

ARCHAEOBIOS



REVISTA DE BIOARQUEOLOGÍA “ARCHAEOBIOS” Nº 17 Vol. 1, Año 2022

DIRECTOR:

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

COMITÉ EDITORIAL:

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

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Víctor F. Vásquez Sánchez (ARQUEOBIOS)

CARÁTULA:

Idea original: Víctor F. Vásquez Sánchez

Diseño electrónico: Mercy Castro Haro (ARQUEOBIOS, Trujillo-Perú)

INFORMACIÓN ADICIONAL:

Revista de Ciencias Aplicadas, Publicación Anual

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

- EBSCO Publishing (USA)
- CITEFACTOR (Directory of International Research Journals)
- CINECA (Comunidad científica italiana de supercomputación y herramientas de visualización científica)
- PROQUEST (Databases, EBooks and Technology for Research)
- LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)
- Google Scholar
- DIALNET (Universidad de La Rioja, España)

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

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

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2007-07279

Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas

“ARQUEOBIOS

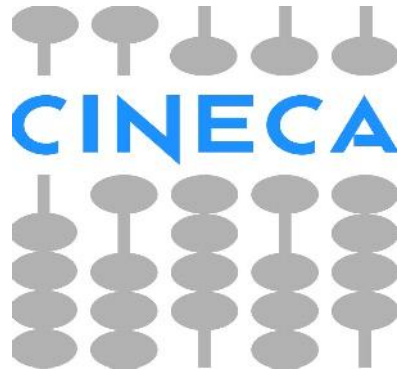
Apartado Postal 595, Trujillo, Perú

Teléfono: +51-44-949838067

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

CARÁTULA: Variedad de frutos de diversas especies de *Capsicum* con semillas capturadas con microscopía electrónica de barrido como una herramienta para su identificación taxonómica

LA REVISTA "ARCHAEOBIOS ESTA INDEXADA EN:



CiteFactor
Academic Scientific Journals



Dialnet



CONTENIDO

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN | |
| Evidences of chili pepper (<i>Capsicum frutescens</i>) seeds in Chimú contexts of the northern coast of Peru <i>Víctor F. Vásquez Sánchez, Teresa E. Rosales Tham y Gabriel Dorado</i> | 4 |
| Evidencias de semillas de ají (<i>Capsicum frutescens</i>) en contextos Chimú de la costa norte del Perú <i>Víctor F. Vásquez Sánchez, Teresa E. Rosales Tham y Gabriel Dorado</i> | 23 |
| Faunal use during the Archaic period based on macro remains from Cruz Verde, North Coast of Peru. <i>Kazuho Shoji</i> | 42 |
| La utilización de la fauna durante el período Arcaico a partir de los macro restos de Cruz Verde, costa norte del Perú. <i>Kazuho Shoji</i> | 64 |
| Captura tradicional del “Life” <i>Trichomycterus</i> spp. en los valles de Jequetepeque y Chicama <i>César Gálvez Mora</i> | 88 |
| ARTÍCULOS DE REVISIÓN | |
| Involvement of nucleic-acid methylation on biology and evolution: from first hominids to modern humans – Review <i>Gabriel Dorado, Fernando Luque, Francisco José Esteban, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández</i> | 104 |
| Implicación de la metilación de ácidos nucleicos en biología y evolución: desde los primeros homínidos hasta los humanos modernos – Revisión <i>Gabriel Dorado, Fernando Luque, Francisco José Esteban, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández</i> | 117 |

FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA

Características de las semillas de *Capsicum pubescens* “rocoto”
mediante imágenes MEB 130
Víctor F. Vásquez Sánchez y Teresa E. Rosales Tham

LIBROS PUBLICADOS Y POLÍTICA EDITORIAL 133

Introducción

El presente número 17, constituye la segunda entrega que se hace este año 2022 de la revista ARCHAEOBIOS. El comité editorial ha considerado a partir de la fecha, publicar los artículos que se remitan en dos idiomas, inglés y español, para así abarcar una mayor cantidad de lectores, especialmente a nivel internacional. El contenido de este número, por lo tanto, tiene tres artículos que están en ambos idiomas, lo cual permitirá un mayor número de lectores y generar una mejor respuesta hacia nuestra revista.

En mi experiencia con los restos arqueobotánicos de “ají”, siempre los informes de los arqueólogos, se referían a las semillas de ají recuperadas, como *Capsicum* spp., obviamente porque se necesitaba de la revisión de especialistas, específicamente de botánicos. Actualmente y a partir de los estudios realizados por Bárbara Pickersgill y Hardy Eshbaugh, con los restos de ají de sitios tempranos en el área andina, se comenzó a conocer cuáles fueron las primeras especies domésticas y cuáles características son diagnósticas para su identificación taxonómica. En nuestro medio, solo se conocía a estas semillas como *Capsicum* spp. por la carencia de especialistas y escasa importancia que los arqueólogos locales le otorgaban a este tema.

Con las excavaciones en Huaca Prieta a partir de 2007 por Tom Dillehay y Duccio Bonavía, y los estudios realizados con las semillas recuperadas en este sitio precerámico, por dos especialistas norteamericanas, Katherine Chiou y Christine A. Hastorf del Departamento de Antropología de la Universidad de California, Berkeley, California, Estados Unidos, se iniciaron un estudio sistemático de las semillas recuperadas en las cuatro fases de Huaca Prieta. Se identificaron cuatro especies cultivadas (*Capsicum baccatum*, *Capsicum pubescens*, *Capsicum chinense* y *Capsicum frutescens*), resultados importantes porque permite conocer la historia evolutiva de este cultivo desde hace 7572 años antes del presente.

Siguiendo con esta tendencia de estudios en semillas y otros restos de ají de origen arqueológico, se presenta los resultados de un estudio realizado de semillas de contextos Chimú de tres sitios de la costa norte, Túcume (valle La Leche), El Brujo (valle Chicama) y Cerro La Virgen (Casma), utilizando biometría y microscopía electrónica de barrido (MEB). También se utilizaron una base de imágenes MEB de semillas de cinco especies cultivadas modernas de ají, para ser contrastadas con el material arqueológico, además los datos biométricos disponibles para algunas especies y sitios arqueológicos.

El escaneo con el MEB de la topografía superficial de las semillas arqueológicas ha permitido reconocer bien la identidad de las semillas, al ser contrastadas las reticulaciones del material arqueológico con aquellas modernas. Según este indicador, las semillas fueron identificadas como *Capsicum frutescens* conocido comúnmente como “ají limo” para las muestras de los tres sitios arqueológicos. Esta especie tiene una presencia antigua en los contextos arqueológicos de la costa peruana, habiéndose identificado en la fase 2 y fase 4 de Huaca Prieta, con la misma antigüedad de las semillas de *Capsicum pubescens* “rocoto” reportadas en las mismas fases.

Las características genéticas de *C. frutescens* están ligadas muy cerca con el otro ají que vive en la misma ecología, como es *Capsicum chinense* “miscucho” (hay simpatria) y que producen híbridos, pero con escasas semillas y viabilidad, por lo tanto, es casi imposible encontrar individuos híbridos dentro del material arqueológico, aunque algunas semillas muestran algunos rasgos en común, como la prominencia o no del pico (radícula), el cual podría ser una característica ambigua para identificar material arqueológico, siendo el patrón de reticulaciones, hasta el presente, el mejor indicador para su identificación.

El siguiente artículo es la contribución del Dr. Kazuho Shoji (Universidad de Yamagata, Japón), sobre el uso de la fauna durante el período arcaico del sitio Cruz Verde en el valle de Chicama. Según la información ecológica obtenida de las especies de peces identificados, se concluye que en la fase CV-Ib se inició la explotación intensiva de los recursos en las aguas salobres del estuario, donde hay una fuerte evidencia de tiburones de la familia *Carcharhinidae*, que tiene especies que remontan del mar a estos ambientes por sus características fisiológicas y reproductivas, y donde habría sido posible tener mejores posibilidades para su captura. La topografía del valle de Chicama, permite la formación de estos estuarios y la conformación de una vegetación hidrofítica que permite el hábitat de diversos tipos de fauna, y también un espacio para pequeños huertos. La polémica sobre la captura de tiburones en la costa norte, ha tenido una mala interpretación de sus técnicas de captura, por desconocimiento de la ecología, fisiología y características dinámicas de los escualos, creándose propuestas ficticias y alejadas de la realidad. Para este caso el artículo de Shoji, es cauteloso y se inclina por la propuesta de pesca de los escualos en los estuarios.

Mediante información etnográfica rescatada en dos valles de la costa norte, César Gálvez Mora, presenta datos obtenidos de sitios donde habita un pez dulceacuícola conocido comúnmente como “life” *Trychomycterus* spp. que tiene importancia económica en estos dos valles y es muy apreciado en la culinaria de los pobladores locales. El artículo contiene testimonios de las formas de pesca, sus aparejos y la forma como estos son utilizados para su captura. Este artículo contribuye con información valiosa para el conocimiento ancestral de un pez que también ha sido reproducido en la iconografía de los pobladores prehispánicos de estos valles, lo que indica el valor histórico de este pez.

