos cambios climáticos son generalmente mal delimitadas. En su reseña del clima y la arqueología de la costa peruana, Sandweiss (2003) concluye diciendo las ideas sustantivas emergentes de esta región "requieren una comprobación continua y refinación por investigación adicional en diversos archivos," lo cual viene a ser una meta de nuestra investigación propuesta en el área de Huaca Prieta.

La Costa Peruana y Huaca Prieta

La costa desértica del Perú es un hábitat frágil sujeto a múltiples impactos ambientales de corta y larga duración. Estos impactos incluyen la actividad tectónica que causa el levantamiento de la costa y los ocasionales terremotos catastróficos, las inundaciones cíclicas causadas por El Niño, las sequías episódicas de duración e intensidad variable y la desertificación a largo plazo que genera campos de dunas masivas (ej. Dillehay y Kolata, 2004). Estos procesos geo-climáticos pueden ocurrir en serie y pueden causar cambios en el paisaje potencialmente catastróficos. Es importante documentar la frecuencia, duración y severidad de tales impactos sobre las sociedades en el pasado y en el presente.

Durante el Holoceno medio (~5000-2000 a.C.), los asentamientos del litoral a lo largo de la costa peruana aumentaron de tamaño y se intensificó el aprovechamiento de los recursos marinos y terrestres, y posteriormente aparecieron las primeras construcciones monumentales en la forma de

plataformas piramidales (Lavallée, 2000) como en el sitio arqueológico de Huaca Prieta.

Mucha de la historia humana y climática de la región, desde hace 8000 a 2500 años, se conserva en gran detalle en Huaca Prieta y los vecinos montículos arqueológicos de Cupisnique (ver Bird *et al*, 1985). Los habitantes de esta zona sobrevivieron más de 5000 años de cambio ambiental en un paisaje dinámico y árido, manteniéndose casi exclusivamente de los recursos locales provenientes del valle del río Chicama y las lagunas del litoral (~250 km²). Hasta la fecha, sin embargo, nuestro entendimiento de la respuesta de las poblaciones alrededor de Huaca Prieta se avanza sólo por medio de correlaciones poco precisas con registros geológicos que sufren de conservación pobre, procesos de meteorización, y visibilidad limitada.

Sin embargo, nuestro equipo de investigación descubrió un registro detallado, bien conservado y diferenciado de sedimentos ricos en carbonatos y materia orgánica que promete proporcionar una información paleoambiental y climática tan rica como la de los sitios arqueológicos próximos.

La proximidad de diversos medios ambientales y zonas geo-climáticas en el valle de Chicama proporcionaba los recursos naturales que fueron aprovechados con éxito por las comunidades tempranas que se desarrollaron allí. Como muchas sociedades tempranas en vías de desarrollo, hay una asociación íntima entre las llanuras de inundación fértiles del río y los sistemas del delta, en este caso del río Chicama, que se yuxtaponen a diversas llanuras semiáridas, las vertientes de las lomas y áreas del litoral (ej. playa, estuarios, lagunas salobres). Ubicados en estas uniones ecológicas, los sitios arqueológicos son susceptibles, por lo tanto, a los cambios ambientales provocados por fenómenos locales (salida de cauce del río, terremotos, etc.), regionales (El Niño/La Niña), globales (cambios en el nivel del mar), o antropogénicos. En el presente estudio, utilizamos el record estratigráfico de los sedimentos para reconstruir los medios ambientales del pasado en la zona del valle de Chicama, incluyendo su carácter general, la distribución, y la historia de los cambios.

Una hipótesis de trabajo sobre los cambios climáticos y ambientales y las transformaciones culturales en Huaca Prieta

Nuestro proyecto recogió varias muestras de sedimentos por medio de una barrena de mano hasta una profundidad de dos metros, que fácilmente comprende el periodo del desarrollo de Huaca Prieta además de las épocas anteriores y posteriores. Las reconstrucciones paleoambientales se realizaron a base de la textura de los sedimentos, los restos de vegetación, las características del desgaste por el tiempo, la susceptibilidad magnética, y las fechas radiocarbónicas. En base a estos datos podremos identificar la naturaleza y la historia de los mayores cambios paleoambientales por las llanuras de inundación y el delta del río Chicama y sugerir sus relaciones a los cambios culturales en el sitio de Huaca Prieta.

Por ejemplo, hace unos 5000-4500 años mermó el énfasis en los recursos marinos como alimento en el sitio de Huaca Prieta. Porqué hubo este cambio en la utilización de recursos?. Una clave puede ser que la transición de lo marino a lo agrícola sucedió alrededor del tiempo que los fenómenos El Niño empezaron a asomarse en la historia geológica de la región (Sandweiss *et al*, 1989).

En el pasado, como en la actualidad, las aguas de El Niño inundan las tierras bajas y causan la destrucción masiva de las construcciones y sustento de los seres humanos (Keefer *et al*, 2003). Sin embargo, estas mismas inundaciones transportan enormes cantidades de sedimentos que se depositan por el paisaje como una cubierta, resultando en un rico suelo agrícola en la llanura de inundación.

Es decir, proponemos que el desarrollo de un suelo expansivo y fértil como respuesta a cambios climáticos del Holoceno medio fue uno de los motivos fundamentales que llevó a la población de gran antigüedad a cambiar hacia una sociedad basada en la agricultura, parecida a las de otras partes del mundo en este tiempo. De esta manera, sugerimos que Huaca Prieta podría servir como una especie de Piedra Rosetta para dilucidar el papel que el clima y el medio ambiente jugaron en la transición de la civilización de los cazadores-recolectores tempranos a una “moderna” sociedad agrícola en la costa norte.

Por lo tanto, intentamos fortalecer esta hipótesis al demostrar sus principios básicos: 1) que existe un registro único y detallado del clima y la hidrología locales; 2) que las lagunas del litoral se transformaron en extensa llanuras de inundación al ser rellenadas por inundaciones relacionadas a eventos El Niño; 3) que el inicio del desarrollo de la llanura de inundación es contemporánea con los principales cambios culturales a Huaca Prieta; 4) que estos cambios ambientales y culturales puedan relacionarse por los registros isotópicos únicos provenientes de los sedimentos de carbonato y de los dientes humanos.

Nuestros resultados hasta la fecha indican que la historia ambiental de las áreas que rodean a Huaca Prieta se encuentra registrada en los sedimentos poco profundos del Holoceno en el valle del río Chicama. Estos depósitos consisten en 1 a 8 m. de arena, lodo, y sedimentos de carbonato que fueron depositados en diversos lugares en el lecho del río, la llanura de inundación y el litoral durante los últimos 8000 años. La base de esta secuencia del Holoceno se identifica fácilmente como una superficie arenosa de piedras y grava que representa los depósitos aluviales del cono de deyección del río cuando el nivel del mar era más bajo durante el Pleistoceno y que fueron activos hasta el final de este periodo geológico (12,000-15,000 AP?).

Los sedimentos más tempranos que cubren a esta superficie son arenas limosas de granos medianos a finos que se encuentran a unos 6 a 8 m. debajo de la superficie actual. Estas arenas no contienen fósiles y carecen de capas de lodo o depósitos asociados de lodo de origen fluvial. Esto sugiere que los depósitos son los de canal y barra de un río de agua limpia, dominado por depósitos en el lecho que se presume recibió las aguas derivadas de la nieve y

los glaciares en la sierra andina. Un similar sistema fluvial probablemente mostraba al río Chicama actual durante regímenes normales de descarga (es decir, sin El Niño).

Dentro de un kilómetro del litoral actual, una secuencia compleja de capas claras de depósitos lacustres cubren estas arenas fluviales. Estos sedimentos lacustres tienen 1 a 3 m. de grosor y se caracterizan por capas gruesas alternantes (5-20 cm.) de carbonatos de algas (principalmente Charophyta) y lodos azules con micro-fósiles (Ostracoda). Hay poquíssimas especies en ambas unidades (<6 especies en total) con capas intermitentes de madera, restos orgánicos y semillas de plantas acuáticas (*Ruppia marítima*). A base de la litología de los sedimentos y las comunidades ecológicas, estos depósitos reflejan una laguna pobre en nutrientes y de baja salinidad, tal vez alimentada por la napa freática, con un contacto débil e intermitente con el mar y episodios poco frecuentes de depósitos fluviales de grano fino.

Tres muestras carbónicas recuperados entre 3 y 6 m. bajo la superficie actual, proporcionan tres fechas radiocarbónicas, recuperadas próximo a la base de la secuencia, señalan una fecha inicial de ~7500 años calibrados AP con una fecha menos profunda de 6470 años calibrados AP, lo cual indica que este ambiente persistía durante por lo menos 1000 años (todas las fechas radiocarbónicas se citan en Dillehay *et al*, 2010).

Después de 6500 AP, las capas de los sedimentos lacustres con carbonato y lodo se merman en la columna estratigráfica y dentro de los 3 m. superiores se remplazan con capas de limo color pardo claro, cuyo grosor se mide en decímetros. Esta transición parece reflejar el inicio de un clima afectado por El Niño, con episodios de inundaciones severas y concentraciones altas de sedimentos suspendidos que rellenaron a la laguna con limos de grano fino. Esta conversión de un medio ambiente de agua abierta de poca profundidad a una de una llanura de inundación emergente se inició por lo menos a los 5500 AP y quedó terminada a los 4500 AP como se nota por la ausencia completa de capas de carbonato o de lodo con fósiles después de esta fecha.

Dentro de la secuencia estratigráfica, las inundaciones causadas por eventos El Niño particulares se conocen por los paleo-suelos débilmente desarrollados que separan las capas de limo de 30 a 50 cm. de grosor, aunque no haya ningún control cronológico para determinar su frecuencia. Comparado a la descarga principalmente de aguas claras que se alimenta con las aguas de los glaciares y nieve de la alta sierra andina, la precipitación relacionada a El Niño originada en la sierra baja y piedemonte, donde las lluvias fuertes y la descarga provocan movimiento de tierras en los pendientes y erosión del suelo, resultando en un aumento enorme de finos sedimentos suspendidos que llegan hasta la costa.

La aparición de una ancha llanura de inundación como resultado del inicio de inundaciones causado por El Niño y el aumento del flujo de los sedimentos ocurre junto con la extensión del litoral en la bocana del río. Allí, sucesivos frentes litorales de canto rodado, fuertemente inclinados, avanzan

mar adentro más de 100 m más allá del punto de máxima transgresión. Este avance del litoral dominado por gravas hacia el mar, se debe a un aumento en el flujo de sedimento por inundación hacia el litoral, como se documenta por la elevación constante del punto de inflexión entre la terraza de marea baja, cortada por la oleaje y el frente del litoral de grava.

La secuencia del frente del litoral expansivo, se interrumpe en dos oportunidades distintas: cuando las cimas de las lomas de playa de grava se cortan por superficies bien definidas en curva que extienden más de 150 m. hasta la llanura de inundación adjunta. A la punta de transición entre playa y llanura de inundación, las superficies de los eventos cambian de un borde truncado de canto rodado a capas delgadas de arena (< 5 cm.) que extienden otros ~150 m. tierra adentro. La más baja de estas dos superficies cubre de manera discontinua un horizonte precerámico de origen humano, continuación de la zona de dunas con fecha de 3740 años calibrados AP. En turno está sobrepuesto por un horizonte antropogénico con cerámica.

Las fechas radiocarbónicas determinadas en carbón y materia orgánica del humedal (2833 y 2880 años calibrados AP) recogidos en dos lugares diferentes inmediatamente por debajo de la superficie baja limitan en forma precisa a su edad a ~2800. Otra fecha radiocarbónica de carbón de madera (1940 años calibrados AP) encontrado dentro de arena de la playa que yacen sobre la superficie superior limita su edad a ~2000 años. Ambas superficies que muestran un corte curvi-linear marcado con capas de arena testimonian ondas de tsunami que golpearon al litoral local hace ~2,800 y ~2000 años. No se conoce el origen de los tsunamis y no hay evidencias para terremotos locales o alzamiento dentro de los sedimentos, tal vez sugiriendo que los tsunamis tuvieron un origen remoto.

Más allá de la superficie superior de corte, el frente del litoral continua a extenderse < 50 m. [mar adentro] antes de que la secuencia del frente del litoral se cubre con varios depósitos lodosos provenientes de inundaciones El Niño, tal vez representando unos cientos de años. Posteriormente toda la secuencia playa-llanura de inundación es cortada por el río Chicama y un complejo playa-dunas más reciente se desarrolla hacia el mar y 1-2 m. mas bajo que la secuencia del frente de litoral del Holoceno medio y tardío.

Esta circunstancia refleja una bajada abrupta en el nivel del mar en algún momento después de los 2000 años, presumiblemente a causa de un evento de levantamiento tectónico como indica la gran magnitud y la rapidez del cambio, además de la falta de algún mecanismo o registro de una caída eustática en este periodo.

Conclusiones

La presentación breve detalla las metas paleo-ambientales de nuestro trabajo en el valle de Chicama, y algunos resultados pertinentes al cambio del litoral y el impacto de los eventos El Niño en el paisaje local. A la medida que nuestra investigación interdisciplinaria en esta región continua en el campo y en el laboratorio, esperamos proporcionar resultados más completos y un modelo

interpretativo para explicar las interacciones entre los seres humanos y el medio ambiente en el valle bajo durante el Holoceno medio.

Referencias Bibliográficas

- Bird, J.B., Hyslop, J., Skinner, M.D. 1985. The Preceramic Excavations at Huaca Prieta Chicama Valley, Peru. Anthropological papers of the American Museum of Natural History, New York.
- Bird, J. B., Hyslop, J., Skinner, M.D. 1985. The Preceramic Excavations at Huaca Prieta Chicama Valley, Peru. Anthropological papers of the American Museum of Natural History, New York.
- Bonavia, D. 1982 Los Gavilanes. Mar, desierto y oasis en la historia del hombre. Cofide and Deutsche Archaeologisches Insitut (Bonn), Lima.
- DeVries, T.J., Ortlieb, L., Diaz, A., Wells, L., Hillaire-Marcel, C. 1997 Determining the Early History of El Niño. *Science* 276:965-966.
- Dillehay, T.D., Kolata, A. 2004. Preindustrial Human and Environmental Interaction on the North Coast of Peru. *Journal of Holocene Studies* 18: 345-364.
- Dillehay, T.D. et al. 2010. Cultural Complexity and Coastal Environment at Huaca Prieta, Peru from 9,000 to 4,500 Years Ago. Manuscrito en posesión de los autores.
- Lavallée, D. 2000. The First South Americans. The University of Utah Press: Salt Lake City.
- Moseley, M.E. 1992. The Incas and Their Ancestors. Thames and Hudson: New York.
- Rein, B. 2004. How do the 1982/83 and 1997/98 El Niño's rank in a geological record from 2007 Peru? *Quaternary International* 161: 56–66.
- Rein, B., Luckge, A., Reinhardt, L., Sirocko, F., Wolf A., Dull, W.D. 2004. El Niño variability of Peru during the last 20,000 years. *Paleoceanography* 20: 4003.
- Sandweiss, D. 2003 Terminal Pleistocene through Mid-Holocene Archeological Sites as Paleoclimatic Archives for the Peruvian Coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology* 194-23-40.
- Sandweiss, D. H., Richardson III, J. B., Reitz, E. J., Hsu, J. T., Feldman, R. A. 1989 Early Maritime Adaptations in the Andes: Preliminary Studies at the Ring Site, Peru. En *Ecology, Settlement and History in the Osmore*

Drainage, ed. por D. S. Rice, C. Stanish y P. R. Scarr, pp. 35-86. B.A.R. International Series 545 (i), Great Britain.