En la sección de los artículos de revisión, tenemos una importante contribución del Dr. Gabriel Dorado y su equipo de investigación. Los notables avances de la biología molecular, ha permitido conocer que las metilaciones de ADN y ARN, permiten modular el desarrollo de los órganos desde los primeros homínidos hasta los modernos humanos, donde está incluido el cerebro. Los cambios epigenéticos permiten el aprendizaje, codificación de recuerdos, que habrían surgido antes de la aparición de los primeros homínidos, y que posteriormente otros eventos nos habrían forjado como humanos. El contenido del artículo destaca el rol de nuevas tecnologías como el CRISPR, con un potencial para hacer modificaciones que sirvan para prevenir y curar tales enfermedades. Este proceso de metilación de ácidos nucleicos, es importante

en bioarqueología, porque permitirá hacer análisis de ADN y ARN antiguo, con lo cual se conocerá en el futuro paleofisiologías desconocidas.

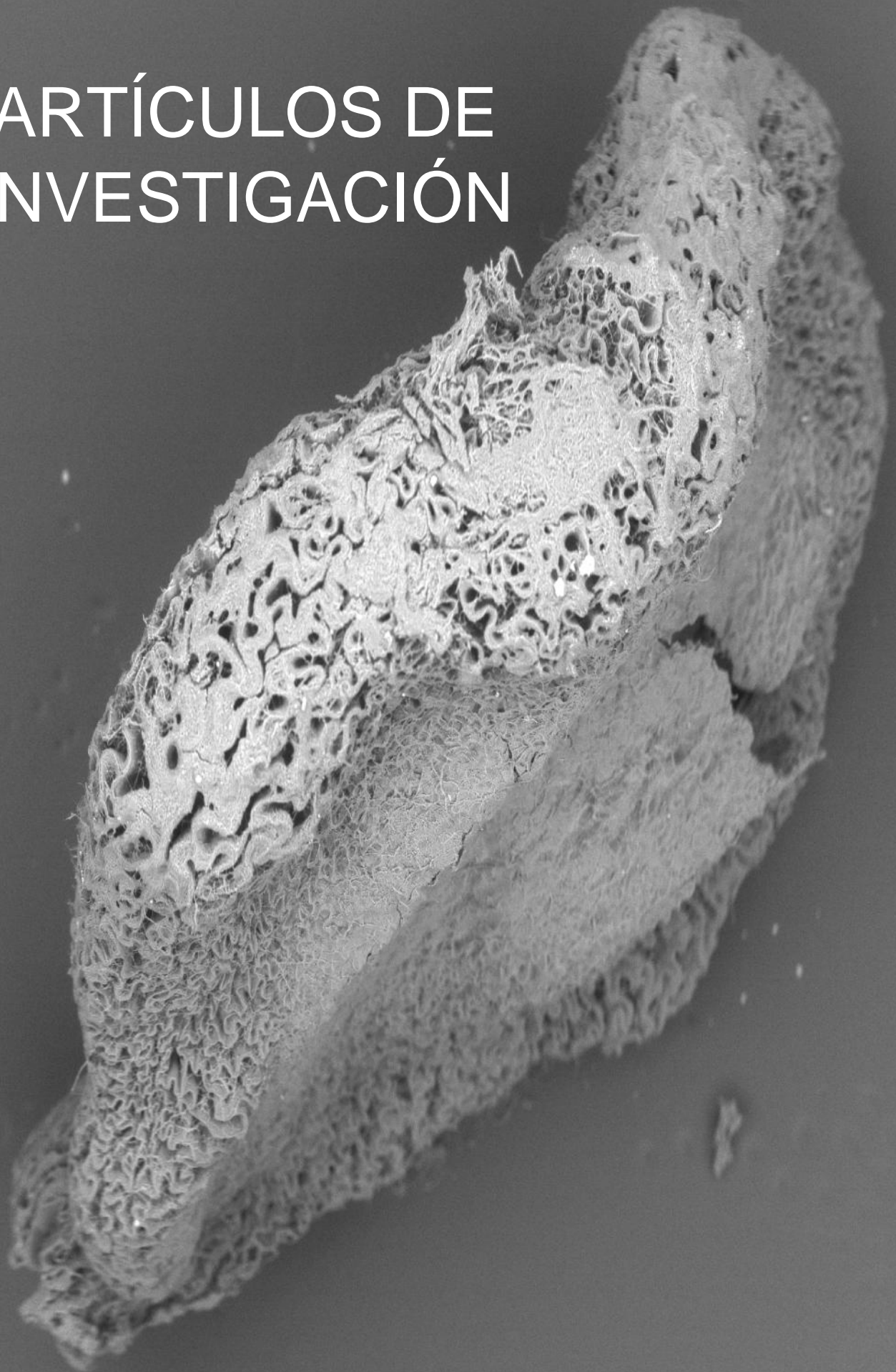
Finalmente presentamos en la sección Fotogalería en Bioarqueología, imágenes de semillas de *Capsicum pubescens* “rocoto”, mostrando una de las características más diagnósticas para su identificación taxonómica, que curiosamente ha sido identificada en los niveles más tempranos de Huaca Prieta, hace 7000 años. La MEB ha demostrado una vez más ser una herramienta muy poderosa para solucionar problemas importantes de la arqueobotánica, como la evolución y domesticación de cultivos. La preparación de material moderno con MEB es también importante para contrastar las evidencias arqueológicas, por lo tanto, se erige como la herramienta esencial en arqueobotánica.

Por lo tanto, para resolver problemas bioarqueológicos, zooarqueológicos y arqueobotánicos, los especialistas están en la obligación actualmente del uso de herramientas de alta resolución, siempre con el respaldo de bases de datos e imágenes modernas. La obtención de buenos resultados debe ir condicionada con una buena interpretación y no alterar estas con publicaciones exorbitantes que se nutren de la espectacularidad y la ficción, porque se altera la historia, la cual tenemos la obligación de reconstruirla honestamente y hasta el límite de nuestras posibilidades.

La Dirección



ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN



Evidences of chili pepper (*Capsicum frutescens*) seeds in Chimú contexts of the northern coast of Peru

Víctor F. Vásquez¹, Teresa E. Rosales², Gabriel Dorado³

¹Biólogo, director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: vivasa2401@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-9237>; ² Arqueólogo, Co-Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: teresa1905@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2555-6032>; ³ Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain).

Abstract

The biometric and scanning electron microscopy (SEM) study of eight seeds from the Túcume site, six seeds from the El Brujo site and one seed from Cerro La Virgen, corresponding to *Capsicum*, whose results at the level of topography and patterns of reticulations were carried out from the surface of the testa, determined the identification that these seeds correspond to *Capsicum frutescens*, finding that the reticulation patterns at the MEB level are determinant to be able to identify the seeds at the species level and correlate with biometric data and seed shapes taking into account information from the sympatric species *Capsicum chinense*, with which it shares close genetic affinities.

Keywords: seed, SEM, *Capsicum frutescens*, Chimú.

Resumen

Se realizó el estudio biométrico y de microscopía electrónica de barrido (MEB) de ocho semillas del sitio Túcume, seis semillas del sitio El Brujo y una semilla del Cerro La Virgen, correspondientes a *Capsicum*, cuyos resultados a nivel de topografía y patrones de las reticulaciones de la superficie de la testa, determinaron la identificación que estas semillas corresponden a *Capsicum frutescens*, encontrándose que los patrones de reticulaciones a nivel MEB, son determinantes para poder identificar las semillas a nivel de especie y correlacionar con datos biométricos y formas de las semillas, teniendo en cuenta la información de la especie simpátrica *Capsicum chinense*, con la cual comparte afinidades genéticas cercanas.

Palabras clave: Semilla, MEB, *Capsicum frutescens*, Chimú.

Introduction

The genus *Capsicum* has been endemic to America since pre-Hispanic times, spreading in the Old World, transforming the diet of the inhabitants until present. The archaeological record indicates that chili peppers have a long history in various parts of Hispanic America. It has been suggested that domestication occurred with bell pepper (*C. annuum*) and may predate the beginnings of agriculture in America (Pickersgill, 1969). Indeed, there is evidence of a starch morphotype specific to this genus. That indicates that domestication of such species dates back at least 6,000 years BP in several locations in the Western Hemisphere (Perry et al, 2007).

Historically, in addition to the morphological characteristics of its flowers, fruits, and seeds, the distinguishing characteristic of the genus *Capsicum* has been the presence of capsaicin, an oleoresin that is the active component of the genus. However, two wild species (*C. lanceolatum* and *C. rhomboideum*) lack this oleoresin (Moscone et al, 2007). Both wild species live in Mexico and Central America. The latter is also found in Peru.

Botanical and molecular studies showed confusion in the taxonomic identification of *Capsicum* species. Pickersgill (1969) and Eshbaugh (1983) showed that the domestication of chili peppers from wild species was the result of selection according to size, shape, and color of the fruit. That reduced a long list of species under discussion to four domesticated ones such as bell pepper, habanero-type pepper (*C. chinense*), bird pepper (*C. frutescens*) and domesticated pepper (*C. baccatum* var. *pendulum*). A fifth domesticated species (the Andean chili-bell pepper) named tree pepper (*C. pubescens*) was added, showing a distinctive morphology.

It has been suggested that *C. annuum*, *C. frutescens* and *C. chinense* form a closely related group of domesticated species that evolved in the tropical lowlands of Hispanic América, including the Caribbean, dominating territory in Mexico, the Caribbean and the Amazon region, respectively (Eshbaugh et al, 1983). But other authors have questioned their taxonomic status (Pickersgill, 1988). Some taxonomists continue to treat these three domesticated taxa as distinct species. The corresponding wild (ancestral) forms are interspersed to such an extent that they are often given distinct taxonomic names, which is endorsed by Eshbaugh (1993). We will discuss this questioning below, with the new molecular data obtained from these species.

Considering this evolutionary and taxonomic background, archaeobotanical research is needed to resolve the identity of the chili-bell pepper remains in the contexts of the northern coast of Peru. The main objective of this work is to identify their seeds from Chimú archaeological contexts (Fig. 1). They are the most common remains of chili peppers recovered from the excavations of these sites, which are mostly identified as *Capsicum* spp.



Figure N° 1. Geographical location of the three sampled sites on the northern coast of Perú.

Background

The first systematic studies of *Capsicum* remain on the northern coast of Peru were carried out by Pickersgill (1969) (Table 1). Chili-bell pepper remains at Huaca Prieta were present from the earliest, being considered as probably cultivated (Towle, 1961). Pickersgill's analyses indicated the presence of red and orange fruits in the earliest levels of the site (H.P.3 QI). Such variability in fruit color suggests selection under cultivation because orange fruits are not reported among wild *Capsicum* species. One of the fruits at this early level still had the calyx present, implying that the non-deciduous characteristic prevents the fruits from detaching rapidly and, therefore, there is a reduction in seed dispersal. Therefore, this botanical characteristic was already established at that time and is characteristic of cultivated peppers.

Table 1.- *Capsicum* seed samples from three archaeological sites

| N° Muestra | Sitio | Contexto | Cantidad |
|------------|--|--|----------|
| 1 (5) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1 | 1 |
| 2 (6) | Túcume: Huaca 1 Temporada 2011 | Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 17 Capa 1 | 2 |
| 3 (7) | Túcume: Plaza Central Temporada 2011 | Unidad XXXZ Cuadrícula 3 Capa 4 | 3 |
| 4 (8) | Cerro La Virgen Casma Temporada 1993 | Corte 1 Capa A Nivel 1 | 1 |
| 5 (9) | Túcume: Sector I Temporada 2011 | Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 9 Capa 5 | 3 |
| 6 (10) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1 | 3 |
| 7 (11) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Corte 1 | 2 |
| 8 (12) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector NE Corte 2 (Bolsa 46) | 1 |

At the next level (H.P.3 PI), there were several loose seeds along with some intact dehydrated fruits. The mean seed width was 2.93 mm (range from 2.6 to 3.1 mm). These values are within the range of cultivated plants, but not wild ones. Comparative data from Eshbaugh (1964) indicated that the semidomesticated *C. baccatum* var. *baccatum* had a mean seed width of 2.4 mm, whereas the cultivated Peruvian pepper (*C. baccatum* var. *pendulum*) had a mean of 3.0 mm.

Identifying with certainty all four species of *Capsicum* fruits in archaeological material require a preserved calyx. Yet, that is not common. In *C. chinense* and *C. frutescens*, the calyx is shorter in relation to the length of the fruit. In the case of peppers from Huaca Prieta (level H.P.5 B2), preserved calyces with well-developed teeth have been found. However, the other characters of the calyx of

the fruits of the early levels suggest that they are *C. baccatum* var. *pendulum*. The presence of this variety would indicate the existence of its wild ancestor, (*C. baccatum* var. *baccatum*). It has a rather restricted distribution at present and is confined almost entirely to southern Peru and Bolivia (Pickersgill, 1969).

Archaeological chili-bell pepper-seed samples (no whole or fragmented fruits) were found by Dillehay and Bonavía in Huaca Prieta and Paredones (seasons 2007 to 2010), being systematically studied by Chiou and Hastorf (2012). Such studies showed significant differences in seeds from phases 2 and 4 at the Huaca Prieta and Paredones sites (Chicama valley). That contrasts with the rigid homogeneity found in seeds of phase 5. After rigorous discriminant analyses, including modern seeds, involving measurements of the six strongest quantitative values and attributes, seeds of *C. pubescens* were identified in phase 2. In phase 4, seeds of *C. frutescens*, *C. baccatum* and *C. chinense* were identified. Phase 5 only contained seeds of *C. baccatum* (Chiou and Hastorf, 2012).

Other analyzed archaeological materials of *Capsicum* came from excavations at Punta Grande (1.810 BC) on the Central Coast. That allowed recovery of chili-bell pepper remains. They contained calyxes, therefore being from cultivated plants. The average width of 18 seeds from cut 2, level 2 was 3.07 mm. This falls within the range of cultivated peppers, but since preservation is not optimal, it is also possible that they belong to *C. baccatum* var. *pendulum*.

In Los Gavilanes (Huarmey valley), for epochs 2 and 3, chili-bell pepper seeds were identified. Their widths of 3 to 3.5 mm suggest that they could be cultivated forms, and probably correspond to *C. baccatum* (Bonavía, 1982). Other reports for this time (having references to *Capsicum* only), are those indicated for Áspero (Feldman, 1980), Alto Salaverry (Pozorski, 1976), Guitarrero Cave (Lynch, 1978) and in the Asia site, where *C. frutescens* is mentioned, albeit without providing morphological details supporting such identification (Engel, 1964).

In Guitarrero Cave, habanero pepper (*C. cf. chinense*) is mentioned (Pearsall, 1978). However, Pickersgill (1980) when analyzing the remains, indicated that these would be cultivated *C. chinense*, which come from Complex II of the cave, and therefore with an antiquity of 8.500 years BC (Bonavía, 1982). This would imply that *C. chinense*, would be older than *C. baccatum* var. *pendulum*, with the domestication process of the chili-bell pepper in earlier contexts than those found in Huaca Prieta.

For the initial period (2.100-1.400 years BC) of the site El Tanque (Ancón-Chillón), remains assigned to *C. chinense* are mentioned (Cohen, 1978). During the early horizon (1.200 years BC), this second species of chili-bell pepper (*C. chinense*), appears again. Nevertheless, later excavations showed that this species was found in preceramic and Initial period sites.

The center of diversity of *C. chinense* is found in the Amazon basin. From there, passing through the Andes, it may have reached coastal sites. At the time of the Chavín influence extending along the northern coast, the appearance of the *C.*

chinense and *C. frutescens* complex has been reported. Although *C. frutescens* was cited for Huaca Prieta, it seems that its history is parallel to that of *C. chinense*. These species had small seeds and deciduous fruits, and persisted as crops on the coast, without replacing each other, until the present (Pickersgill, 1969).

For the early intermediate period (400 BC - 450 AD), there is a vessel from the Nasca culture with a representation of a string of *C. pubescens* held in the hands of a man. In this same period, at the Estaquería site in the Nasca valley, *C. chinense* fruits are mentioned, but there is no specific data (Ugent and Ochoa, 2006).

In the late intermediate period (900-1.450 AD), there are numerous representations on Chimú ceramics of *C. annuum* fruits, and other fruits identified as *C. frutescens* (Yacovleff and Herrera, 1934). Dehydrated fruits of *C. pubescens* were discovered at the Necropolis of Ancon site (1.300 years AD), which implies that the four species of chili described above were present in the pre-Hispanic Peruvian coast. Thus, scanning-electron microscopy (SEM) of well-preserved seeds was carried out.

Materials and Methods

Samples

Samples of *Capsicum* seeds were chosen from three archaeological sites of the late intermediate period (900-1.450 years AD): Túcume (La Leche valley), El Brujo (Chicama valley) and Cerro La Virgen (Casma valley) (Fig. 1). These seeds were chosen because of their good preservation and association with cultural elements from that period. Samples were carefully treated with surface cleaning, before being submitted to scanning-electron microscopy.

Conditioning and preliminary classification of remains

Collected samples were classified according to sites. The seeds were conditioned and compressed air, was used to remove dust from them (Fig. 2). It is important to clean the surface topography of the seeds because it contains the fingerprint for their taxonomic characterization by microscopic techniques. Once the remains were removed, seeds were subjected to microscopic observation with a stereoscopic microscope at 50X. Seeds were sorted in relation to their shape and texture of the testa (appearance of the seed coat, which allows to differentiate between species). The five species domesticated in pre-Hispanic times showed different shapes (Fig. 2) and patterns of reticulation or smooth surfaces. This preliminary classification represents the preliminary phase for further analyses using scanning-electron microscopy. Seeds were integrated into a SEM database of different domesticated *Capsicum* species.

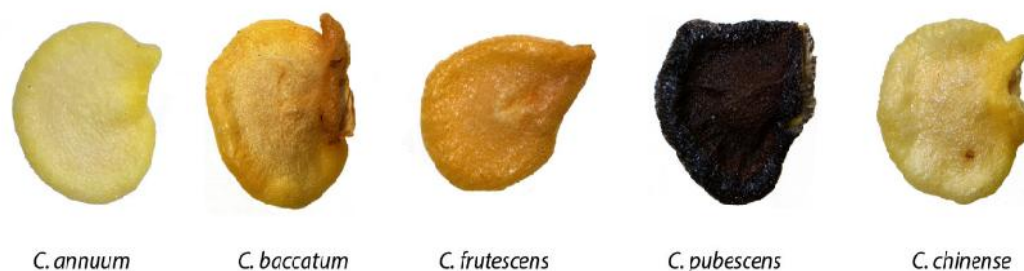


Figure 2. Morphology of the seeds of the five species of *Capsicum* cultivated in Peru. They represent the basis for the preliminary classification of the archaeological remains, according to Chiou and Hastorf (2012).