Wells, L. 1990 Holocene history of the El Niño phenomenon as recorded in flood sediments of northern coastal Peru. *Geology* 18: 1134–1137.



Bioarchaeology and El Niño: Identifying the biological signature of disaster

Catherine M. Gaither

Department of Anthropology, Metropolitan State College of Denver, C.E.: <gaither@mscd.edu>

Abstract

The understanding of how natural disasters affect population health is an integral part of the study of population dynamics in changing environmental contexts. Part of the difficulty in undertaking studies of this kind lies in being able to identify the bioarchaeological signature of a natural disaster, particularly given that such disasters often strike suddenly, leaving little evidence of their immediate impact even as their legacy is often very dramatic. This paper seeks to establish a framework for bioarchaeologists to utilize in the attempt to identify and track the impact on populations of disasters such as what often accompanies an El Niño Southern Oscillation (ENSO) event. Specifically, this paper identifies the kinds of biological changes that are often seen following an ENSO, including isotopic changes as they relate to dietary shifts, changes in the frequency and nature of trauma, and changes in the frequency of biological indicators of stress. Furthermore, the types of samples needed to identify many of these biological indicators are discussed.

Key words: Bioarchaeology, Peru, ENSO. El Niño, population health

Resumen

La comprensión de cómo los desastres naturales afectan la salud de la población es una parte integral del estudio de la dinámica demográfica en contextos de ambientales en cambio. Parte de la dificultad en la realización de estudios de este tipo radica en ser capaz de identificar la firma bioarqueológica de un desastre natural, especialmente teniendo en cuenta que a estas catástrofes suelen atacar repentinamente, dejando poca evidencia de su impacto inmediato, incluso como su legado es a menudo muy dramático. Este documento tiene por objeto establecer un marco para bioarqueólogos para utilizar en el intento de identificar y rastrear el impacto sobre las poblaciones de los desastres, tales como lo que a menudo acompaña a un El Niño Oscilación Sur (ENOS). En concreto, este documento se identifican los tipos de cambios biológicos que se ven a menudo después de un ENOS, incluidos los cambios isotópicos que se refieren a los cambios de la dieta, los cambios en la frecuencia y la naturaleza del trauma, y los cambios en la frecuencia de los indicadores biológicos de estrés. Por otra parte, los tipos de muestras necesarias para identificar muchos de estos indicadores biológicos se discuten.

Palabras clave: Bioarqueología, Perú, ENOS. El Niño, la salud de la población

Introduction

Numerous researchers have documented some of the health effects of El Niño events on modern populations (Checkley *et al*, 2000; Kovats *et al*, 2003 and Patz *et al*, 1996). Their data provides bioarchaeologists with a foundation for the kinds of biological impacts that might be visible in the archaeological record. A few studies have examined health changes as they might relate to an El Niño event in past populations (White *et al*, 2009), though more research has focused on technological changes and/or cultural responses to uncertain environmental conditions (Manners *et al*, 2007; Dillehay and Kolata 2004; Keefer and Moseley 2004; Moseley 1999).

White *et al*, (2009) examined isotopic evidence for indications of dietary shifts that might correlate with an El Niño event. Their study concluded that the isotopic variation seen in their samples from Pacatnamu represented terms that were too brief to be the result of an El Niño event; however, their data could be consistent with Dillehay and Kolata's (2004) model of anticipatory flexible and opportunistic exploitation of agricultural resources as a cultural response to uncertain environments, such as those presented by El Niño events and periodic droughts. Still other studies have focused on how seasonality and pathology might be reflected osteologically in isotopic analyses (Knudson *et al*, 2006; Katzenberg and Lovell, 1999; White 1993). This paper will attempt to integrate the types of osteological and chemical evidence as well as biocultural responses that might be expected in samples from past populations impacted by an El Niño event.

El Niño and La Niña - ENSO

In order to fully understand the impacts that these events have on population health, it is important to first understand how these events occur and the specific impacts they have on climate. El Niño is associated with the appearance of warm water off the coast of Peru and Ecuador, which can sometimes persist for 12-18 months. This change from cold to warm water in the area disrupts local fish and bird populations and is associated with heavy rainfall on the coast of South America, an area that normally receives little rainfall.

In the 1960s El Niño was linked to the Southern Oscillation, which is the atmospheric component that helps generate an El Niño event. The linking of El Niño events with the Southern Oscillation as oceanographic and atmospheric components of the same phenomenon resulted in the term the El Niño Southern Oscillation or ENSO (Kovats *et al*, 2003). The Southern Oscillation is a fluctuation in air pressure between the tropical eastern and the western Pacific Ocean waters. It is measured by the Southern Oscillation Index (SOI) computed from measurements of the surface air pressure differences between Tahiti and Darwin, Australia (Trenberth *et al*. 2007).

El Niño events occur with negative values of the SOI, which means that the pressure at Tahiti is relatively low as compared to the pressure at Darwin. Low atmospheric pressure tends to occur over warm waters because the deep

convection over warm water transports air resulting in the low pressure and a decrease in the Pacific trade winds. During non-El Niño conditions, the trade winds move water and air warmed by the sun toward the west, which creates an oceanic upwelling that brings cold water to the surface along the coasts of Peru and Ecuador, but when an El Niño event is occurring these trade winds are reduced in strength and the upwelling is subsequently reduced (Trenberth et al. 2007; Kovats et al. 2003).

Additionally, the warm water feeds thunderstorms and this generates an increased amount of rainfall along the coast of South America (Trenberth et al. 2007; Kovats et al. 2003). While the coastal regions suffer flooding associated with the increased rainfall, the Andean highlands experience drought conditions (Tapley and Waylen 1990).

On a global level, temperatures rise by an average of 0.5 degrees Celsius, and while rainfall increases along the coast of South America, it decreases in other parts of the world, such as Australia, creating drought conditions (Trenberth *et al*, 2007; Kovats *et al*, 2003; Tapley and Waylen 1990; Ropelewski and Halpert 1987; Walker and Bliss 1932). When the SOI is positive, it causes ENSO's other extreme, La Niña, which is a cold event.

The effect of ENSO on crop production and weather disasters in the modern world is so well-documented that the global financial markets and insurance industry take seasonal climatic forecasts into account when planning for the next year. Farmers also use the forecasts when taking into consideration whether or not to plant drought resistant crops when drier conditions associated with an ENSO event are anticipated (Kovats *et al*, 2003).

The effect on disasters is also well established. In an average El Niño year, around 35 per 1000 people are affected by a natural disaster, which is more than four times the number of people affected in a non-El Niño year. From a global perspective, droughts, famines, localized intense rainfall and flooding all can have catastrophic consequences for human health (Kovats *et al*, 2003).

ENSO Impacts on Human Health

For those populations impacted by an ENSO event, the consequences for health can be severe. Droughts can lead to food shortages which can have a number of biological effects. Malnutrition and impaired immune systems increase the risk of infection. Additionally, the socioeconomic turmoil created by a food shortage can result in large scale population movement and the interruption of health services, both of which also serve to increase the risk of infection (Kovats et al. 2003; Glantz 1996).

Furthermore, drought in areas where slash and burn agriculture is practiced can lead to uncontrolled forest fires. Every El Niño since 1982 has been associated with fires in certain parts of the world. The smoke from biomass burning can contain pollutants which are harmful to human health (Kovats et al. 2003; Glantz 1996). Intense rainfall and subsequent flooding is

associated with both the El Niño and La Niña phases of an ENSO and this has several potential impacts on a population.

The role of temperature and rainfall in the spread of infectious disease is well-documented and numerous studies have documented increased risk for many types of diseases as a result of an ENSO event (Kovats *et al*, 2003; Checkley *et al*, 2000; Dilley and Heyman 1995; Davis 2000). More specifically, associations have been demonstrated between ENSO and mosquito-borne diseases such as malaria, dengue fever and various other types of arboviruses (Kovats *et al*, 2003).

Additionally, in areas where increased rainfall resulting from an ENSO event was followed by a drought (something which happens frequently), increases were seen in rodent populations and in human-rodent interactions, which serves to increase the risk of the spread of rodent-borne diseases such as plague and hantavirus (Mills *et al*, 1999). Studies also demonstrate an association between ambient temperature and the causes of diarrheal diseases, such as *Vibrio cholerae* (which causes cholera) and *Cyclospora cayetanensis* (Checkley *et al*. 2000).

One study of hospital admissions for Peruvian children living in Lima demonstrated a 200% increase in daily admissions for diarrhea during the 1997-98 El Niño event (Checkley *et al*. 2000). Clearly, the impact on human health associated with an ENSO event can be dramatic and severe, and there is evidence that past populations were most certainly impacted by this phenomenon.

ENSO Impacts on Past Populations – Political ramifications

The impacts of environmental problems generated by ENSO events have been well documented from a cultural perspective. Dillehay and Kolata (2004) note that cultural responses have often included relocation to landscapes less susceptible to environmental stress, shifting exploitation of local and distant agricultural resources, large-scale population relocation, restructuring of social organization and intercommunity relations, and even state collapse. Many of these impacts have been documented archaeologically.

Less clear, however, are the bioarchaeological signatures of such events. Given what we know about past cultural responses in combination with modern research into the effects of ENSO events on human health, we should be able to construct a model for identifying biological markers associated with changes in disease loads, diet, and residential mobility that accompany the environmental fluctuations created by these climatic events.

Clearly the environmental fluctuations created by ENSO events can and have impacted human access to dietary resources. Changes in rainfall amounts impact agricultural resources and create potentially devastating floods. An inability to respond to such disasters can easily jeopardize political institutions. Steve Bourget argues the sacrifices in Plaza 3A at Huaca de la Luna represent a state level response to an El Niño event. The skeletons of some 70 males

predominantly between the ages of 15-40 years old at death were found in mud deposits around a rock outcrop resembling the cerro behind the site. Bourget argues they were sacrificed to stop the torrential rains associated with an El Niño event (Verano 2008).

Verano (2008) notes that the evidence at Huaca de la Luna supports the conclusion that the Moche culture practiced human sacrifice at regular intervals over a long period of time. It is not hard to imagine that a culture which regularly practices human sacrifice would include this activity, and likely a quantitative increase or qualitative change in this behavior, as part of their response to a natural disaster. There is certainly evidence that other cultures, such as the Inka, did just that as evidenced by the sacrifice of the Peruvian child dubbed "Juanita" by the press. Reinhard (1997) argues her sacrifice was likely in response to a volcanic eruption taking place within view of Mt. Nevada de Ampato where the child's body was discovered.

ENSO Impacts on Past Populations - Stable isotope analysis

In addition to evidence associated with ritual practices that might be part of a political response to natural disasters, cultural responses often include an increase in residential mobility and dietary shifts resulting from differential exploitation of resources (Manners et al. 2007; Dillehay and Kolata 2004).

These kinds of changes should result in changes in isotopic signatures in the bone and/or hair of individuals. The basis for stable carbon isotope analysis is connected to the way plants use atmospheric $\delta^{13}\text{C}$ during photosynthesis. What are referred to as C_3 plants discriminate more against $\delta^{13}\text{C}$ and therefore have lower values, which are expressed as negative numbers in parts per mil (‰). C_3 plants include grasses, trees, shrubs and tubers. C_4 plants discriminate less against $\delta^{13}\text{C}$ and therefore have a less negative number than C_3 plants. C_4 plants include many domesticated species of plants such as maize (Larsen 1997).

Human consumers of either these plants directly or animals that eat these plants maintain the isotopic differences in their tissues. Stable nitrogen isotope analysis is based on how plants acquire nitrogen. Nitrogen fixers "fix" nitrogen from the air and have $\delta^{15}\text{N}$ values that are close to 0‰ . Plants that acquire nitrogen from the soil typically have $\delta^{15}\text{N}$ values ranging from 2 to 8‰ . Each step in the food chain results in an increase in the $\delta^{15}\text{N}$ levels by about 3-4 ‰ . Thus, it is possible to determine the level of the food chain from which the protein was consumed (White et al. 2009; Larsen 1997).

Marine plants have higher $\delta^{15}\text{N}$ values than terrestrial plants by about 4 ‰ , and the marine food web contains more trophic levels, which results in higher $\delta^{15}\text{N}$ values (10-13.5 ‰) in marine animals as compared to terrestrial animals (White et al. 2009). Strontium is an alkaline earth element, the stable isotope ratio of which is inversely proportionate to the trophic level of the consumer. Thus, plants have higher strontium isotope levels than carnivores (Larsen 1997).

The ratios of strontium reflect local geochemistry signatures. A signature in human bone that differs from the signature found in the valley from which the bones were recovered could indicate recent changes in residence. Additionally, signatures in the teeth were incorporated into the enamel when the tooth was forming and indicate the childhood residence. If tooth samples differ from bone samples, this could also indicate a change in residence sometime during the lifetime of the individual (Larsen, 1997). Thus, analyses of these isotopic ratios can help establish dietary and residential changes.

By utilizing isotopic analysis, White *et al.*, (2009) were able to document evidence for shifting exploitation of resources by analyzing stable carbon and nitrogen isotope ratios in human hair from individuals excavated from the site of Pacatnamu, located in the Jequetepeque Valley on the north coast of Peru. They utilized hair samples because bone samples can give only averaged values for food consumption over approximately a 10-year period. The use of hair, therefore, can indicate more short-term dietary changes such as those that might be explained by environmental factors. Permanent dietary shifts that could result from a shift in resource exploitation prompted by an ENSO event would eventually show up in the bone, but these changes in resource exploitation might be difficult to connect to an ENSO event by the time they were visible osteologically.

The hair samples White *et al.*, (2009) utilized were cut into 2 cm segments, which represent a growth period of approximately 2 months. In this way, they were able to document short-term dietary shifts reflected by changing isotopic ratios. Their study demonstrated extensive variability within strands of hair from single individuals and they interpreted this as illustrative of the complexity expected from people who are moving frequently and irregularly across a broad landscape that includes both highland and coastal environments. This pattern, they argue, could be consistent with a shifting exploitation of local and distant resources (White *et al.* 2009) that would be expected in accordance with Dillehay and Kolata's (2004) model of anticipatory cultural behavior in response to uncertain environmental circumstances, such as that encountered during an ENSO event. Notably, White *et al.*, (2009) utilized isotopic data gathered from the local Peruvian food web in their interpretation of the human data, and Ambrose (1991) argues the establishment of the local food web isotopic signatures is essential before an interpretation of human signatures can be attempted.

Other studies have also demonstrated a link between climate and stable carbon and nitrogen isotope signatures. Heaton *et al.*, (1986) demonstrated a link between arid environments and higher $\delta^{15}\text{N}$ values (above 10 ‰). Ambrose (1991) also tied $\delta^{15}\text{N}$ values to the differing ways that organisms get water and their ability to recycle urea, a nitrogenous waste component of urine. His study supported the findings of Heaton *et al.* (1986) that higher $\delta^{15}\text{N}$ values generally occur in arid or drought prone environments, and this is reflected in the levels seen in the animals living in those environments. A different pattern is seen, however, in a modern study of individuals experiencing malnutrition.