Figure 3. Archaeological *Capsicum* spp. seeds, before their cleaning treatment for preliminary classification.

Optical microscopy, biometry, and statistical analyses

Once the preliminary classification was done, seeds were subjected to biometric measurements, recording their length and width. That was were carried out using the SEM detector/probe. Studied qualitative/nominal attributes include shape of seed and beak prominence, as well as testa texture. *Capsicum* seed shape is relatively distinct from species to species, with some overlap. Testa texture refers to the appearance of the seed coat. Seed-coat texture is a useful diagnostic feature, especially in the case of *C. pubescens*, which shows an exaggerated reticulation pattern on the outer margins of the seed. On the other hand, beak angle is defined as the area protruding from the seed, allowing to differentiate *Capsicum* seeds from the ones of other species of the Solanaceae family with otherwise similar appearance. A high beak angle, for example, is one of the differentiating attributes of *C. frutescens* seeds (Chiou and Hastorf, 2012). Length and width are two basic measurements (Fig. 3). All seeds were measured in the same way.



Figure 4. Measurements of length and width of *Capsicum* seeds.

In summary, morphometric attributes revolve around two measurements of all seeds, seed surface topography and seed beak-angle shape. Seed measurements were subjected to descriptive statistics, to obtain the mean and standard deviation of samples from each site.

Scanning-electron microscopy and taxonomic identification

To consolidate the morphological and biometric attributes described above, each seed studied was subjected to SEM. The seed surface shows patterns and reticulations, being therefore appropriate for such kind of surface-scanning study (Fig. 5). That allowed to differentiate the five domesticated species. This part was carried out in the Scanning-Electron Microscopy laboratory of the National Museum of Natural Sciences in Madrid (Spain). The corresponding qualitative contrast comparison was performed, and seed sizes were compared with available data.

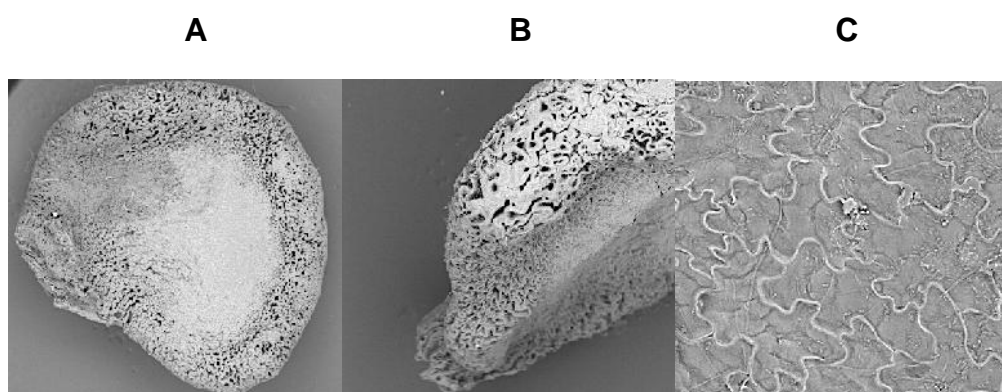


Figure 5. Pattern of reticulations on the surface of the seed of *C. pubescens*, by scanning-electron microscopy. (A) Complete seed at 50X; (B) Deep reticulation on the margin of the seed at 60X; and (C) Smooth, sinuous crosslinking of the testa surface at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

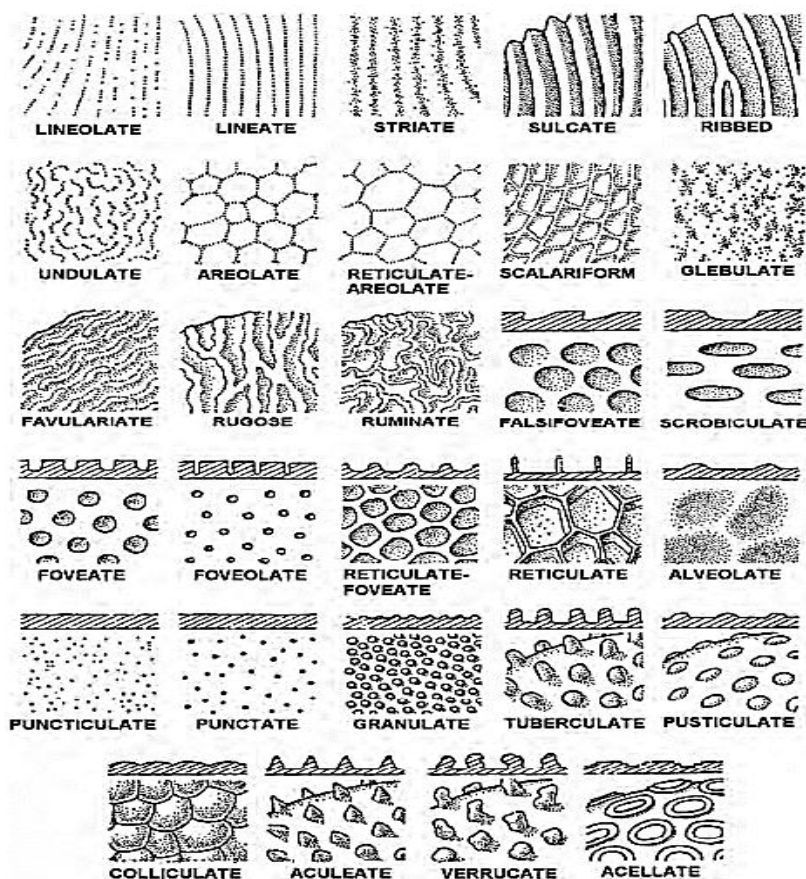


Figure 6. Types of surfaces of the testa of the seeds. Source: Murley, 1951.

Results

Biometrics

The measurements of eight seeds from the Túcume site, six seeds from the El Brujo site and one seed from Cerro La Virgen, yielded the following values:

Table 2. Length and width of *Capsicum* seeds. Samples were obtained from three archaeological sites on the northern coast of Peru.

| Sites | Measurements (mm) | |
|--------------|-------------------|-------|
| | Length | Width |
| Tucume | 4.42 | 4.1 |
| | 4.1 | 3.63 |
| | 3.96 | 3.78 |
| | 4.05 | 3.19 |
| | 3.48 | 3.26 |
| | 3.45 | 3.36 |
| | 3.09 | 2.94 |
| | 3.57 | 3.11 |
| El Brujo | 3.72 | 3.38 |
| | 4.67 | 4.38 |
| | 3.96 | 3.81 |
| | 5.23 | 4.3 |
| | 4.45 | 4.18 |
| | 3.67 | 3.45 |
| C° La Virgen | 4.18 | 3.83 |

Table 3. Length and width of seeds identified as *Capsicum frutescens*.

| DE | Sites | | | |
|---------|--------|-------|----------|-------|
| | Tucume | | El Brujo | |
| | Length | Width | Length | Width |
| Mean | 3.76 | 3.42 | 4.28 | 3.91 |
| Maximum | 4.42 | 4.1 | 5.23 | 4.38 |
| Minimum | 3.09 | 2.94 | 3.67 | 3.38 |
| DS | 0.43 | 0.38 | 0.61 | 0.43 |
| N | 8 | | 6 | |

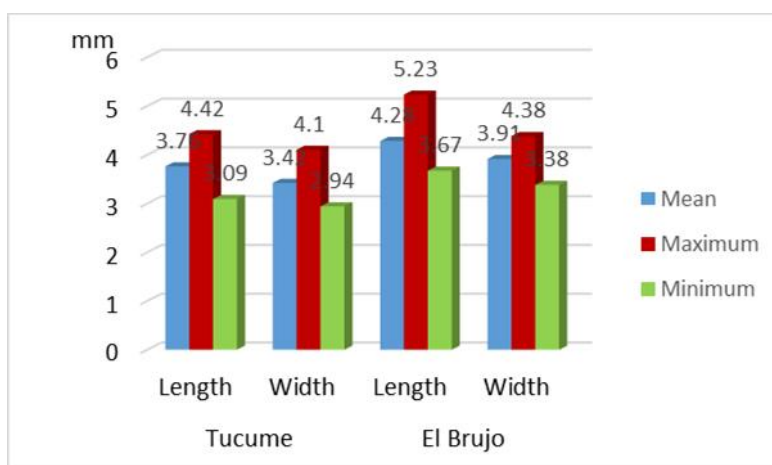


Figure 7. Average, maximum, and minimum length and width values of *C. frutescens* seeds from Túcume and El Brujo sites.

Modern *C. chinense* and *C. frutescens* seed-surface topography using SEM
 SEM photographs are shown for the seed-surface topography of *C. chinense* and *C. frutescens*. They are closely related species, but with significant differences in morphological details of the seed surface, allowing to differentiate them.

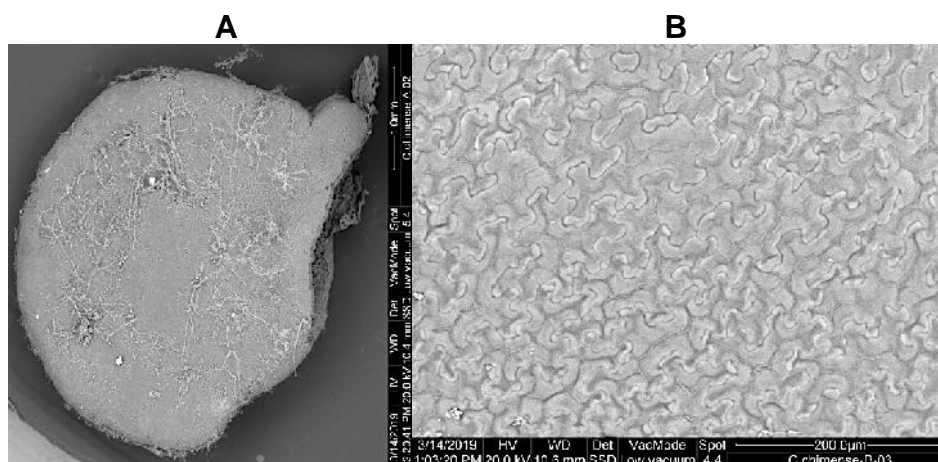


Figure 8. Modern seed of *Capsicum chinense*. (A) Generally, they are circular, with protruding beak at a great angle, and a small “lip” below it. Captured with SEM at 50X; (B) Smooth surface texture with little indication of reticulation at the epidermal level, sinuous, ruminated. Captured with SEM at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

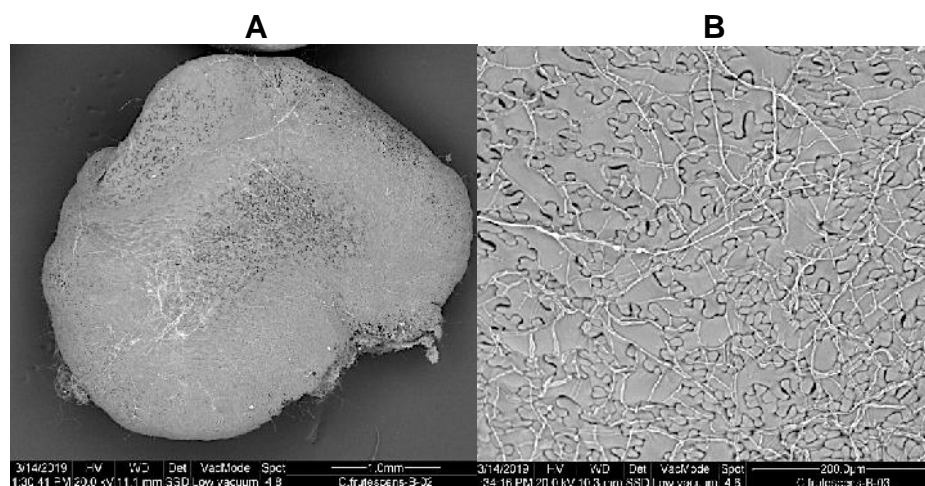


Figure 9. Modern seed of *Capsicum frutescens*. (A) It shows a spherical shape. Capture with SEM at 50X; (B) Smooth-surface texture with wavy-dendritic shapes, capture with SEM at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

*Topographies of archaeological seeds of *Capsicum frutescens**

Three seeds from the Túcume site were analyzed by SEM, showing characteristics of seed shape and topography of the preserved surface of the testa. Images that best represent the characteristics of this species are shown.

Sample 7a (Túcume)

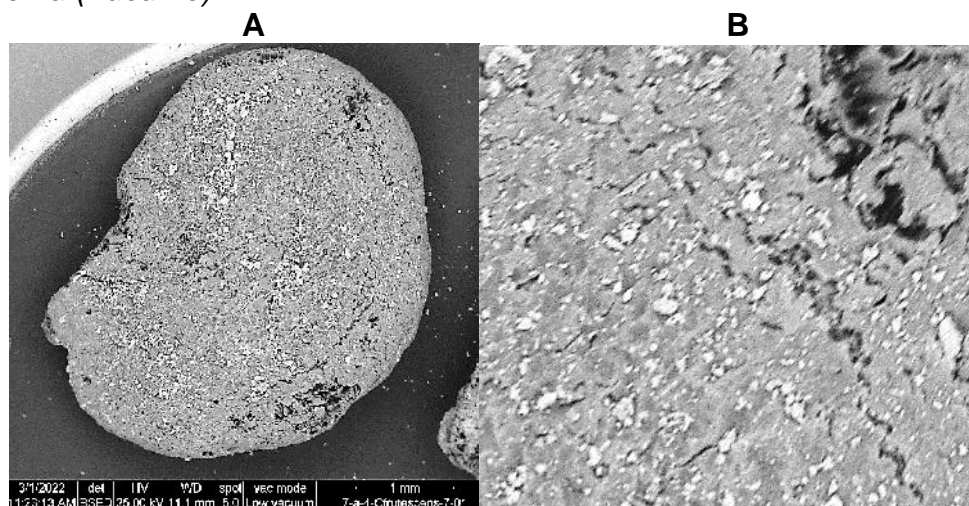


Figure 10. SEM of *Capsicum frutescens* seed from the Túcume site. (A) Complete seed at 50X; (B) Wavy-dendritic reticulations of the seed surface (sample 7a of Table 1), which typifies the species, captured at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

Sample 9b (Túcume)

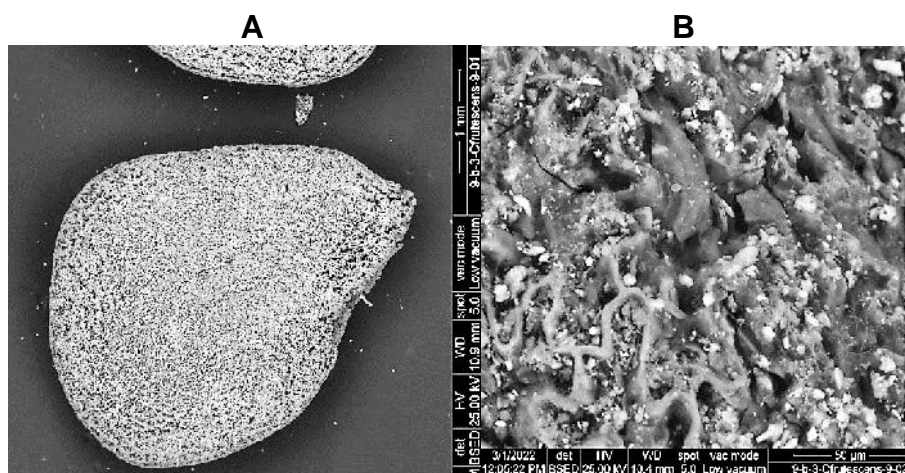


Figure 11. SEM of *Capsicum frutescens* seed from the Túcume site. (A) Complete seed at 50X; (B) Wavy-dendritic reticulations on the surface of the seed that has lost the epidermis but maintains the trabeculae and edges of the sinuous and dendritic reticulations (sample 9b of Table 1), which typifies the species, captured at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

The seed samples showing the characteristics of shape and surface (testa) from El Brujo site are shown below.

Sample 10b (El Brujo)

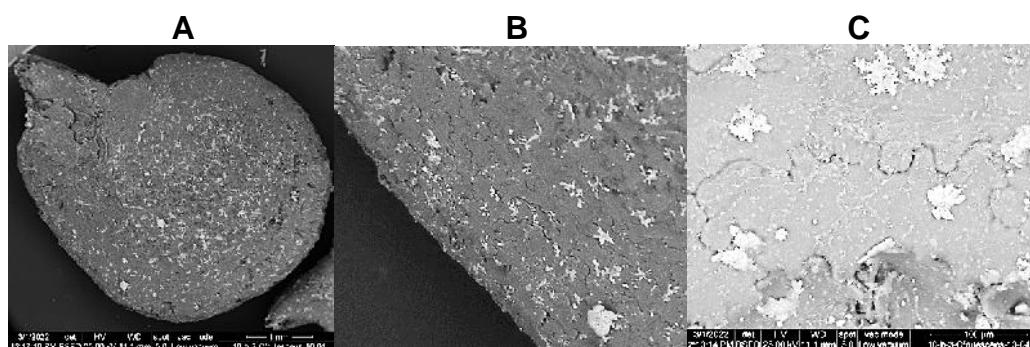


Figure 12. SEM of *Capsicum frutescens* seed from El Brujo site. (A) Complete seed at 50X; (B) Wavy-dendritic reticulations of the seed surface (sample 10b of Table 1), which typifies the species, captured at 300X; (C) Enlarged view of the wavy-dendritic reticulations of seed testa, captured at 500X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

Sample 11b (El Brujo)

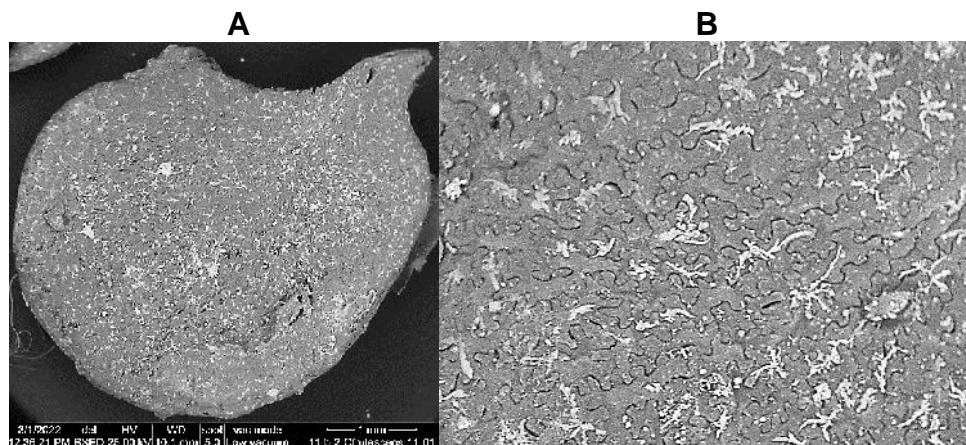


Figure 13. SEM of *Capsicum frutescens* seed from El Brujo site. (A) Complete seed at 50X; (B) Wavy-dendritic reticulations of the seed surface (sample 11b of Table 1), which typifies the species, captured at 300X. Photos property of ARQUEOBIOS, all rights reserved.