Mekota *et al*, (2006) tracked carbon and nitrogen isotope changes in the starvation and recovery phases of patients suffering from anorexia nervosa. They found that $\delta^{15}\text{N}$ values dropped as body mass index (BMI) increased. Conversely, $\delta^{13}\text{C}$ values increased with increasing BMI. This could mirror what might be seen in populations or parts of populations that suffer malnutrition as a result of an ENSO event. Thus, high $\delta^{15}\text{N}$ values and low $\delta^{13}\text{C}$ values might be reflecting low BMI associated with malnutrition rather than arid environmental conditions or necessarily a shift in resource exploitation.

Clearly, the utilization of isotopic data has to be carefully interpreted as part of a complex of data that includes local environmental and resource information recovered from archaeological contexts as well as the biological data recovered from the human remains. When considered carefully, however, bioarchaeologists should be able to utilize these data to demonstrate some of the health effects a population encounters as the result of environmental changes such as those associated with ENSO events.

ENSO Impacts on Past Populations – Osteological responses

Other biological impacts that might be visible osteologically include what are known as non-specific indicators of stress and osteological indications of the presence of infectious disease. These include indicators of malnutrition, such as Harris lines, enamel hypoplasia, and indicators of non-specific types of infection, such as periostitis. Additionally, malnutrition that has resulted in secondary vitamin deficiencies might be visible osteologically in the form of osteomalacia, osteoporosis, and the osteological evidence for vitamin C deficiency as defined by Ortner *et al*, (2001).

Increased frequencies of specific infectious disease would also be expected particularly given a context of increased population mobility and cross cultural contact as a result of limited resources, which serves to both weaken immune systems and increase exposure to disease. Thus, bioarchaeologists might expect to see an increase in evidence for so-called “crowd diseases” such as tuberculosis.

Most bioarchaeologists are familiar with the osteological evidence for these kinds of problems. The problem they encounter is in associating these types of bioarchaeological signatures with an ENSO event. Once again, the solution lies in the incorporation of a complex of data that includes a careful analysis of the archaeological context in conjunction with a paleoenvironmental reconstruction. Additionally, it would be necessary to include an osteological analysis of material that pre-dates the ENSO event in question. One would expect to see an increase in the osteological indicators of stress on a population that has experienced the health consequences associated with ENSO events. Furthermore, it would be expected that the osteological indicators of populational stress would be widespread throughout the population rather than limited to only part of that population, as might be seen with social stratification and the resulting differential access to resources.

Conclusion

The identification of a bioarchaeological signature associated with a climatic event such as ENSO relies on an integrated multidisciplinary approach to osteological analyses. First, an analysis of the remains in question must be interpreted as part of a more complete archaeological and paleoenvironmental context. Second, osteological analyses should include pre-and post-ENSO comparisons and both human and animal isotopic signatures from the area in question, ideally utilizing hair and bone samples rather than bone samples alone. Additionally, factors such as social stratification have to be considered carefully to eliminate the possibility that the osteological impacts seen are limited to a portion of the population and the result of differential access to resources rather than a climatic phenomenon that would be expected to more broadly impact the entire population. Finally, evidence for sociopolitical disruption would be expected to include other possible health effects such as an increase in the frequencies of trauma possibly associated with warfare caused by fighting over resources or with an increase in ritual activities that might include human sacrifice. By utilizing a multifocal analysis such as that described here, bioarchaeologists can add significantly to our understanding of the impact of ENSO on human population health and the consequences that impact has for human cultural responses.

References Cited

- Ambrose, S. 1991. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science*, 293-317.
- Baraybar, J. P. 1999. Diet and death in a fog oasis site in central coastal Peru: a trace element study of Tomb 1 Malanche 22. *Journal of Archaeological Science*, 26, 471-482.
- Checkley, W., Epstein, L. D., Gilman, R. H., Figueroa, D., Cama, R. I., Patz, J. A., and Black, R.E. 2000. Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *The Lancet*, 355, 442-450.
- Davis, M. 2000. *Late Victorian holocausts: El Niño famines and the making of the third world*. London: Verso Books.
- Dillehay, T. D., & Kolata, A. L. 2004. Long-term human response to uncertain environmental conditions in the Andes. *PNAS*, 101, 4325-4330.
- Dilley, M., & Heyman, B. 1995. ENSO and disaster: droughts, floods, and El Niño/Southern Oscillation warm events. *Disasters*, 19, 181-193.
- Glantz, M. H. 1996. *Currents of Change: El Niño's impact on climate and society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heaton, T. H., Vogel, J. C., von la Chevallerie, G., & Collett, G. 1986. Climatic influence on the isotopic composition of bone nitrogen. *Nature*, 322, 822-823.
- Katzenberg, A. M., & Lovell, N. C. 1999. Stable isotope variation in pathological bone. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9, 316-324.

- Keefer, D. K., & Moseley, M. E. 2004. Southern Peru desert shattered by the great 2001 earthquake: implications for paleoseismic and paleo-El Niño-Southern Oscillation records. *PNAS*, 101, 10878-10883.
- Keefer, D. K., Moseley, M. E., & deFrance, S. D. 2003. A 38,000 year record of floods and debris flows in the Ilo region of southern Peru and its relation to El Niño events and great earthquakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 41-77.
- Knudson, K. J., Aufderheide, A. E., & Buikstra, J. E. 2007. Seasonality and paleodiet in the Chiribaya polity of southern Peru. *Journal of Archaeological Science*, 34, 451-462.
- Kovats, R. S., Bouma, M. J., Hajat, S., Worrall, E., & Haines, A. 2003. El Niño and health. *The Lancet*, 362, 1481-1489.
- Larsen, C. S. 1997. *Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Manners, R. B., Magilligan, F. J., & Goldstein, P. S. 2007. Floodplain development, El Niño and cultural consequences in a hyperarid Andean environment. *Annals of the Association of American Geographers*, 97 (2), 229-249.
- Mekota, A.-M., Grupe, G., Ufer, S., & Cuntz, U. 2006. Serial analysis of stable nitrogen and carbon isotopes in hair: monitoring starvation and recovery phases of patients suffering from anorexia nervosa. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, 1604-1610.
- Mills, J. N., Yates, T. L., Ksiazek, T. G., Peters, C. J., & Childs, J. E. 1999. Long-term studies of hantavirus reservoir populations in the southwestern United States: rationale, potential and methods. *Emerging Infectious Disease*, 5, 95-101.
- Moseley, M. 1999. Convergent catastrophe: past patterns and future implications of collateral natural disasters in the Andes. In: O. A. Smith, & S. M. Hoffman, *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective* (pp. 59-88). New York: Routledge.
- Ortner, D. J., Butler, W., Cafarella, J., & Milligan, L. 2001. Evidence of probable scurvy in subadults from archaeological sites in North America. *American Journal of Physical Anthropology*, 114, 343-351.
- Reinhard, J. 1997. Mummies of Peru. *National Geographic*, 191, 36-43.
- Ropelewski, C. F., & Halpert, M. S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626.
- Tapley, T. D., & Waylen, P. R. 1990. Spatial variability of annual precipitation and ENSO events in western Peru. *Hydrological Sciences*, 35, 429-446.
- Thompson, L. G. 1993. Reconstructing the paleo ENSO records from tropical and subtropical ice cores. *Bulletin de l'Institut Français de Etudes Andines*, 22 (1), 65-83.
- Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Tank, A. K., Parker, F., Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden, and P. Zhai. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The physical science basis. Contributions of working*

- Group I to the Fourth Assessment REport of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 235-336). Cambridge: Cambridge University Press.
- Verano, J. 2008. Communalism and diversity in Moche human sacrifice. In S. Bourget, & K. L. Jones (eds.), *The Art and Archaeology of the Moche: An ancient Andean society of the Peruvian north coast* (pp. 195-234). Austin: University of Texas Press.
- Walker, G. T., & Bliss, E. W. 1932. World Weather. V. *Mem R Met Soc*, 4, 53-84.
- White, C. D. 1993. Isotopic determination of seasonality in diet and death from Nubian mummy hair. *Journal of Archaeological Science*, 20, 657-666.
- White, C. D., Nelson, A. J., Longstaffe, F. J., Grupe, G., & Jung, A. 2009. Landscape bioarchaeology at Pacatnamu, Peru: inferring mobility from $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values of hair. *Journal of Archaeological Science*, 36, 1527-1537.



Permanecer tras el desastre: la ciudad de Saña después de los Niños de 1578 y 1720¹

Juan Castañeda Murga²

Ubicada junto al tambo real del valle de Saña, el proceso fundacional de la villa de Santiago de Miraflores, fue iniciado el 29 de noviembre de 1563³ por el capitán Baltasar Rodríguez y confirmado posteriormente por el cap. Miguel Rodríguez de Villafuerte, el 25 de enero de 1564⁴. La villa de Santiago de Miraflores, tenía las mejores condiciones para un desarrollo económico. Los valles de su jurisdicción, demográficamente eran más altos que los de Trujillo. Era importante disponer de mano de obra para edificación de las casas, para criar el ganado, sembrar los campos. Sin mano de obra disponible no tendría razón de ser la fundación de una villa, por lo que le fue adjudicada una cuota de 315 mitayos⁵. Los valles bajo su jurisdicción eran muy feraces y extensos (Jequetepeque, Saña, Chancay, La Leche y Motupe), en los cuales se desarrollarían haciendas, poseían además grandes bosques que servirían para alimentar al ganado y dar paso a la instalación de estancias y tinas.

A diferencia de Trujillo, una ciudad en la que los encomenderos controlaban el poder local, la villa de Saña ofrecía la oportunidad de un ascenso social a vecinos no encomenderos⁶. Pronto se produjo una migración de vecinos y pobladores hacia la nueva urbe, motivando la queja del cabildo trujillano, que no vio con buenos ojos la desbandada. Pero lo mas grave era que la jurisdicción de Trujillo llegaba hasta Túcume y debido a la nueva fundación se le había cercenado parte del antiguo territorio. En 1566 el cabildo trujillano se quejaba del "... daño y perjuzio que dha. villa de Miraflores haze a esta ciudad por estar poblada en sus términos ..." y pedía al visitador Gregorio González Cuenca, diese su parecer sobre el caso⁷. Pero las autoridades

¹ En el otoño del 2008 realizamos una investigación sobre El Niño en los valles de Lambayeque en el marco del Proyecto Arqueológico Huaca Chotuna dirigido por el arqueólogo Carlos Wester La Torre. Este artículo es parte de los resultados.

² Miembro Correspondiente de la Academia Nacional de Historia. Profesor Auxiliar del Departamento de Arqueología y Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Trujillo. Investigador Asociado del Museo Arqueológico Nacional Bruning, Lambayeque.

³ Lorenzo Huertas Vallejos (1993), "Fundación de la villa de Santiago de Miraflores de Saña: Un modelo hispano de planificación urbano". *Historia y Cultura*, No. 22, pp. 145-204.

⁴ Jorge Zevallos Quiñones (1991), "Vida económica en una ciudad peruana del siglo XVII", *Cuadernos de Estudio*, Tomo 1, N°3, pp. 227-238.

⁵ David Noble Cook (2010) *La catástrofe demográfica andina. Perú 1520-1620*. Fondo Editorial PUCP, p. 188.

⁶ Susan Ramírez (1991) *Patriarcas provinciales. La tenencia de la tierra en el Perú colonial*. Alianza Editorial.

⁷ ACT, Vol. II, pp. 9-10, 24-07-1566. Mas adelante en 24-02-1568, se reiteraba que los negocios de los vecinos de la villa de Miraflores con la capital, afectaban a los vecinos Trujillanos, ACT, Vol. II, p. 100.

coloniales no dieron marcha atrás y el pedido del cabildo a que la ciudad continuase con su antigua jurisdicción fue reiterado en 1582⁸ y 1596⁹.

Las principales actividades económicas en Saña fueron la agricultura y la ganadería. Entrando el siglo XVII habían estancias de cría de ganado mayor (mulas, caballos y vacunos) así como ganado menor (cabras, ovejas y cerdos) que aparte de servir para el consumo de carne también servían de materia prima en tinas para la fabricación de jabón y las pieles eran procesadas en tenerías produciendo cordobanes que llegaban hasta Chile¹⁰, y haciendas trigueras (molinos) y azucareras (trapiches e ingenios) que exportaban hacia Panamá, Guayaquil y Lima. En menor escala también se sembraba arroz, tabaco y algodón¹¹. A través del puerto de Chérrepe, salían harinas, azúcares, chancaca, conservas (carne de membrillo), dátiles; e ingresaban vinos y aguardientes de Ica y Moquegua, yerba del Paraguay, cuadros y esculturas de Quito.

El gusto suntuario de los sañeros queda de manifiesto en los inventarios de bienes de la élite, las casas eran de adobe y habían “bajas” y “altas” (de dos pisos)¹², y estaban decoradas con “muebles tallados y taraceados, pintura al fuego y estofado”¹³. Hubo familias que hasta poseyeron carrozas como las de Doña Isabel de Montoya y el Alférez Don Antonio de Ribera. Sin embargo el lugar escogido para la ubicación de la villa era vulnerable frente a las inundaciones.

La primera inundación de Saña, 1578.

Debemos decir en primer lugar que se trata de la primera referencia histórica de la inundación de la villa de Saña. Queda como tarea para el futuro que los arqueólogos realicen pozos de prueba en el área que ocupó la urbe, que lleguen hasta el suelo estéril y nos permitan identificar cuantas inundaciones ocurrieron en la época prehispánica.

Cuando llegaron los españoles la costa norte les pareció un paraíso. Un vecino de Trujillo escribía a su hermano, quien residía en la Puente del Arzobispo, en la península diciéndole “... esta es la tierra que mejor calienta el sol,” porque nunca llovía. El Niño de 1578 les demostró que la costa norte también podía ser un infierno¹⁴. Una de las consecuencias de este desastre fue

⁸ AGI, Lima 126, “... antes q. las dhas. villas se fundasen en los terminos desta dha. ciudad hera esta ciudad de las mejores y de las mas abundantes de mantenimientos que auia en este reyno y muy poblada de gente y despues de la fundacion de las dhas. villas se a ydo despoblado y esta tan falta de todo lo necesario que mediante la dha. disminucion cada dia ba a menos y todos los vecinos y moradores della la ban dexando y despoblado ...”, 21-11-1582, Carta del corregido Frutuoso de Ulloa.

⁹ AGI, Lima 111, Carta del corregidor Bartolomé de Villavicencio 18-03-1596.

¹⁰ Juan López de Velasco refiere que había “... gran cría de puercos por los muchos algarrobos que hay”. Refiriendo al consumo de carnero el P. Calancha menciona que hasta el más pobre consumía carnero.

¹¹ Zevallos Quiñones, Op cit.p. 232.

¹² Huertas Vallejos, Op cit. P. 162.

¹³ Zevallos Quiñones, Op. cit. P. 237.

¹⁴ Una petición redactada por el protector de naturales Alonso Lucio decía: “... que en el año pasado de setenta y ocho años hubo en los valles de Truxillo ..., tan grandes lluvias y avenidas

un litigio entre los indígenas y sus encomenderos, los primeros alegaban que no podían pagar porque lo habían perdido todo y el alegato de los encomenderos fue que pasadas las lluvias hubo una bonanza de la producción¹⁵.