Discussion

Capsicum seeds from three archaeological sites of Peru were studied. Biometric data of samples from Túcume and El Brujo showed differences in length and width. Greater values were observed for six seeds from El Brujo site. That may be due to: i) There was a greater fruit selection at El Brujo, with larger fruit sizes implying also larger seeds. This situation would have been different for the seeds from Túcume (Tables 1 and 2 and Fig. 7); ii) Other possibility is taphonomy variables, such as seed dehydration contributing to the decrease in seed size, apart from influencing diagnostic qualitative characteristics.

Comparative data on measurements of archaeological seeds of *Capsicum* have been reported for the preceramic levels of Huaca Prieta. Thus, in H.P.3 P1, several loose seeds presented an average width of 2.93 mm (Pickersgill, 1969), indicating that they are cultivated peppers. At the same site, seeds of *C. baccatum* var. *baccatum* were identified, showing an average width of 2.4 mm. In this case, they are a wild chili-bell pepper. Other seeds, identified as *C. baccatum* var. *pendulum*, had an average width of 3 mm (Eshbaugh, 1964). The latter is the domesticated or cultivated variety of *C. baccatum*.

Chiou and Hastorf (2012) analyses of chili-bell pepper seeds from Huaca Prieta identified four species of cultivated peppers: *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* and *C. pubescens*. The latter species was cultivated in the Andes. It is indicated that the values of *C. baccatum* and *C. pubescens* are well separated by canonical analyses, while the *C. frutescens* and *C. chinense* species exhibit overlapping values.

On the central coast at the Punta Grande site (1810 BC), the mean width of 18 seeds was 3.07 mm. Therefore, they were cultivated peppers, being identified as *C. baccatum* var. *pendulum* (Pickersgill, 1969).

For late sites, systematic studies of chili peppers are very scarce, and the identification of the remains is done at the generic level. Therefore, no biometric data of the seeds or descriptions of dried fruits are available. Remains of chili-bell pepper seeds from contexts at the Pachacamac site were measured and described in shape, for a total six seeds. Five of them were identified as *C. chinense* and one as *C. baccatum* (Chiou and Hastorf, 2015). The average seed length of *C. chinense* seeds was 4.37 mm. That is very close to the average value of *C. frutescens* seeds from the El Brujo site (Table 3).

Seed length and width ranges of *C. chinense* and *C. frutescens* species depend on their evolutionary characteristics and taxonomic backgrounds, including hybridization events. In the case of Huaca Prieta, they show overlapping values, being identified by qualitative characteristics (Chiou and Hastorf, 2012).

The six studied specimens from Pachacamac were relatively poorly preserved. Four seeds were identified as *C. chinense*, one specimen potentially being *C. baccatum* and other considered as *C. frutescens*. Yet, that is open to debate, considering the difficulties to differentiate modern seeds of *C. chinense* versus *C. frutescens*, being even harder for archaeological samples.

Another key attribute used in our analyses was SEM of testa surfaces of seeds from Túcume and El Brujo. We have a database of images of testa surfaces of modern *C. annuum*, *C. baccatum* var. *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens* and *C. pubescens* seeds. That allowed us to identify archaeological seeds from Túcume and El Brujo sites (Figs. 10 to 12). We have also considered the shape of the seeds. Nevertheless, that may not be convenient, due to the lack of preservation of the beak or radicle in archaeological seeds. Therefore, we have used the scanning of the surface of the seed testa.

The seeds of *C. frutescens* are teardrop-shaped with a protruding beak, forming the tip of the seed. The texture of the surface of the testa is generally smooth, and for *C. chinense*. The seed is generally circular in shape with a “fish-mouth” -shaped attachment opening. It comprises the beak protruding at a large angle, and a small “lip” below it. The seed surface texture is smooth with little hint of reticulation at the epidermal level, as exhibited at 50X, 300X and 500X SEM magnifications (Chiou and Hastorf, 2012). We have also found discriminating details for *C. frutescens* and *C. chinense*. Thus, we have found that *C. chinense* has a smooth-surface texture (Fig. 8), with sinuous and ruminated (intestinal laps-like) reticulations (Fig. 8B). In the case of *C. frutescens*, the surface texture is also smooth, but with wavy forms and dendritic patterns (similar to dendrites) (Fig. 9B). Therefore, seed testes from both archaeological sites were in good preservation. Thus, we identified the seeds from Túcume and El Brujo as *C. frutescens* (Table 3, Figs 7 and 10 to 12).

In the case of the Huaca Prieta samples, taxonomic identifications were carried out using various qualitative attributes and measurements. When subjected to

canonical analyses, allowed the identification of four species, highlighting the non-existence of *C. annuum*, a species that was domesticated in Mexico (Chiou and Hastorf, 2012). In the case of the Pachacamac samples, identifications were based on the shape of the beak or radicle, as well as the transverse cross-section (seed margin). There are no images of the surface topography because the seeds had poor preservation and absence of most part of the testa surface (Chiou and Hastorf, 2015).

On the other hand, it should be noted that the seeds analyzed in this work from both sites (Túcume and El Brujo) were recovered from domestic contexts (living quarters). Previous works have reported that the seeds of *C. pubescens* and *C. frutescens* from Huaca Prieta were also found in domestic contexts, while *C. baccatum* was found mainly in banqueting areas, and *C. chinense* was recovered from all contexts of Paredones (Chiou and Hastorf, 2012).

We have not identified any *C. pubescens* seed in Chimú site. That would indicate that this high Andean chili-bell pepper would not have been available in these late coastal sites. It should be noted that *C. pubescens* seeds are characterized by very thick and highly reticulate margins, which would be immediately identifiable by SEM scanning.

According to existing data, *C. chinense* was widespread along the pre-Hispanic Andean coast, just as *C. baccatum* was also present along the coast, from the preceramic to the late intermediate, as mentioned for Huaca Prieta, sites from the early period, early intermediate, to Pachacamac (Chiou and Hastorf, 2012, 2015).

The texture of the seed epidermis from El Brujo correspond to *C. frutescens* (Fig. 12B, 12C and 13B), discriminating them from the other three South American species. Yet, there is a discordance in some cases, since the shape of the seeds and the beaks or radicles have characteristics of *C. chinense* (Fig. 12A and 13A). Why do we have these contradictions between these two characteristics? We will try to explain it from the evolutionary, taxonomic, and genetic point of view, in order to put shed light for further studies.

Pickersgill (1971) points out that *C. chinense* is a closely related species to *C. frutescens*. The latter usually has small deciduous fruits and is found in weedy conditions; and in some cases, escaped from cultivation. This raises the question of whether *C. frutescens* is the progenitor or ancestor of *C. chinense*. Indeed, the differences between *C. chinense* and *C. frutescens* are much smaller than between other pairs of domesticated wild species, such as domesticated *C. annuum* var. *annuum* versus wild *C. annuum* var. *glabriusculum*; and domesticated *C. baccatum* var. *pendulum* versus wild *C. baccatum* var. *baccatum*.

Ecologically, *C. chinense* and *C. frutescens* are sympatric throughout their range (Peru, Brazil, Colombia, and Bolivia). Studies of their distribution have not allowed to decipher which one is the older ancestor. No natural hybrids between *C. frutescens* and weedy forms of *C. baccatum* have been recorded, but there

are hybrids between *C. frutescens* and *C. chinense*, of which there are no specific studies, for example, of their seeds.

Molecular studies by Walsh and Hoot (2001) of the *atpB-rbcL* region of the chloroplast were used to ascertain the phylogeny of 11 species of *Capsicum*. The results showed that *C. annuum* (the species domesticated in Mexico), *C. frutescens* and *C. chinense* are closely related, with the two last ones having a closer genetic relationship. *C. chinense* is somewhat more distant from *C. annuum*. On the other hand, *C. galapagoense* showed between *C. frutescens* and *C. chinense*. That would imply that *C. galapagoense* would have had a continental origin.

Eshbaugh et al, (1983a), using data from isoenzyme studies, proposed that *C. annuum*, *C. frutescens* and *C. chinense* form a close-knit complex. They would have arisen from an ancestral gene pool, giving rise to the gene pool of *C. frutescens* and *C. chinense*. Taxonomists have a dilemma as to whether to recognize one, two or three species within this complex. On the other hand, five distinct taxonomic species are recognized for commercial purposes. Qualitative seed databases with morphological characteristics of the whole plant should be taken into account, in order to better classify these plants.