Por declaraciones de algunos testigos que se hallaban en Saña podemos tener una idea de la magnitud de la inundación ocurrida en el verano de ese año. Juan Clemente, criador de caballos, se encontraba en Saña por esos días y vio: "... tan grande tormenta que en una noche no quedo casa enhiesta y que salieron huyendo todos a los cerros y allí hizieron habitación de choças para se meter en ellas y estaban aislados que no podían salir a una parte ni a otra ..."16. Otro testigo Bartolomé Copín, indio platero de Lambayeque dijo. "... las dhas. lluvias habían sido generales en todos estos valles y que todos los ríos salieron y que el Zaña se llevó todo el pueblo de españoles ..."17. Estas dos referencias de la información de testigos tomada de la visita que realizó el escribano Francisco Alcócer son reveladoras de cómo el río se llevó la primera arquitectura fundacional.

Como muy bien lo ha señalado el ingeniero Rocha Felices, esta inundación puso en evidencia la vulnerabilidad de la zona y es que en la cuenca del Saña ocurren unas precipitaciones más altas que en otros valles de la costa¹⁸. Al parecer trece años de fundación ya pesaban mucho para poder trasladarse y la población continuó ocupando la zona. Si consideramos como dice Musset que en el siglo XVI era relativamente fácil el traslado de una ciudad, debido a que inicialmente eran "aldeas" construidas con materiales perecederos¹⁹.

de aguas, que salieron de los ríos de sus madres y cursos naturales en tal manera que derribaron los pueblos de dichos repartimientos y llebaron a las dichas mis partes las comidas que tenían para sus mantenimientos y pagos de sus tributos, y la rropa y algodonaes que les arrancaron de raíz; y asimismo les llevó las aves y ganados, y finalmente no les dejó las aguas cosa alguna, y para escapar las vidas fue necesario huírse a las sierras y cerros altos, á donde estuvieron muchos días padeciendo muchas y grandes necesidades, hasta que los ríos bajaron y tomaron sus cursos antiguos; las cuales dejaron las acequias quebradas y robadas y la tierra tan llena de greda y las chácaras llevadas de tierra útil, de tal manera con haberse juntado mil o dos mil indios para tornar a reparar las acequias y meter agua a ellas tardaron la mayor parte del año en las poder reparar ... y después queriendo sembrar la poca tierra que les había sobrado, les sobrevino otro trabajo no menor que el pasado, que fue que todo lo que nació de lo que habían sembrado se lo comían una manchas de langostas o grillos, de manera que todas las sementeras se les vinieron a perder totalmente ..." (Huertas 1987: 34).

15 Al respecto Lizardo Seiner (2001) ha considerado los efectos positivos que trae el Niño una vez pasadas las inundaciones.

¹⁶ Lorenzo Huertas Vallejos (2001), *Diluvios andinos a través de las fuentes documentales*. Fondo Editorial PUCP., p. 84-85.

¹⁷ Huertas Vallejos, Op. cit., p. 104.

¹⁸ Arturo Rocha Felices (s/f) La inundación de Saña de 1720. Menciona que las precipitaciones son el 50 % mas que en Jequetepeque. Así por ejemplo, en el río Zaña en un año hidrológico normal la relación entre las masas mensuales escurridas en el mes de mayor descarga y en el de menor descarga es sólo de 8. En otros valles de la costa esta relación es mucho más alta; así en el río Chicama la relación es de 30 y en el río Moche es superior a 60.

¹⁹ Alain Musset (1996), "Mudarse o desaparecer. Traslados de ciudades hispanoamericanas y desastres (siglos XVI-XVIII)". *Historia y desastres naturales en América Latina*, (Virginia Guedea Acosta, ed.), Vol I, pp. 41-69.

Después de las lluvias Saña nuevamente se levantó sobre sus ruinas de reedificándose su iglesia mayor y se fundaron los conventos de San Agustín, San Francisco, La Merced y San Sebastián agregándose la doctrina de Santa Lucía. Susan Ramírez ha identificado que después de la inundación se consolidó una élite terrateniente local y se formaron latifundios. Los antiguos corrales y chacras dieron paso a estancias y haciendas. Ramírez ha seguido la trayectoria de las haciendas de Calupe, Cojal, Picsi y Pátapo y como se expandieron. Es evidente que de manera paralela hubo un ascenso social de sus propietarios. Pero fue en la segunda década del siglo XVII que el alza del precio del azúcar y del ganado que dieron a Saña un periodo de prosperidad "sin precedentes" que se duró hasta 1719²⁰.

La inundación de 1720.

Desde 1578 se sucedieron otros eventos El Niño, según el registro histórico ocurrieron lluvias extraordinarias (aunque no tan catastróficas) en 1607, 1618, 1624, 1634 y 1701. Pero ninguno de los eventos El Niño mencionados fue tan fuerte como el que ocurrió en 1720, tan o más destructivo que el de 1578 que acabó con la opulenta Saña. Quizá ocurrió alguna lluvia torrencial en diciembre, y presumiendo lo peor el corregidor, D. Luis del Castillo y Andraca, abandonó la ciudad antes de fin de año refugiándose en Lambayeque²¹. Después lo hizo su teniente D. Antonio Calderón de la Barca, también el alcalde y algunos regidores, quedando tan solo los más valientes, el alférez real D. Antonio de la Cueva y Velasco y el regidor perpetuo Dalmacio Rodríguez de Losada. Estos últimos instaron a los sañeros a la construcción de una defensa de "tajamar o albarrada", que logró controlar en algo las inundaciones antes del 15 de marzo. Las lluvias comenzaron nuevamente el 1° de marzo, y en la víspera (día 14 de marzo) de la gran inundación los capitulares molestos por el abandono del corregidor decidieron escribirle para informarle "de la grandísima ruina que ha padecido esta ciudad en su fábrica de casas y templos" tanto por las lluvias como por la inundación que ingresó por la calle real pero que no llegó a mayores por ese tajamar; y además de cómo los panaderos habían reducido el peso del pan y los tenderos el volumen de las velas²².

Sin embargo el tiempo no les alcanzó porque en la madrugada del día siguiente la furia del río destruyó la defensa e inundó totalmente la ciudad. Si bien en el documento de la víspera citado por Hampe, el escribano Antonio Ribera manifestó una primera inundación ocurrida días antes, llama la atención que en otro documento que hemos hallado en el Archivo Regional de Trujillo, este mismo escribano manifestó días después que la inundación del 15 fue "no pensada y repentina y en tan terrible lance solo se penso en salvar las vidas"²³. Mas adelante insistiremos en esta observación.

²⁰ Ramírez Op cit., p. 177.

²¹ En 1998 una torrencial lluvia cayó en diciembre sobre la ciudad de Trujillo, y de allí en adelante solo hubo lluvias esporádicas ligeras hasta que en el mes de marzo llovió con fuerza casi todos los días. Creemos que algo similar debió ocurrir en 1720.

²² MEH, Colección Bruning, Doc. 50, citado por Teodoro Hampe (2001: 24).

²³ ART, RH, Comp., leg. 131, exp. 171, 1720.

El nivel de las aguas pasó por encima de los techos²⁴, incluso de las tiendas y “casas altas” que circundaban la plaza. Los pocos pobladores que aún permanecían en la ciudad se pusieron a buen recaudo en el cerrillo de La Horca. Doce días después “luego que dio vado el agua y se serenó y enjutó la tierra”²⁵ el escribano Antonio de Ribera, a instancias del corregidor, quien ya había retornado a Saña y del factor veedor de la Real Hacienda de Trujillo contrató peones para que excavasen en el lugar donde había estado ubicado el cabildo y la tienda que ocupaba el archivo de la ciudad²⁶. Seguramente orientándose partir de la iglesia matriz que había sobrevivido²⁷, porque no se distinguía “... qual fue la casa de la de Pedro ni la de Juan ... ni adonde estuvieron fundadas las dos tiendas en que se guardaban los papeles y archivos de los oficios públicos de cabildo y registros”²⁸ exploraron el área y la búsqueda duró mas de quince días, en el que desenterraron “debajo de paredes, techos y ruinas” parte del cuerpo del archivo. Los documentos no estaban tratables “para manejarlos ni reconocerlos por la mucha humedad y tierra gredosa”. Ribera pidió se haga un inventario de los documentos que quedaban pero hasta el 20 de abril no se había realizado todavía porque no estaban secos. El dos de julio de ese mismo año, dijo que en la inundación se había perdido la mitad del archivo de a ciudad porque de los papeles “tenia tanteados y presentes mediante aberlos rreceuido por imbentario y / [f. 10v.] manejarlo que faltan la mitad de ellos porque con dicho estrago y abundancia de agua ... lo mucho que se rremojaron confundieron y lastimaron en mas de doce días que estuvieron debajo de dicha rruina y agua sin auer sido posible desenterrarlo ni sacarlos antes asi por la mucha copia de agua”.

Del documento se desprende que al parecer, cuando el corregidor retornó a Saña, increpó a Ribera la pérdida de los documentos, y es aquí donde utiliza la figura de “inundación no pensada y repentina”. Alegando no tener “la menor culpa antes si atraso y perdida en mis alhajas y cossas necesarias de mi combeniencia y servicio por no desenterrarlas en tiempo de la cassa que hera de mi morada por hacerlo con dichos papeles como es notorio”²⁹. Aquí Ribera mintió, puesto que tres días después de la inundación, cuando en presencia de las autoridades que aún estaba allí se levantó un acta de certificación de lo que había sucedido, refirió que había abandonado junto a su familia, su casa el día siete de marzo alarmado porque las lluvias del día cinco y seis de marzo habían arruinado su morada, dirigiéndose entonces al cerrillo La Horca en donde levanto dos toldos para guarecerse de las lluvias³⁰.

Sin embargo, para cuando ocurrió la gran inundación, ya la mayoría de los vecinos estaban instalados en la pampa del cerro La Horca con anterioridad. Muchos de ellos lo primero que quisieron salvar fueron sus joyas. Solo así se explica que Da. Juana de Estrada y Hurtado tuviera sus alhajas al

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid.

²⁶ El escribano refirió primero que el costeó los peones, pero el dos de julio de 1720 manifestó que la búsqueda se hizo con “la asistencia y fomento” del corregidor y el factor veedor.

²⁷ Cfr. Rubiños y Andrade.

²⁸ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 3, véase los ff. 37, 39v., 44v., 46v., 96v.

²⁹ ART, RH, leg. 131, exp. 171.,

³⁰ Ibid.

morir y figuraron en su inventario de bienes³¹ ó que D. Jerónimo Laso de la Vega antes de morir legara sus joyas la imagen de Nra. Sra. del Rosario, casi un mes después de la inundación. Laso vivía en un rancho precario levantado en el cerro de la Horca³². Estos casos nos ilustran que los sañeros tuvieron tiempo de salvar algo de sus bienes.

La arquitectura civil de Saña era de quincha y adobe, entonces cayó con el embate de las aguas mas no así sus iglesias y conventos que eran de ladrillo. Hasta el mes de octubre los vecinos permanecían viviendo en la pampa del Cerro la Horca, allí habían levantado ranchos de quincha. Las escrituras otorgadas ante el escribano Antonio de Rivera mencionan el lugar en donde fueron redactadas refiriendo la “pampa” ó “cerrillo” de La Horca. Sólo en un caso encontramos el testamento de D. Antonio Goñi, vecino de Saña, quien se hallaba en la pampa de Culpón, ubicado al pie del cerro del mismo nombre. En lo que respecta a los conventos, sobrevivieron aunque maltrechas sus respectivas iglesias, mas no así los claustros y celdas, de manera que los prelados y religiosos se recogieron a vivir “a la falda de este cerro en chozas o ranchillos asi como lo an hecho los demas vecinos y por esta razon hauer formado ramadillas de baras de cañas en que celebrar lo an hecho hasta la fecha”³³.

A mediados de octubre los vecinos consideraron que debían trasladar la ciudad a un lugar más seguro, y consideraron el sitio de Rafán. Se trataba de unas tierras que eran propiedad del convento de la Merced, pero que estaba arrendado a diversos particulares y se hallaban gravados con censos a favor de los agustinos y el hospital de San Sebastián³⁴. El cabildo decidió que era el lugar correcto “por lo apreziabile de su / buen temple y comodidades en su contenido” y entonces dio poder a Don Dalmacio Rodríguez de Losada para gestionar lo pedido ante el virrey³⁵. El mismo día el clero diocesano que tenía a cargo la iglesia mayor, la doctrina de indios de Santa Lucía y Chérrepe y el curato de ingenios (tenía a cargo las haciendas del valle de Saña) concordaban con el cabildo y los vecinos y también dieron poder a Don Dalmacio justificando lo “benigno y saludable de su temple”³⁶.

Nos llama la atención la ausencia del clero regular en este pedido. Seguramente estaban en desacuerdo. Trasladar la ciudad de Saña a otro lugar significaba empezar de cero respecto a rentas provenientes de arrendamientos o censos gravados en los inmuebles urbanos. Anteriormente había sucedido lo mismo en Trujillo con motivo del terremoto de San Valentín, aún cuando el virrey ordenó al cabildo trujillano buscarse un lugar para trasladar la ciudad, las órdenes religiosas se opusieron tenazmente logrando evitar su traslado y la

³¹ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4., 19-04-1720. El inventario de sus bienes se realizó el 26-04-1720.

³² ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 04, ff. 39v., 24-04-1720

³³ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, f. 202, 18-10-1720.

³⁴ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, f. 197, No se otorgó.

³⁵ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, f. 199v.-201v., 14-10-1720.

³⁶ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, f. 204v.-206v., 14-10-1720.

ciudad se reedificó sobre sus ruinas³⁷. En esta oposición de los regulares de Saña arrastraron a parte de la población que los apoyó, desarrollándose una enconada lucha entre dos partidos: quienes estaban por el traslado a Rafán y quienes querían permanecer en la pampa y cerro de La Horca.

Contra viento y marea el traslado se realizó y de los regulares solo apoyaron los Mercedarios, quizá porque había censos en Rafán a favor de ellos³⁸. Cuatro años la población de Saña estaba dividida, un grupo ocupaba Rafán y esa población era denominada Saña La Nueva. Mientras que otro grupo permanecía en Saña La Vieja. Ese año el alcalde ordinario Don Josef Marrufo León informaba al virrey: "... que despues de la inundación, y otras muchas calamidades continuadas que han padecido dicho ciudad, experimenta hoy la maior que le puede producir su ultima ruina, porque demas de haverse disminuido notablemente aquella vecindad, la corta que ha quedado se halla dividida en dos partes, y bandos, residiendo en la una en la antigua ciudad de Saña, y la otra en el sitio de Rafan que nombran Saña La Nueva en virtud de los superiores ordenes de vuexelencia y aunque Don Luis del Castillo y Andraca, corregidor de aquella provincia con la integridad y justificación con que procede, y reconociendo que los vecinos que habitan en dicho sitio de Rafan Saña La Nueva son personas nobles y de honrrados procederes, como otros también que residen en Saña La Antigua, ha procurado con el mayor connato concordar los unos y los otros para el beneficio de todos no lo ha podido conseguir, antes cada día se reconocen mas enconados los ánimos de la una y otra parte ..."³⁹. Otra fuente coincide en lo mismo y nos dice: "En estas circunstancias se discurria hacer nueva Población: Ya determinaban un sitio, y ya otro excitandose graves discordias en la elección, pues cada uno queria que prevaleciese su dictamen, en las cuales disputas se fue pasando el tiempo, y a vista de la inclemencia que padecían los vecinos en las Chozas del cerro, solicitaron alvergue en los Pueblos del Distrito, ..."⁴⁰.

En esas circunstancias era difícil juntar un ayuntamiento para dar cumplimiento a las ordenanzas del virrey, debido a que además el alcalde y capitulares se hallaban repartidos en la jurisdicción. Ante esta situación, ese mismo año (1724) el virrey Fray Diego Morcillo Rubio de Auñón ordenó se formase cabildo en cualquier pueblo de la jurisdicción en donde se hallase el corregidor, un capitular y un escribano⁴¹. Pero la división continuó hasta que en 1727 los vecinos de las dos Sañas acordaron hacer una nueva fundación y a ellos se agregaron los vecinos blancos de Chiclayo. Esta vez escogieron el sitio de Chacupe, que era propiedad de la comunidad indígena de Reque quienes vendieron las tierras por 100 pesos de a 8 reales.

³⁷ Castañeda Murga, Juan (1996) "Notas para una historia de Trujillo del Perú en el siglo XVII". La tradición andina en tiempos modernos. Luis Millones y Hiroyasu Tomoeda (eds.), Osaka, pp. 159-189.

³⁸ APL, Libro de Cuentas del Convento de La Merced. Muy deteriorado pero se distingue algunas cuentas firmadas en Rafán.

³⁹ AGN, Sup. Gob., leg. 125, cuad. 126, 1777. El expediente tiene inserto un memorial presentado por el alcalde de Saña fechado en 1724.

⁴⁰ BM, Additional Manuscript 17588, Relacion Descriptiva de la Provincia de Zaña y Lambayeque con noticias exactas de su Estado Politico, sin fecha. Agradezco al información a Karoline Noack.

⁴¹ AGN, Sup. Gob., leg. 125, cuad. 126, 1777.

Se trataba de 100 fanegadas de tierras que estaban deslindadas de la siguiente manera: "... comienza por la azequia principal de Chiclayo o camino real que va para Saña y por otra azequia que corre a las espaldas de la tina que oy tiene don Bonifacio Gastelu y Pereda y por otra llamada Menrrup, hasta la tercera azequia que riega las tierras de Cosñape que nombran así por tener una guaca así llamada y por otro lado lindan con las tierras del Casique en que se incluyen Tucun, Samana, Ucute, cuyo paraje consta de unos cerrillos que ban camino del pueblo de Lambayeque ..."42. Las tierras se vendieron con el derecho al agua de la acequia de Tonope. Se ponía como condición si es que no se realizaba la nueva fundación se rescindía el trato. Nuevamente los sañeros dieron poder a Don Dalmacio Rodríguez de Losada, esta vez para pedir al virrey Marqués de Castelfuerte conceda la licencia para hacer la nueva fundación "con todas sus preeminencias y privilegios según y como lo estaban la antigua ciudad arruinada y se le concedió para dicha fundación de Rafán"43. Esta vez el Superior Gobierno frunció el entrecejo y el traslado no se realizó.

Las dos Sañas continuaron sobreviviendo, al año siguiente el inventario de bienes *post mortem* del escribano Antonio de Rivera, menciona "una casa de quincha con sus puertas, la cual casa está cita en nueva ciudad y sitio de Rafan"44. El mismo año fallecía Doña Manuela de la Pila Ponce de León y en su inventario de bienes aparece "un rancho de quincha con dos puertas, sin cerraduras ni llaves que esta zito y fabricado a la orilla de esta ciudad antigua de Saña en la falda del cerrillo que llaman de la Horca"45. Pero la fundación de Rafán fracasó totalmente por la humedad, un testigo en 1783 decía "... pues a la mayor parte de las gentes, que se trasladaron al nuevo sitio, aniquiló el clima, quedando sepultados en sus lagunas ..."46.

Dieciséis años después, las tierras de Chacupe estaban invadidas por los indígenas de la parcialidad de "alcabaleros" de Chiclayo. Esta parcialidad por su fidelidad a la corona, desde que se fundó el pueblo, habían tenido el privilegio de no tributar sino tan solamente una corta pensión denominada alcabala. El visitador Juan Arias Vigil de Quiñones en 1735 los numeró por "originarios" cargándoles el tributo entero47. Además de esto el cacique de Cinto Don Francisco Policarpo les gravó con un peso cada semestre por servicios personales de ellos y sus mujeres. Molestos por la presión fiscal decidieron un buen día abandonar Chiclayo y en 1743 treinta familias se posesionaron en Chacupe al amparo del párroco de Reque Don Francisco Bracamonte. Allí formaron un nuevo pueblo con "calles, plaza e yglesia". El gobierno real persuadió y amenazó a los invasores pero tranzó devolviéndoles el privilegio de no tributar y los "alcabaleros" regresaron a Chiclayo48.

42 ARL, PN Lino de Herrera, leg. 10, 15-01-1727.

43 ARL, PN Lino de Herrera, leg. 10, 10-02-1727.

44 ARL, PN Lino de Herrera, leg. 10, 03-08-1728. Al respecto véase además Samamé Rodríguez, Alfonso (1995) "¿Se fundó Saña en las tierras de Chacupe? 1727-1728". *Primer Aniversario de Reque como ciudad*. Pedro Delgado Rosado (eds.), pp. 32-37.

45 ARL, PN Lino de Herrera, leg. 10, 04-08-1728.

46 AGN, Sup. Gob. Leg. 125, 1782.

47 Zevallos Quiñones, Jorge (1947) "Lambayeque en el siglo XVIII", *Revista del Instituto Peruano de Investigaciones Genealógicas*, N°2, p. 99.

48 ASFL, leg. 9, N°23, 1743.

En realidad la mayoría de las autoridades ya no querían residir ni en Saña ni en Rafán, alegando que trasladarse “al despoblado que fue Saña” les ocasionaba atrasos. Esto no era cierto del todo porque todavía quedaban algunos vecinos, así como la mayoría del clero. Pero igual se autorizaba al alcalde a que en donde estuviesen las autoridades hiciesen cabildo. Esta orden fue dada el 14 de marzo de 1741 por el virrey Marqués de Villagarcía. Para ese momento el cabildo de Saña, así como el corregidor y cajas reales ya residían en Lambayeque.

Mientras tanto al pie del cerro de La Horca, los ranchos se iban extendiendo. La visita pastoral realizada por el vicario Dr. Ignacio Gorrichátegui a Saña en 1771 menciona que Saña se componía de 600 almas “..., todos los mas sambos, mulatos y negros y tal cual blanco constituidos todos en tanta miseria, que apenas alcanzan para un mal sustento...”⁴⁹. Es decir las principales familias habían terminado migrando a otros lugares. Respecto al clero, quedaban en Saña cuatro regulares uno de cada orden religiosa, “llorando miserias, pidiendo limosnas, y dando motivo a la irrisión”, la mayor parte del tiempo la iglesias permanecían cerradas y sus imágenes sin ningún culto; por ello recomendaba el visitador se cerrasen los conventos.

¿Porqué Saña no se recuperó de la inundación de 1720?. Cada desastre ocurre de manera diferente y con distinta intensidad dependiendo de la vulnerabilidad y fragilidad de la estructuras que sustentan el desarrollo económico⁵⁰. Mientras en 1578 abundabas las estancias, corrales de ganado y su destrucción se podía aliviar en corto plazo; para 1720 habían molinos, ingenios y trapiches que requerían de energía hidráulica para funcionar. La inundación de 1720 arruinó la infraestructura hidráulica, cegando las acequias como el Taymi quedando sin agua por varias temporadas las acequias de Tumán y Luya. San Juan de Miclás y Sipán perdió su casa de calderas y la casa de purgas, lo mismo el horno de porrones y la ollería. Todo quedó inutilizado⁵¹. En estado similar quedó la hacienda San Lorenzo alias Palomino⁵². De igual manera estaba la hacienda San Idelfonso de Cojal con sus estructuras maltratadas por las lluvias torrenciales⁵³. Pomalca tuvo que reparar su infraestructura: limpiar acequias, reconstruir oficinas, casa de calderas y la casa de purga a un costo de 14600 ps.⁵⁴. A esto se sumó la caída de precio del azúcar un 28%, provocando un estancamiento y declive económico de la élite terrateniente.

En medio de esa decadencia, en 1783, un sacerdote luchaba solitariamente para resucitar Saña. Para Don Simeon Polo, párroco, de la iglesia mayor, la decadencia de Saña se debía a la ambición de los corregidores, quienes deseaban habitar en Lambayeque “... por el lucro e

⁴⁹ AAT, Visitas, leg. 2, exp. 12, 1771.

⁵⁰ Herzer, Hilda María y María Mercedes di Virgilio (1996) “Buenos Aires inundable del siglo XIX a mediados del siglo XX”, *Historia y desastres en América Latina*. Vol I. Virginia Guedea Acosta (ed.), p.100.

⁵¹ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, ff. 48v-54.,

⁵² ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, ff. 67v.-71, 17-05-1720.

⁵³ ARL, PN Antonio de Rivera, leg. 4, ff. 275-279, 19-12-1720

⁵⁴ Ramírez Op. cit. 234-235.

interés de los crecidos repartos a los yndios, contraviniendo en desamparar la cabeza de la provincia por su mayor e injusta comodidad ...”, y en segundo lugar que a el corregidor Okelly sacó a Saña de la ruta del correo. Desde entonces los viajeros usaban el camino de Lagunas, cerca al litoral, ó el de Úcupe (actual carretera Panamericana). Ponderaba las cualidades del entorno de Saña diciendo: “Está esta ciudad çituado en un hermoso valle muy ameno, y fecundo: son sus tierras llanas, y copiosas en la producción de sus frutos... riegalo un río perenne, dando vida a los campos, por diferentes tomas: son sus tierras particularmente proficuas para el plantío de tabaco, y por esta razón, es conocido por de Saña y en su principio no se sembraba en otra parte”. Según Polo la ruina de los ingenios se debía a que verdaderos dueños habían fallecido y estaban en manos de malos administradores.

En su afán de lograr su cometido Polo informó al virrey Jaúregui del hallazgo de una veta de plata en el cerro El Alumbre, afirmando además de la existencia de otras vetas de plata en los alrededores de Saña “que por tradición se dice que se fundó en el centro de ricos minerales”. Polo tenía la esperanza que una vez que corriese la fama de la riqueza se allegaran a vivir nuevas familias. Por último, en aquellos días en que en el imaginario estaba la recientemente debelada rebelión de Túpac Amaru, Polo afirmaba que Saña estaba ubicado en un lugar estratégico en caso de un ataque proveniente del sur teniendo al río como una defensa natural, lo que permitiría el atrincheramiento de los vecinos y castas. Desafortunadamente Polo no tuvo ninguna respuesta del vicesoberano.

Este fue el último intento por resucitar la antigua villa de Santiago de Miraflores de Saña. En 1826 sus conventos fueron declarados supresos por la dictadura bolivariana⁵⁵. Si bien ya no estaban las familias notables de la antigua aristocracia, continuó creciendo hasta hoy en que nuevamente las casas están invadiendo el área de la antigua ciudad, una zona inundable que algún otro momento nuevamente volverá a ser afectada.

ARCHIVOS Y FUENTES CONSULTADAS

AAT	Archivo Arzobispal de Trujillo
ACT	Actas del Cabildo de Trujillo
AGI	Archivo General de Indias
AGN	Archivo General de la Nación
APL	Archivo Parroquial de Lambayeque
ARL	Archivo Regional de Lambayeque
ART	Archivo Regional de Trujillo
ASFL	Archivo de San Francisco de Lima
BM	British Museum, Additional Manuscripts.
MEH	Museo Etnográfico de Hamburgo
PN	Protocolo Notarial
RH	Real Hacienda
Sup. Gob.	Superior Gobierno

⁵⁵ ARL, Causas Eclesiásticas, 1826-27.

Referencias Bibliográficas

- Calancha, Fray Agustín. 1977. *Cronica moralizada de la orden de San Agustín*. Edición de Ignacio Prado Pastor.
- Castañeda, J. 1996. "Notas para una historia de Trujillo del Perú en el siglo XVII". *La tradición andina en tiempos modernos*. Luis Millones y Hiroyasu Tomoeda (eds.), Osaka, pp. 159-189.
- Herzer, H.M., di Virgilio, M. 1996. "Buenos Aires inundable del siglo XIX a mediados del siglo XX", *Historia y desastres naturales en América Latina*, (Virginia Guedea Acosta, ed.), LA RED y CIESAS, Vol I, pp. 97 -138.
- Huertas, L. 1993. "Fundación de la villa de Santiago de Miraflores de Zaña: Un modelo hispano de planificación urbano". *Historia y Cultura*, No. 22, pp. 145-204.
- López de Velasco, J. 1971. *Geografía y descripción de la Indias*. Biblioteca de Autores Españoles, Madrid.
- Musset, A. 1996. "Mudarse o desaparecer. Traslados de ciudades hispanoamericanas y desastres (siglos XVI-XVIII)". *Historia y desastres naturales en América Latina*, (Virginia Guedea Acosta, ed.), Vol I, LA RED y CIESAS, pp. 41-69.
- Noble, D. 2010. *La catástrofe demográfica andina. Perú 1520-1620*. Fondo Editorial PUCP, p. 188.
- Ramírez, S. 1991. *Patriarcas provinciales. La tenencia de la tierra en el Perú colonial*. Alianza Editorial.
- Rubiños y Andrade, J.M. 1936. "Sucesión cronológica de los curas de Mórrope y Pacora", *Revista Histórica*, T. X.
- Rocha, A. (s/f). La inundación de Saña de 1720.
- Samamé, A. 1995. "¿Se fundó Saña en las tierras de Chacupe? 1727-1728". *Primer Aniversario de Reque como ciudad*. Pedro Delgado Rosado (eds.), pp. 32-37
- Seiner, L. 2001. "El fenómeno del Niño: reflexiones desde la historia" *Revista Andina*, N°38, pp. 1-18, Cusco.
- Zevallos, J. 1947. "Lambayeque en el siglo XVIII", *Revista del Instituto Peruano de Investigaciones Genealógicas*, N°2, p. 99.
- Zevallos, J. 1991. "Vida económica en una ciudad peruana del siglo XVII"., *Cuadernos de Estudio*, Tomo 1, N°3, pp. 227-238.



Los Insectívoros del Pleistoceno inferior de la sierra de Atapuerca (Burgos, España)

Juan Rofes

Grupo Aragosaurus (<http://www.aragosaurus.com/>). Área & Museo de Paleontología. Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza, España. CE: <jrofes@unizar.es>

Resumen

Se presenta una síntesis de la investigación y principales descubrimientos relacionados con el grupo de los Insectívoros en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España) durante el Pleistoceno Inferior. Empezamos por una breve reseña sobre los avatares del orden "Insectivora" a lo largo de la historia, y sobre su estatus actual a nivel internacional. Pasamos luego a la definición de un nuevo tipo de sorícido de gran tamaño en el yacimiento de Gran Dolina, bautizado, en honor a este último, *Dolinasorex glyphodon* Rofes & Cuenca-Bescós, 2009. A continuación nos centramos en el potencial de los Insectívoros (erizos, topos, desmanes y musarañas) para llevar a cabo reconstrucciones paleoambientales y paleobiogeográficas. Como último punto, abordamos el tema de los dos géneros de musarañas con aparato inyector de saliva tóxica, recientemente descritos en los yacimientos de Gran Dolina y Sima del Elefante.