The nuclear-ribosomal DNA internal-transcribed spacer (rDNA-ITS) region has been widely used for species identification but has rarely been used in *Capsicum*. Genetic diversity assessments and phylogenetic analyses were carried out using rDNA-ITS of 28 *Capsicum* accessions. They included five domesticated and two wild species. Genetic diversity was evaluated using single-nucleotide polymorphisms (SNP). *C. annuum* had the lowest genetic diversity of all species in this study. The phylogenetic tree formed a species-specific clade for *C. annuum*, *C. baccatum* and *C. pubescens*. *C. chinense* clade overlapped was within the *C. frutescens* clade, implying that it was a cultivated variant of *C. frutescens*. This study indicated that the rDNA-ITS region can be used for simple identification of domesticated *Capsicum* species. It demonstrated the nearly parallel evolutionary origin of *C. frutescens* and *C. chinense* (Shiragaki et al, 2020).

C. frutescens and *C. chinense* are morphologically similar. Molecular studies further show their genetic similarity. However, the genetic relationship between these two species is not yet conclusive. Archaeobotanical studies of chili-bell pepper seeds of these two species should be carried out to shed light on this topic. Phylogeny studies should consider the evolution, taxonomy and genetics of these two species. Therefore, further work is needed at the archaeological, morphological and molecular levels. For instance, comparing ancient DNA and their modern representatives, to find out the ancient and modern relationships of these species of chili-bell pepper.

Conclusions

The canonical-statistical techniques and the resolutive power of scanning-electron microscopy are currently the best tools for the study of seeds of archaeological origin. In the case of cultivated seeds of the *Capsicum* genus,

these techniques are proving efficient for the identification of cultivated chili-bell pepper seeds. That way, it is possible to obtain information on their evolution and dispersal in different periods and sites on the Peruvian coast. Additionally, it should allow to further discover other aspects of their domestication and ecology. The good conservation of botanical remains in the dry Peruvian coast should continue to allow these studies. That may include new research developments on seeds and fruits of cultivated *Capsicum*. That should allow to compare the genetic information available on the four cultivated species of *Capsicum* in this territory.

Acknowledgements

This study was carried out with funding from the Andean Archaeological and Paleoecological Research Center-ARQUEOBIOS. Our thanks to Dr. Isabel Rey Fraile, from the Natural Sciences Museum of Madrid, who facilitated the scanning electron microscopy services at the MCNM. Also, our thanks to Dr. Arturo Morales Muñoz for allowing the use of the facilities of the Laboratory of Archaeozoology of the Autonomous University of Madrid.

References

- Bonavía D (1982): *Los Gavilanes. Mar, desierto y oasis en la historia del hombre*. Corporación Financiera de Desarrollo COFIDE, SA. Instituto Arqueológico Alemán. Lima.
- Cohen MN (1978): *The food crisis in prehistory. Overpopulation and the origins agriculture*. Yale University Press. New Haven and London. Pp X + 341.
- Chiou KL, Hastorf CA (2012): *Capsicum* spp. at the Preceramic sites of Huaca Prieta and Paredones. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 74, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab74/lab74.pdf> (13 April 2014).
- Chiou KL, Hastorf CA (2015): Pachacamac, Peru Archaeological *Capsicum* seed analysis. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 82, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab77/lab77.pdf> (01 Junio 2015).
- Engel F (1964): El precerámico sin algodón en la costa del Perú. Congreso Internacional de Americanistas, México 1962, Actas y Memorias, Vol. 3, pp. 141-52.
- Eshbaugh WH (1964): A Numerical Taxonomic and Cytogenetic Study of Certain Species of the genus *Capsicum*. MS, doctoral dissertation, Indiana University, Bloomington.
- Eshbaugh WH (1983): The genus *Capsicum* in Africa. *Bothalia*, 14, 845-848.
- Eshbaugh WH, Sheldon IG, McLeod MJ (1983): The Origin and Evolution of the Domesticated *Capsicum* Species. *Journal of Ethnobiology* 3: 49-54.

- Feldman RA (1980): Aspero Perú: architecture, subsistence economy and other artifacts of a preceramic maritime chiefdom. A thesis presented by to the Department of Anthropology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the subject of Anthropology in the subject of Anthropology Harvard University, Cambridge. October. Pp xvi + 290.
- Lynch T (1978): The South American Paleo-Indians. Ancient Native Americans, J.D. Jennings editor W.H. Freeman & Co., San Francisco. Pp. 455-489.
- Moscone EA, Scaldaferrero MA, Grabielle M, Cecchini NM, Sánchez García Y, Jarret R, Daviña JR, Ducasse DA, Barboza GE, Ehrendorfer F (2007): The evolution of chili peppers (*Capsicum*—Solanaceae): A cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae* 745: 137–170.
- Murley MR (1951): Seeds of the Cruciferae of Northeastern North America. *American Midland Naturalist* 46:1–81.
- Pearsall DM (1978): Phytolith Analysis of Archeological Soils: Evidence for Maize Cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199 (4325): 177-178.
- Perry L, Dickau R, Zarrillo S, Holst I, Pearsall DM, Piperno DR, Berman MJ, Cooke RG, Rademaker K, Ranere AJ, Raymond JS, Sandweiss DH, Scaramelli F, Tarble K, Zeidler JA (2007): Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315: 986–988.
- Pickersgill B (1969): The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity* 34: 54–61. <https://doi.org/10.2307/278313>.
- Pickersgill B (1971): Relationships between weedy and cultivated forms of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683–691.
- Pickersgill B (1980): Plant breeding. *Nature* 283: 896. <https://doi.org/10.1038/283896a0>.
- Pickersgill B (1988): The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. *Biologisches Zentralblatt* 107(4): 381–389.
- Pozorski S (1976): Prehistoric Subsistence Patterns and Site Economics in the Moche Valley, Peru. Ph.D. diss., Department of The University of Texas at Austin ProQuest Dissertations Publishing, 1976. 7626686.
- Shiragaki K, Yokoi S, Tezuka T (2020): Phylogenetic Analysis and Molecular Diversity of *Capsicum* Based on rDNA-ITS Region. *Horticulturae* 2020, 6 (4), 87; <https://doi:10.3390/horticulturae6040087>.

Ugent D, Ochoa C (2006): *La etnobotánica del Perú: desde la prehistoria al presente*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, CONCYTEC. Pp. 379.

Towle MA (1961): *The Ethnobotany of Pre-Columbian Peru*. Aldine, Chicago, USA. Pp.183. <https://doi.org/10.4324/9781351303965>.

Walsh BM, Hoot SB (2001): Phylogenetic Relationships of *Capsicum* (Solanaceae) Using DNA Sequences from Two Noncoding Regions: The Chloroplast atpB - rbcL Spacer Region and Nuclear waxy Introns. *International Journal of Plant Sciences* 162 (6): 1409-1418.

Yacovleff E, Herrera FL (1934): El Mundo Vegetal de los Antiguos Peruanos. *Revista del Museo Nacional* 3, Perú.



Evidencias de semillas de ají (*Capsicum frutescens*) en contextos Chimú de la costa norte del Perú

Víctor F. Vásquez¹, Teresa E. Rosales², Gabriel Dorado³

¹ Biólogo, Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: vivasa2401@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-9237>; ² Arqueólogo, Co-Director del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú, E-mail: teresa1905@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2555-6032>; ³ Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain).

Resumen

Se realizó el estudio biométrico y de microscopía electrónica de barrido (MEB) de ocho semillas del sitio Túcume, seis semillas del sitio El Brujo y una semilla del Cerro La Virgen, correspondientes a *Capsicum*, cuyos resultados a nivel de topografía y patrones de las reticulaciones de la superficie de la testa, determinaron la identificación que estas semillas corresponden a *Capsicum frutescens*, encontrándose que los patrones de reticulaciones a nivel MEB, son determinantes para poder identificar las semillas a nivel de especie y correlacionar con datos biométricos y formas de las semillas, teniendo en cuenta la información de la especie simpátrica *Capsicum chinense*, con la cual comparte afinidades genéticas cercanas.

Palabras clave: Semilla, MEB, *Capsicum frutescens*, Chimú.

Abstract

The biometric and scanning electron microscopy (SEM) study of eight seeds from the Túcume site, six seeds from the El Brujo site and one seed from Cerro La Virgen, corresponding to *Capsicum*, whose results at the level of topography and patterns of reticulations were carried out from the surface of the testa, determined the identification that these seeds correspond to *Capsicum frutescens*, finding that the reticulation patterns at the MEB level are determinant to be able to identify the seeds at the species level and correlate with biometric data and seed shapes taking into account information from the sympatric species *Capsicum chinense*, with which it shares close genetic affinities.

Keywords: seed, SEM, *Capsicum frutescens*, Chimú

Introducción

El género *Capsicum* es endémico de América desde tiempos prehispánicos, difundiéndose en el Viejo Mundo, transformando la dieta de los habitantes hasta la actualidad. El registro arqueológico indica que los ajíes tienen una larga historia en varias partes de Hispanoamérica. Se ha sugerido que la domesticación ocurrió con el pimiento (*Capsicum annuum*), y puede ser anterior a los comienzos de la agricultura en América (Pickersgill, 1969). De hecho, existen indicios de un morfotipo específico de almidón para este género. Eso indica que la domesticación de tales especies data de al menos 6.000 años a.C. en varios lugares del hemisferio occidental (Perry et al, 2007).