Palabras clave: Sistemática, paleoecología, paleobiogeografía, *Asoriculus gibberodon*, *Beremendia fissidens*, musarañas venenosas.

Abstract

We present a synthesis of the research and main findings dealing with the insectivore group in the Sierra de Atapuerca sites (Burgos, Spain). We start with a brief review on the avatars of the order "Insectivora" along history, and on its current status in the international level. We follow with the definition of a new kind of a large-sized soricid in the Gran Dolina site, named, in honour of the latter, *Dolinasorex glyphodon* Rofes & Cuenca-Bescós, 2009. Then we focus on the potential of the insectivores (hedgehogs, moles, desmans and shrews) to perform palaeoenvironmental and palaeobiogeographic reconstructions. Finally, we refer to the two genera of shrews possessing toxic saliva injector apparatuses, recently described in the Gran Dolina and Sima del Elefante sites.

Keys Word: Systematics, palaeoecology, palaeobiogeography, *Asoriculus gibberodon*, *Beremendia fissidens*, venomous shrews.

Introducción

Aunque el de los insectívoros (Mammalia, Insectivora) es uno de los órdenes más prolíficos que existe entre los mamíferos, continúa siendo de los menos estudiados. En líneas generales, se trata de animales pequeños con hocicos largos y estrechos, que suelen ser muy flexibles. La mayoría se mueve andando o corriendo, aunque los hay que nadan y excavan. La forma de los cuerpos varía mucho, todos son plantígrados y la mayoría tiene miembros cortos y cinco dedos en cada pie. En ocasiones los ojos y las orejas son tan pequeños que apenas se distinguen, como en el caso de las musarañas (Soricidae) (figura 1).

Son los mamíferos más pequeños de la cadena trófica y se alimentan fundamentalmente de invertebrados, aunque su dieta puede incluir también pequeños vertebrados e incluso plantas. Poseen unos niveles metabólicos muy altos, por lo que necesitan alimentarse constantemente. Otros miembros de este orden, aparte de las musarañas, son los topos, los desmanes, los erizos y los solenodones caribeños (Churchfield, 1990; Macdonald, 2006).

Por su lado, los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España) (figura 2) son internacionalmente conocidos por su excepcional registro fósil del Pleistoceno, que incluye los restos humanos más antiguos de Europa occidental (*Homo antecesor*), hallados en Sima del Elefante y Gran Dolina (Pleistoceno Inferior), y la mayor acumulación de esqueletos de *Homo heidelbergensis* del planeta, en Sima de los Huesos (Pleistoceno Medio). Cientos de piezas de industria lítica se han recuperado también de los yacimientos de Gran Dolina, Galería, Covacha de los Zarpazos y Sima del Elefante. La riqueza de los yacimientos, antiguas cuevas, es también impresionante en lo que respecta a restos óseos de macro y micro-vertebrados y material orgánico en general. Muchos de los huesos de macro-mamífero presentan marcas en la superficie, que son tanto de origen animal como antrópico (Carbonell *et al*, 1995, 2008; Arsuaga *et al*, 1997).

Las grandes acumulaciones de micro-vertebrados provienen, en su mayor parte, de egagrópilas incluidas en el relleno de las cuevas (Fernández-Jalvo & Andrews, 1992). Este relleno es de origen mixto: autóctono y alóctono. La recuperación sistemática de los restos fósiles incluidos en el sedimento que se extrae durante las excavaciones de los distintos yacimientos, mediante un meticuloso proceso de lavado, tamizado y triado, ha posibilitado la realización de una serie de estudios de carácter sistemático, biocronológico, paleoambiental y tafonómico. Hasta el momento, dentro del grupo de los pequeños vertebrados de Atapuerca, se habían descrito sobre todo los roedores (e.g. Cuenca-Bescós *et al*, 1999; Laplana & Cuenca-Bescós, 2000; Cuenca-Bescós *et al*, 2001). Sin embargo, hacía falta un estudio en profundidad de los insectívoros, tarea que se ha abordado en los últimos años y que ha sido recientemente compilada en la tesis doctoral del autor (Rofes, 2009).

A continuación presentamos una síntesis del trabajo desarrollado hasta ahora con los insectívoros fósiles del Pleistoceno de Atapuerca. Los restos

proceden de los dos yacimientos con secuencias estratigráficas más largas y completas: Sima del Elefante (ca. 1,1-1,5 Ma) y Gran Dolina (ca. 0,78-0,9 Ma).



Figura 1. Ejemplar adulto de musaraña bicolor (*Sorex araneus*). Tomada de Rofes (2009).

Galimatías Sistemático

Insectívora es un grupo clave en el estudio de la evolución de los mamíferos, dada su gran diversidad específica (alrededor de 400 especies, la mayoría de ellas musarañas), su mayor retención de caracteres plesiomórficos de los placentados respecto a otros mamíferos, y su antigüedad en el registro fósil (Eisenberg, 1980; McKenna & Bell, 1997; Hutterer, 2005).

El término “insectívoro” fue acuñado por De Blainville (1816) para describir a los erizos, musarañas elefante y topos del viejo mundo; al año siguiente, Cuvier (1817) incluyó también a los topos americanos, tenrecs, topos dorados y desmanes. Pese a las dos referencias anteriores, la latinización y por tanto autoría del nombre se atribuye a Bowdich (1821). Más adelante, Wagner (1855) incorporó a los solenodones, lémures voladores, musarañas arborícolas y al resto de musarañas. El orden terminó por convertirse en un “cajón de sastre” que incluía una gran cantidad de animales muy dispares. Por este motivo el taxónomo Ernst Haeckel (1866) lo dividió en dos grupos, a los que llamó Menotyphla (musarañas arborícolas y musarañas elefante) y Lipotyphla (topos, topos dorados, tenrecs y musarañas), basándose en la presencia o no de ciego en el intestino grueso de los animales.

Estudios morfológicos posteriores reconocieron a los “insectívoros” de Haeckel como grupo polifilético, anulando la validez de Menotyphla y creando los órdenes Macroscelidea (musarañas elefante) y Scandentia (musarañas arborícolas) en su lugar. Lipotyphla, que siguió considerándose monofilético por más tiempo, terminó por incluir a las siguientes familias: Chrysochloridae, Tenrecidae, Talpidae, Soricidae, Erinaceidae y Solenodontidae (MacPhee & Novacek, 1993; McKenna & Bell 1997).

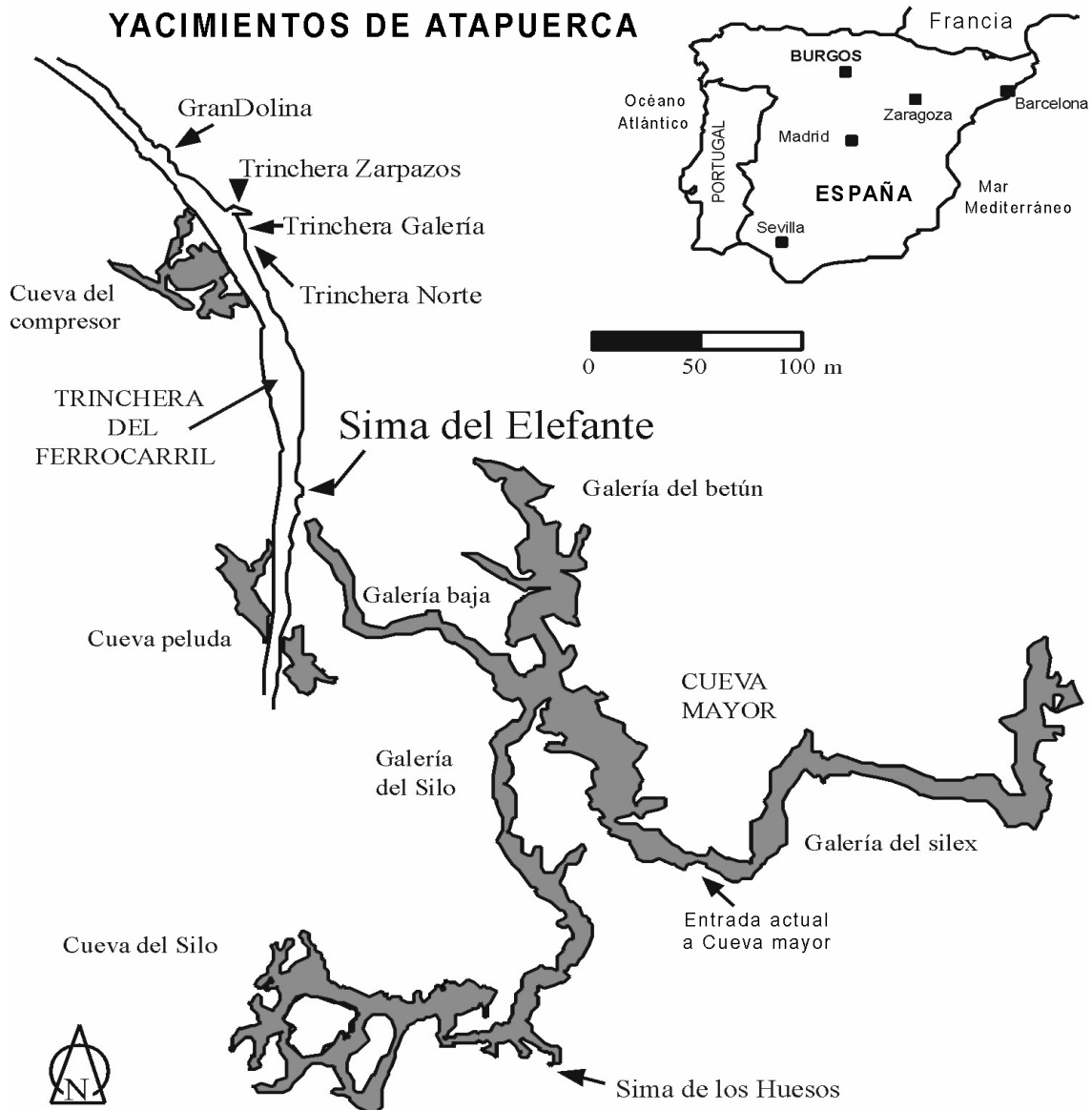


Figura 2. Situación geográfica de la Sierra de Atapuerca en Burgos, España (arriba, derecha) y esquema de los principales yacimientos y el sistema de cuevas (izquierda). Los sitios expuestos por la Trincheras del Ferrocarril se muestran en blanco y los subterráneos sombreados. Tomada de Rofes & Cuenca-Bescós (2010).

Sin embargo, estudios moleculares recientes (Stanhope *et al*, 1998; Madsen *et al*, 2001; Douady *et al*, 2002, 2004; Douady & Douzery, 2003; Nikaido *et al*, 2003) han demostrado que *Lipotyphla* es difilético y está compuesto en realidad por dos grupos filogenéticamente muy alejados: los Afrosoricida (tenrécidos y crisolóridos) y los Eulipotyphla (erinaceidos, sorícidos, tálpidos y solenodóntidos). No obstante, autores como Asher (1999) y Whidden (2002) aún defienden el concepto de *Lipotyphla* apoyándose en criterios morfológicos. En concreto, el último de ellos se basa en un estudio de la musculatura externa del hocico.

La reciente y muy completa revisión de Symonds (2005) deja muy claro que la controversia en torno a la filogenia de los "insectívoros" dista mucho de estar zanjada. Pensamos, no obstante, que las conclusiones aportadas por la

biología molecular terminarán por prevalecer. En este sentido, los Eulipotyphla, término introducido por Waddell *et al*, (1999), pertenecerían al superorden Laurasiatheria, en oposición a los Afrosoricida, que pertenecen al superorden Afrotheria; la divergencia entre ambos se habría iniciado durante el Cretácico tardío (Douady & Douzery, 2003; Macdonald, 2006).

Los insectívoros del Pleistoceno inferior de Atapuerca pertenecen todos, como cabe esperar, al orden Eulipotyphla y están representados por un mínimo de trece especies agrupadas en tres familias, del siguiente modo: **(a)** Erinaceidae: *Erinaceus europaeus*, *Erinaceus cf. praeglacialis*, *Erinaceus sp.*; **(b)** Talpidae: *Talpa europaea*, *Talpa cf. europaea*, *Talpa sp.*, *Galemys cf. kormosi*, *Galemys sp.*; **(c)** Soricidae: *Beremendia fissidens*, *Dolinasorex glyphodon*, *Asoriculus gibberodon*, *Neomys sp.*, *Sorex minutus*, *Sorex cf. minutus*, *Sorex cf. araneus*, *Sorex spp.*, *Crocidura kornfeldi*, *Crocidura sp.* (Cuenca-Bescós & García, 2007; Rofes & Cuenca-Bescós, 2006, 2009a, b, 2010; Cuenca-Bescós *et al*, 2009).

Un Nuevo Género

Hasta ahora, todos los sorícidos fósiles de tamaño medio a grande recuperados en los yacimientos de la sierra de Atapuerca se habían atribuido a *Beremendia fissidens*, especie Plio-Pleistocena de distribución mayormente europea. Sin embargo, hemos descubierto que los especímenes recuperados en los niveles TD4-6 de la Gran Dolina (ca. 780-900 ka), pertenecen en realidad a un nuevo género y especie de musaraña de dientes rojos (Soricinae), más estrechamente vinculado a formas asiáticas que a *B. fissidens* (Rofes, 2009; Rofes & Cuenca-Bescós, 2009b). Una serie de análisis morfométricos y filogenéticos avalan dicha reasignación. La minuciosa descripción del nuevo taxón, presentada en los dos trabajos anteriores, hace hincapié en los caracteres diagnósticos que lo distinguen de otros grupos de soricinos de gran tamaño, como *Beremendia*, *Lunanosorex*, *Blarinoides* o *Shikamainosorex*.

El nombre elegido para el nuevo grupo es *Dolinasorex glyphodon* Rofes & Cuenca-Bescós, 2009 (figura 3). Hasta que futuros descubrimientos demuestren lo contrario, podemos considerar a *D. glyphodon* como un endemismo, además de ser el primer género de sorícido descrito en la península Ibérica hasta la fecha. Entre las principales implicaciones paleoecológicas y paleobiogeográficas de la presencia del nuevo grupo en el entorno de Atapuerca y en la península Ibérica en general, están la inferencia de un clima templado, húmedo y relativamente estable para los niveles que habitó, y el posible origen y dispersión de *D. glyphodon* desde el continente asiático.

Reconstrucciones Paeoambientales

Los insectívoros fósiles, al igual que otras especies de micro y macro-mamíferos, resultan útiles para hacer inferencias paleoclimáticas y paleoecológicas sobre una zona determinada, debido a su carácter sedentario y a su gran sensibilidad a los cambios medioambientales. El principal criterio

para establecer la ecología y el hábitat de las especies que subsisten hasta el presente es el “actualismo”, mediante el cual se extrapolan los requerimientos ecológicos y hábitos de los animales modernos a sus respectivos representantes fósiles. En el caso de las especies extintas se suele recurrir a la información que nos proporciona su distribución paleogeográfica, las diversas adaptaciones morfológicas y las relaciones filogenéticas de los grupos en cuestión. A continuación se aplica el principio de evolución de las asociaciones de fauna en las distintas secuencias estratigráficas para deducir la evolución del ambiente durante el espacio temporal que abarquen las mismas.

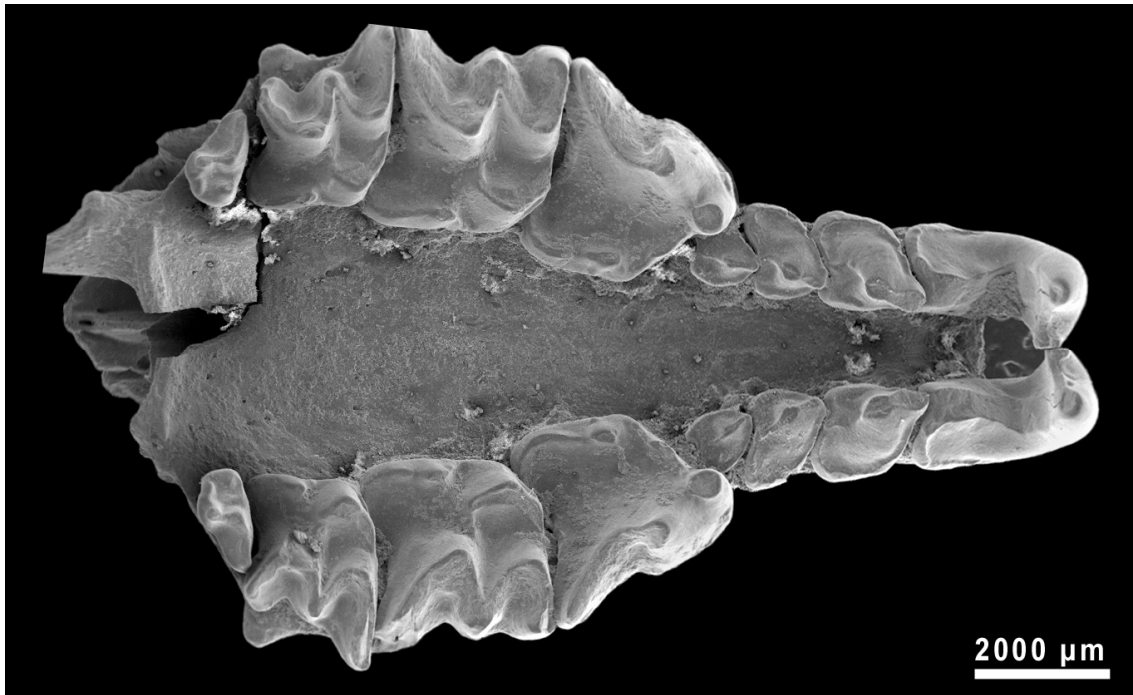


Figura 3. *Dolinasorex glyphodon*, MPZ 2007/700. Cráneo incompleto en vista ventral. Tomada de Rofes & Cuenca-Bescós (2009b).

La alternancia del dominio de unas especies sobre otras es un buen indicador de cambio ambiental. Un caso muy claro en este sentido es el de las musarañas (Soricidae), que se dividen en musarañas de dientes rojos (Soricinae) y musarañas de dientes blancos (Crociturinae). En general, los soricinos están mejor adaptados a climas fríos y húmedos que los crociturinos, que prefieren temperaturas más altas y toleran ambientes más áridos que los primeros (Reumer, 1984; Rzebik-Kowalska, 1995).

En lo que respecta a los insectívoros que habitaron la sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno, los erizos (Erinaceidae) y los topos (Talpinae) prefieren ambientes húmedos y con buena cobertura vegetal, sotobosques y/o vegetación arbustiva desarrollada. Los desmanes (Desmaninae) y algunos géneros de musarañas (*Asoriculus*, *Neomys*) tienen hábitos acuáticos y su abundancia relativa indica la presencia de cursos de agua permanentes (Rofes & Cuenca-Bescós, 2006). La mayor o menor representación del género *Sorex* (Soricino) frente a *Crociturina* (Crociturino) es un buen indicador de alternancia entre climas fríos y cálidos (Rofes & Cuenca-

Bescós, 2010). La presencia de grandes musarañas de dientes rojos como *Beremendia fissidens* y *Dolinasorex glyphodon* (Rofes, 2009; Rofes & Cuenca-Bescós, 2009a, b), de hábitos muy probablemente generalistas y dieta cuasi-omnívora (Cuenca-Bescós & Rofes, 2007), indica la presencia de ambientes húmedos y suelos con un substrato orgánico considerable, suficiente para cubrir los altos requerimientos metabólicos de estos enormes sorícidos.

En una reconstrucción del Pleistoceno inferior de la Sima del Elefante (Cuenca-Bescós & Rofes, 2004; Cuenca-Bescós *et al*, 2004) (figura 4), se propuso que la distribución estratigráfica de los insectívoros en la Unidad Roja Inferior de dicho yacimiento documentaba un período húmedo y templado con tres fases sucesivas, cálida-fría-cálida (c-f-c o A-B-C), tentativamente correlacionado con el Waaliense (1.25-1.5 Ma) del norte de Europa. Este episodio cálido del Pleistoceno Temprano, a diferencia de otros períodos (i.e., Eburoniense, Baveliense), presenta las mismas fases (c-f-c) y características específicas (Zagwijn, 1998).

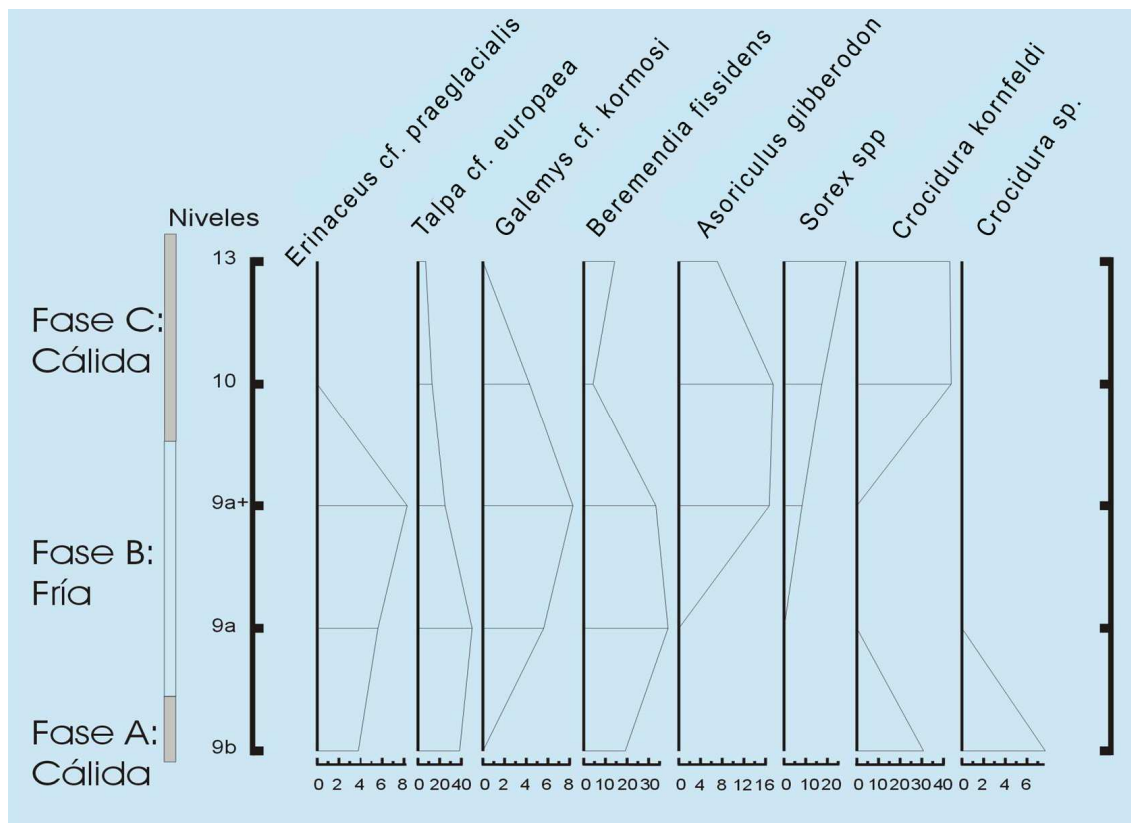


Figura 4. Distribución estratigráfica de las asociaciones de insectívoros de la Unidad Roja Inferior de Sima del Elefante (Pleistoceno Inferior, Atapuerca, Burgos, España) representadas por el NMI (número mínimo de individuos). A la izquierda aparece la interpretación de las asociaciones en términos climáticos (Fases A, B, C) y los niveles estratigráficos estudiados (TE9b-TE13). El NMI se expresa en porcentajes. Tomada de Cuenca-Bescós & Rofes (2004).

También se han realizado reconstrucciones paleoambientales del Pleistoceno inferior y medio de la Gran Dolina, que incluyen a los insectívoros dentro del conjunto total de los micromamíferos (López-Antoñanzas & Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al*, 2005). En cualquier caso, para obtener

una reconstrucción más exacta y global del paleoambiente es necesario el aporte de otras disciplinas como la tafonomía, la palinología, la estratigrafía y la geomorfología.

Paleobiogeografía

En este apartado nos referiremos a un caso especialmente ilustrativo, el del género *Asoriculus*. Tomando como base la distribución geográfica y la variación morfométrica de *Asoriculus* en el continente europeo, hemos podido reconstruir la biogeografía de este grupo, desde su aparición al final del Mioceno hasta su extinción, ocurrida un poco antes del inicio del Pleistoceno Medio (Rofes & Cuenca-Bescós, 2006; Rofes, 2009).

Asoriculus sería un grupo de origen mediterráneo, con una distribución inicial sur-europea durante la última parte del Mioceno. Después de una notable expansión continental hacia el norte durante el Plioceno, se produce un retroceso temporal hacia el sur en el límite Plio-Pleistoceno, quizá relacionado con un período de deterioro climático (fase Eburoniense). Durante el segundo tercio del Pleistoceno temprano, el clima volvió a ser cálido y más húmedo, condiciones óptimas para que el género recupara su antiguo territorio sur-europeo y se diversificara (i.e., aparición de las especies *A. thenni* y *A. burgioi* a partir de *A. gibberodon*).

Las condiciones climáticas al final del Pleistoceno temprano fueron frías y secas otra vez, reduciendo la disponibilidad de los hábitats requeridos por *Asoriculus* y conduciendo al género a su eventual extinción, después de más de cinco millones de años de historia. Parece que existieron dos bio-provincias (este y oeste) durante el Plioceno, siendo los Alpes la barrera geográfica más probable que marcaría la división entre ambas. La aparición de nuevas especies, como *A. thenni* y *A. burgioi*, es un fenómeno netamente mediterráneo. Estas nuevas formas, de mayor tamaño que *A. gibberodon*, probablemente se desarrollaron a partir de los especímenes más grandes de esta última, en áreas donde estuvieron geográfica y genéticamente asiladas (i.e. Croacia, Sicilia), siguiendo un modelo de evolución alopátrica.

Musarañas Venenosas

Un hallazgo inesperado y sorprendente, fruto del análisis minucioso de los insectívoros fósiles de Atapuerca, ha sido la identificación del primer aparato inyector de saliva venenosa (AISV) en musarañas, documentado en especímenes de *Beremendia fissidens* y *Dolinasorex glyphodon*, procedentes del Pleistoceno Inferior de Sima del Elefante y Gran Dolina, respectivamente (Cuenca-Bescós & Rofes, 2007; Rofes & Cuenca-Bescós, 2007; Rofes, 2009). Estas dos especies desarrollaron dientes especializados como AISV, que difieren de aquellos reportados recientemente en mamíferos del Paleoceno (Fox & Scott, 2005), siendo más parecidos a los descritos en especímenes del moderno género *Solenodon* (Dufton, 1992, Rofes & Cuenca-Bescós, 2007).

Las musarañas de Atapuerca poseían un AISV altamente especializado, uno de los pocos reportados para mamífero extinto o viviente alguno (figura 5).

Los incisivos inferiores de estas especies, extraordinariamente alargados, curvados hacia arriba y puntiagudos en comparación con otros sorícidos, presentan un canal medial angosto, cubierto de esmalte y con forma de “C” en sección transversal. Dicho canal serviría para conducir la saliva venenosa generada en algún tipo de glándula submandibular a lo largo de la corona hasta la punta del diente. Adicionalmente, las robustas mandíbulas presentan una sínfisis modificada con una fosa profunda, que estaría llena de tejido conectivo en vida de los animales. Una sínfisis más fuerte e inamovible aumentaría la fuerza de mordedura ejercida sobre las posibles presas.

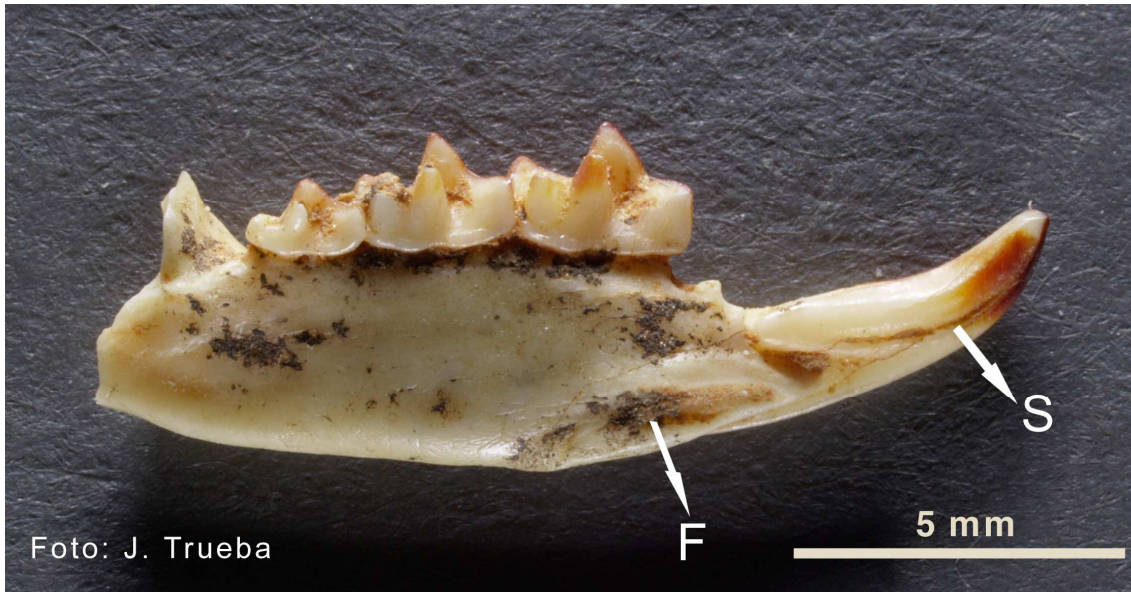


Figura 5. *Dolinasorex glyphodon*, MPZ 2005/590. Mandíbula izquierda incompleta en vista medial mostrando el AISV. **S:** surco, **F:** fosa. Tomada de Rofes & Cuenca-Bescós (2007).

Proponemos que el gran tamaño alcanzado por las musarañas con AISV de Atapuerca (40-45 g en *B. fissidens* y 55-60 g en *D. glyphodon*), podría haber sido una adaptación para la cacería de presas cada vez más grandes, cuya inmovilización habría requerido el desarrollo de un aparato inyector más complejo. La saliva de *Blarina brevicauda* (una especie relativamente grande de musaraña moderna) por ejemplo, es tóxica y permite al animal cazar presas más grandes de lo normal (i.e. pequeños vertebrados), a las cuales inmoviliza y deja en estado comatoso, lo que le permite a su vez almacenar comida durante períodos de escasez (Merritt, 1986; Dannelid, 1998).

Asumimos un comportamiento similar para las musarañas de Atapuerca. Estas dos especies, con una masa corporal tres o cuatro veces superior a la del actual musgaño acuático (*Neomys fodiens*), podrían haberse arriesgado con presas más grandes y peligrosas, con la ayuda del potente veneno salivar que su complejo AISV transmitiría de forma rápida y eficiente.

Agradecimientos

Ante todo, quiero expresar mi profundo agradecimiento a la doctora Gloria Cuenca Bescós, directora de mi tesis doctoral. Sin su apoyo y asesoría constante durante los últimos siete años, nada hubiera sido posible. Agradezco también a la Cátedra Atapuerca (Fundación Atapuerca y Fundación Duques de Soria) por la concesión de una ayuda predoctoral de investigación. El equipo de Atapuerca ha ayudado en la recuperación, lavado y tamizado del material en cada campaña de campo desde 1991. La clasificación y preparación del material ha sido subvencionada por la Junta de Castilla y León, los proyectos del MEC: BOS 2003-08938-C03-09 y DGI CGL2006-13532-C03-02, el INAEM, la Fundación Atapuerca, la Fundación Duques de Soria, los Grupos Consolidados 2007-2008 del Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza.

Referencias Bibliográficas

- Arsuaga JL, Martínez I, Gracia A, Carretero JM, Lorenzo C, García N, Ortega AI. 1997. Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). The site. *Journal of Human Evolution* 33: 109-127.
- Asher RJ. 1999. A morphological basis for assessing the phylogeny of the 'Tenrecoidea' (Mammalia, Lipotyphla). *Cladistics* 15: 231-252.
- Bowdich TE. 1821. *An Analysis of the Natural Classification of Mammalia*. Paris: J. Smith.
- Carbonell E, Bermúdez de Castro JM, Arsuaga JL, Díez JC, Rosas A, Cuenca-Bescós G, Sala R, Mosquera M, Rodríguez XP. 1995. Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science* 269: 826-830.
- Carbonell E, Bermúdez de Castro JM, Parés JM, Pérez-González A, Cuenca-Bescós G, Ollé A, Mosquera M, Huguet R, Van der Made J, Rosas A, Sala R, Vallverdú J, García N, Granger DE, Martínón-Torres M, Rodríguez XP, Stock GM, Vergès JM, Allué E, Burjachs F, Cáceres I, Canals A, Benito A, Díez C, Lozano M, Mateos A, Navazo M, Rodríguez J, Rosell J, Arsuaga JL. 2008. The first hominin of Europe. *Nature* 452: 465-470.
- Cuenca-Bescós G, Laplana C, Canudo JI. 1999. Biochronological implications of the Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) from the Lower Pleistocene hominid-bearing level of Trinchera Dolina 6 (TD6, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 37: 353-373.
- Cuenca-Bescós G, Canudo JI, Laplana C. 2001. La séquence des rongeurs (Mammalia) des sites du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie* 105: 115-130.
- Cuenca-Bescós G, Rofes J. 2004. Insectívoros (Mammalia), clima y paisaje de los niveles inferiores de Trinchera Elefante (Pleistoceno Inferior, Atapuerca). En: Baquedano E, Rubio-Jara S, eds. *Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre*. Vol. II. Alcalá de Henares: Museo Arqueológico Regional, 150-156.
- Cuenca-Bescós G, Rofes J, García-Pimienta JC. 2004. Paleoclima y paisaje en el Pleistoceno Inferior de Atapuerca: los Insectívoros (Mammalia) de los niveles inferiores de Trinchera Elefante (Burgos, España). *Geomtemas* 6: 85-88.
- Cuenca-Bescós G, Rofes J, García-Pimienta JC. 2005. Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. En: Head MJ, Gibbard PL, eds. *Early-middle Pleistocene transitions: the land-ocean evidence*. Geological Society, London, Special Publications 247, 277-286.

- Cuenca-Bescós G, Rofes J. 2007. First evidence of poisonous shrews with an envenomation apparatus. *Naturwissenschaften* 94: 113-116.
- Cuenca-Bescós G, García N. 2007. Biostratigraphic succession of the Early and Middle Pleistocene mammal faunas of the Atapuerca cave sites (Burgos, Spain). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 259: 99-110.
- Cuenca-Bescós G, Rofes J, López-García JM, Blain H-A, De Marfá RJ, Galindo-Pellicena MA, Bennásar-Serra ML, Melero-Rubio M, Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E. 2009. Biochronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas. *Quaternary International* 212(2):109-119.
- Cuvier GLCFD. 1817. *Le Règne animal distribué d'après son Organisation. Tome I, contenant l'introduction, les mammifères et les oiseaux*. Paris: Deterville.
- Dannelid E. 1998. Dental adaptations in shrews. En: Wójcik JM, Wolsan M, eds. *Evolution of Shrews*. Białowieża: Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, 157-174.
- Douady CJ, Chatelier PI, Madsen O, De Jong WW, Catzelis F, Springer MS, Stanhope MJ. 2002. Molecular phylogenetic evidence confirming the Eulipotyphia concept and in support of hedgehogs as the sister group to shrews. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 25: 200-209
- Douady CJ, Douzery EJP. 2003. Molecular estimation of eulipotyphlan divergence times and the evolution of 'Insectivora'. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28: 285-296.
- Douady CJ, Scally M, Springer MS, Stanhope MJ. 2004. 'Lipotyphlan' phylogeny based on the growth hormone receptor gene: a reanalysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30: 778-788.
- Dufton MJ. 1992. Venomous mammals. *Pharmacology and Therapeutics* 53: 199-215.
- Eisenberg JF. 1980. Biological strategies of living conservative mammals. En: Schmidt-Nielsen K, Bolis L, Taylor CR, eds. *Comparative Physiology: Primitive Mammals*. Cambridge: Cambridge University Press, 13-30.
- Fernández-Jalvo Y, Andrews P. 1992. Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journal of Archaeological Science* 19: 407-428.
- Fox RC, Scott CS. 2005. First evidence of a venom delivery apparatus in extinct mammals. *Nature* 435: 1091-1093.
- Haeckel E. 1866. Systematische Einleitung in die allgemeine Entwicklungsgeschichte. En: *Generelle Morphologie der Organismen Bd. 2*. Berlin: Georg Reimer, 17-160.
- Hutterer R. 2005. Order Soricomorpha. En: Wilson E, Reeder DAM, eds. *Mammals species of the world, a taxonomical and geographical reference*. 3rd edn. Baltimore: John Hopkins University Press, 220-311.
- Laplana C., Cuenca-Bescós G. 2000. Una nueva especie de *Microtus* (*Allophaiomys*) (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). *Revista Española de Paleontología* 15: 77-87.
- López-Antoñanzas R, Cuenca-Bescós G. 2002. The Gran Dolina Site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology* 186: 311-334.

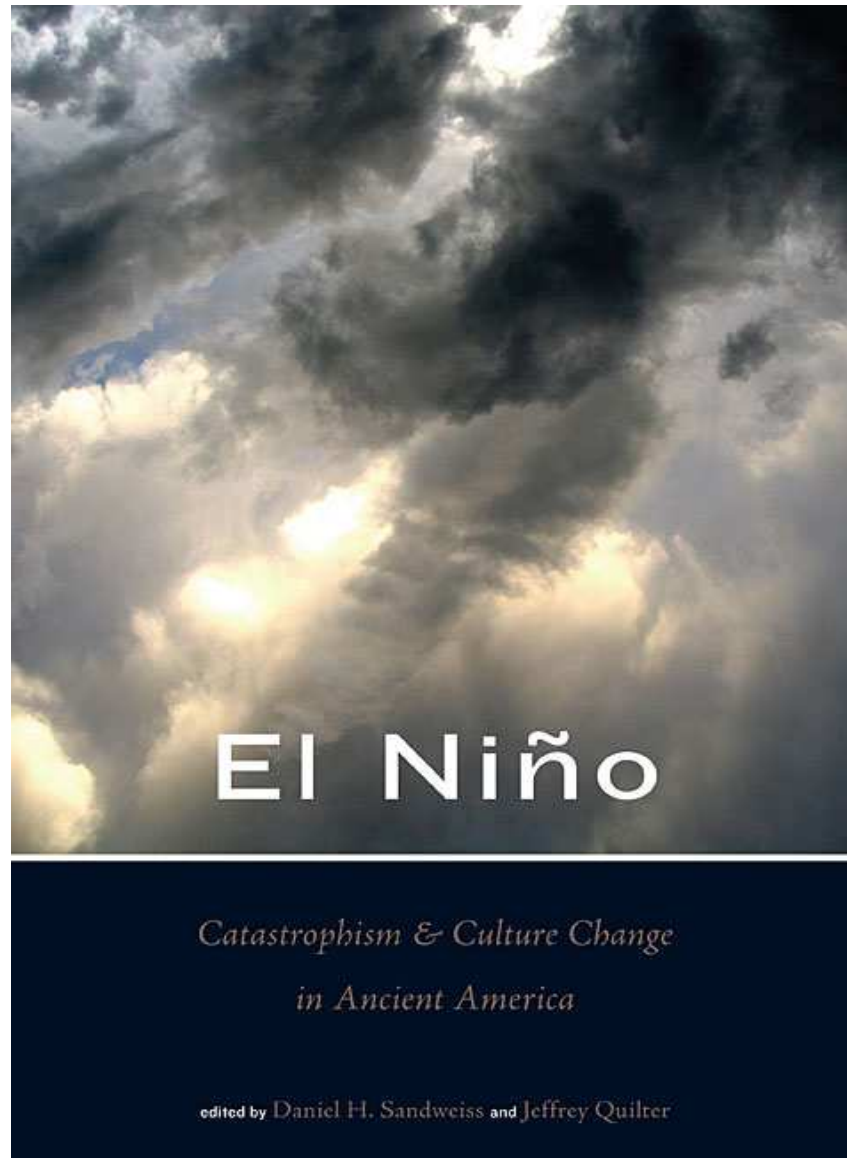
- Macdonald D. 2006. *The new encyclopaedia of mammals*. London: The Brown Reference Group.
- McKenna MC, Bell SK. 1997. *Classification of mammals above the species level*. New York: Columbia University Press.
- Macphee RDE, Novacek MJ. 1993. Definition and relationships of Lipotyphla. En: Szalay F, Novacek MJ, McKenna MC, eds. *Mammal Phylogeny*. Vol. 2: Placentals. New York: Springer, 13–31.
- Madsen O, Scally M, Douady CJ, Kao DJ, Debry RW, Adkins R, Amrine HM, Stanhope MJ, De Jong, WW, Springer MS. 2001. Parallel adaptive radiations in two major clades of placental mammals. *Nature* 409: 610–614.
- Merritt JF. 1986. Winter survival adaptations of the short-tailed shrew (*Blarina brevicauda*) in Appalachian montane forest. *Journal of Mammalogy* 67: 450–464.
- Nikaido M, Cao Y, Harada M, Okada N, Hasegawa M. 2003. Mitochondrial phylogeny of hedgehogs and monophyly of Eulipotyphla. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28: 276–284.
- Reumer JWF. 1984. Ruscinian and early Pleistocene Soricidae (Insectivora, Mammalia) from Tegelen (The Netherlands) and Hungary. *Scripta Geologica* 73: 1-173.
- Rofes J, Cuenca-Bescós G. 2006. First evidence of the Soricidae (Mammalia) *Asoriculus gibberodon* (Petényi, 1864) in the Pleistocene of North Iberia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 112: 301-315.
- Rofes J, Cuenca-Bescós G. 2007. Pequeños pero feroces: Mamíferos venenosos. *Naturaleza Aragonesa* 19: 4-9.
- Rofes J. 2009. *Los sorícidos (Mammalia, Eulipotyphla) del Pleistoceno Inferior de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, Burgos, España*. Tesis doctoral sin publicar, Universidad de Zaragoza.
- Rofes J, Cuenca-Bescós G. 2009a. First record of *Beremendia fissidens* (Mammalia, Soricidae) in the Pleistocene of the Iberian Peninsula, with a review of the biostratigraphy, biogeography and palaeoecology of the species. *Comptes Rendus Palevol* 8: 21-37.
- Rofes J, Cuenca-Bescós G. 2009b. A new genus of red-toothed shrew (Mammalia, Soricidae) from the Early Pleistocene of Gran Dolina (Atapuerca, Burgos, Spain), and a phylogenetic approach to the Eurasiatic Soricinae. *Zoological Journal of the Linnean Society* 155: 904-925.
- Rofes J, Cuenca-Bescós G. 2010. Evolutionary history and biogeography of the genus *Crocidura* (Mammalia, Soricidae) in Europe, with emphasis on *Crocidura kornfeldi*. *Mammalian Biology* DOI: 10.1016/j.mambio.2009.12.001.
- Rzebik-Kowalska B. 1995. Climate and history of European shrews (family Soricidae). *Acta zoologica cracoviensia* 38: 95-107.
- Stanhope MJ, Waddell VG, Madsen O, De Jong WW, Hedges SB, Cleven GC, Kao D, Springer MS. 1998. Molecular evidence for multiple origins of Insectivora and for a new order of endemic African insectivore mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 9967–9972.
- Symonds MRE. 2005. Phylogeny and life histories of the 'Insectivora': controversies and consequences. *Biological Review* 80: 93-128.
- Waddell PJ, Okada N, Hasegawa M. 1999. Towards resolving the interordinal relationships of placental mammals. *Systematic Biology* 48: 1-5.

- Wagner JA. 1855. *Die Säugethiere in Abbildungen nach der Natur*. Leipzig: Weiger.
- Whidden HP. 2002. Extrinsic snout musculature in Afrotheria and Lipotyphla. *Journal of Mammalian Evolution* 9: 161–184.
- Zagwijn WH. 1998. Borders and boundaries: a century of stratigraphical research in the Tegelen-Reuver area of Limburg (The Netherlands). En: Van Kolfschoten T, Gibbard PL, eds. *The Dawn of the Quaternary*. Proceedings of the SEQS, EuroMam Symposium. Medd. Nederl. Inst. Toegepaste Geowetensschppen TNO 60, 9-34.



LIBROS Y REVISTAS PUBLICADOS

A continuación presentamos algunos libros y revistas que son de interés para aquellos investigadores de la Bioarqueología. Los libros son obras muy recomendables para aquellos que tienen interés particular en cada tema.



El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America
Edited by Daniel H. Sandweiss, Jeffrey Quilter

El libro presenta una compilación de diversas investigaciones sobre El Niño y el Paleoclima de los Andes a partir de núcleos de hielo, el impacto de El Niño sobre las sociedades complejas de los andes en el holoceno medio y estudios de su impacto en la prehistoria de la costa norte del Perú y en la época Inca. El libro se puede comprar en www.amazon.com, o las librerías de Harvard University



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 cada 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 los autores para su corrección sin ser evaluada.