Históricamente, además de las peculiaridades morfológicas de sus flores, frutos y semillas, la característica distintiva del género *Capsicum* ha sido la presencia de *capsaicina*, una oleorresina que es el componente activo del género. Sin embargo, dos especies silvestres (*C. lanceolatum* y *C. rhomboideum*) carecen de esta oleorresina (Moscone et al, 2007). Ambas especies silvestres viven en México y América Central. Este último también se encuentra en Perú.

Los estudios botánicos y moleculares no fueron concluyentes en la identificación taxonómica de las especies de *Capsicum*. Pickersgill (1969) y Eshbaugh (1983) demostraron que la domesticación de ajíes de especies silvestres fue el resultado de la selección según tamaño, forma y color del fruto. Eso redujo una larga lista de especies en discusión a cuatro domesticadas: pimiento (*Capsicum annuum*), miscucho (*C. chinense*), ají limo (*C. frutescens*) y ají verde (*C. baccatum* var. *pendulum*). Se agregó una quinta especie domesticada denominada pimiento de árbol o rocoto (*C. pubescens*), que muestra una morfología distintiva.

Se ha sugerido que *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* forman un grupo estrechamente relacionado de especies domesticadas. Evolucionaron en las tierras bajas tropicales de Hispanoamérica, incluido el Caribe, dominando territorio en México, y la región amazónica (Eshbaugh et al, 1983). Pero otros autores han cuestionado su estatus taxonómico (Pickersgill, 1988). Algunos taxónomos continúan tratando estos tres taxones domesticados como especies distintas. Las formas silvestres (ancestrales) correspondientes se intercalan hasta tal punto que a menudo reciben nombres taxonómicos distintos, lo que es respaldado por Eshbaugh (1983). Se discutirá este cuestionamiento a continuación, con los nuevos datos moleculares obtenidos de estas especies.

Teniendo en cuenta estos antecedentes evolutivos y taxonómicos, se necesita investigación arqueobotánica para resolver la identidad de los restos de ají en los contextos de la costa norte de Perú. El objetivo principal de este trabajo es identificar sus semillas en contextos arqueológicos chimú (Fig. 1). Se trata de los restos más comunes de ajíes recuperados de las excavaciones de estos sitios, los cuales son identificados en su mayoría como *Capsicum* spp.



Figura N° 1. Ubicación geográfica de los tres sitios muestreados en la costa norte de Perú.

Antecedentes

Los primeros estudios sistemáticos de restos de *Capsicum* en la costa norte de Perú fueron realizados por Pickersgill (1969) (Tabla 1). Los restos de ají en Huaca Prieta estuvieron presentes desde los primeros tiempos, considerándose probablemente cultivados (Towle, 1961). Los análisis de Pickersgill indicaron la presencia de frutos rojos y anaranjados en los niveles más tempranos del sitio (H.P.3 QI). Tal variabilidad en el color del fruto sugiere selección bajo cultivo, porque los frutos naranjas no se reportan entre las especies silvestres de *Capsicum*. Uno de los frutos en este nivel temprano todavía tenía el cáliz presente. Esta característica no caducifolia evita que los frutos se desprendan rápidamente y, por lo tanto, hay una reducción en la dispersión de semillas. Por lo tanto, esta característica botánica ya estaba establecida en ese momento y es característica de los ajíes cultivados.

Table 1.- Muestras de semillas de *Capsicum* de tres sitios arqueológicos.

| N° Muestra | Sitio | Contexto | Cantidad |
|------------|--|--|----------|
| 1 (5) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1 | 1 |
| 2 (6) | Túcume: Huaca 1 Temporada 2011 | Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 17 Capa 1 | 2 |
| 3 (7) | Túcume: Plaza Central Temporada 2011 | Unidad XXXZ Cuadrícula 3 Capa 4 | 3 |
| 4 (8) | Cerro La Virgen Casma Temporada 1993 | Corte 1 Capa A Nivel 1 | 1 |
| 5 (9) | Túcume: Sector I Temporada 2011 | Sub Sector 1A Unidad IV i Cuadrícula 9 Capa 5 | 3 |
| 6 (10) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector SE U: S 0-10 E 80-90 Coord: S 9-10 E 87-90 Capa B Nivel 1 | 3 |
| 7 (11) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Corte 1 | 2 |
| 8 (12) | El Brujo: Cao Viejo Temporada 1993 | Sector NE Corte 2 (Bolsa 46) | 1 |

En el siguiente nivel (H.P.3 PI), había varias semillas sueltas, junto con algunos frutos deshidratados intactos. El ancho medio de la semilla fue de 2,93 mm (rango de 2,6 a 3,1 mm). Estos valores están dentro del rango de las plantas cultivadas, pero no de las silvestres. Los datos comparativos de Eshbaugh (1964) indicaron que la *C. baccatum* var. *baccatum* tuvo un ancho de semilla promedio de 2,4 mm, mientras que el ají peruano cultivado (*C. baccatum* var. *pendulum*) tuvo un promedio de 3 mm.

Identificar con certeza las cuatro especies de frutos de *Capsicum* en material arqueológico requiere un cáliz preservado. Sin embargo, dicha parte del fruto suele perderse. En *C. chinense* y *C. frutescens*, el cáliz es más corto en relación a la longitud del fruto. En el caso de ajíes de Huaca Prieta (nivel H.P.5 B2), se han encontrado cálices preservados con dientes bien desarrollados. Sin

embargo, los demás caracteres del cáliz de los frutos de los primeros niveles sugieren que se trata de *C. baccatum* var. *pendulum*. La presencia de esta variedad indicaría la existencia de su ancestro silvestre, (*C. baccatum* var. *baccatum*). Este último tiene actualmente una distribución bastante restringida y está confinada casi por completo al sur de Perú y Bolivia (Pickersgill, 1969).

Muestras arqueológicas de semillas de ají (sin frutos enteros o fragmentados) fueron encontradas por Dillehay y Bonavía en Huaca Prieta y Paredones (temporadas de excavación 2007 a 2010), siendo estudiadas sistemáticamente por Chiou y Hastorf (2012). Dichos estudios mostraron diferencias significativas en las semillas de las fases 2 y 4 en los sitios de Huaca Prieta y Paredones (valle de Chicama). Eso contrasta con la rígida homogeneidad que se encuentra en las semillas de la fase 5. Se realizaron rigurosos análisis discriminantes, incluidas las semillas modernas, que incluyeron mediciones de los seis valores y atributos cuantitativos más importantes. De este modo, se identificaron semillas de *C. pubescens* en la fase 2. En la fase 4, se identificaron semillas de *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. chinense*. La fase 5 solo contenía semillas de *C. baccatum* (Chiou y Hastorf, 2012).

Otros materiales arqueológicos analizados de *Capsicum* provienen de excavaciones en Punta Grande (1.810 años a.C.) en la costa central. Eso permitió la recuperación de restos de ají que contenían cálices, por lo que eran de plantas cultivadas. El ancho promedio de 18 semillas (corte 2, nivel 2) fue de 3,07 mm. Está dentro de la gama de ajíes cultivados, pero como la conservación no es óptima, también es posible que pertenezcan a *C. baccatum* var. *pendulum*.

En Los Gavilanes (valle de Huarmey), para las épocas 2 y 3, se identificaron semillas de ají. Sus anchos de 3 a 3,5 mm sugieren que podrían ser formas cultivadas. Probablemente correspondan a *C. baccatum* (Bonavía, 1982). Otros reportes para esta época (con referencias únicamente a *Capsicum*), son los señalados para Áspero (Feldman, 1980), Alto Salaverry (Pozorski, 1976), Cueva Guitarrero (Lynch, 1978) y en el sitio de Asia, donde se encontró *C. frutescens*, aunque sin aportar detalles morfológicos que sustenten tal identificación (Engel, 1964).

En la Cueva Guitarrero, se menciona el ají habanero o limo (*C. cf. chinense*) (Pearsall, 1978). Sin embargo, Pickersgill (1980) indicó que estos restos serían de *C. chinense* cultivados, los cuales provienen del Complejo II de la cueva, y por tanto con una antigüedad de 8.500 años a.C. (Bonavía, 1982). Esto implicaría que *C. chinense*, sería más antigua que *C. baccatum* var. *pendulum*, con el proceso de domesticación del ají en contextos anteriores a los encontrados en Huaca Prieta.

Para el período inicial (2.100-1.400 años a.C.) del sitio El Tanque (Ancón-Chillón), se mencionan restos asignados a *C. chinense* (Cohen, 1978). Durante el horizonte temprano (1.200 años a.C.), aparece nuevamente esta segunda especie de ají morrón o limo (*C. chinense*). Sin embargo, excavaciones posteriores demostraron que esta especie se encontraba en sitios precerámicos y del período Inicial.

El centro de diversidad de *C. chinense* se encuentra en la cuenca del Amazonas. Desde allí, atravesando la Cordillera de los Andes, pudo haber llegado a sitios costeros. En la época de la influencia Chavín, extendiéndose a lo largo de la costa norte, se ha reportado la aparición del complejo *C. chinense* y *C. frutescens*. Aunque se citó a *C. frutescens* para Huaca Prieta, parece que su historia es paralela a la de *C. chinense*. Estas especies tenían semillas pequeñas y frutos caducos y persistieron como cultivos en la costa, sin reemplazarse, hasta el presente (Pickersgill, 1969).

Para el período intermedio temprano (400 años a.C. – 450 años d.C.), existe una vasija de la cultura Nasca con la representación de un hilo con frutos de *C. pubescens* sostenido en manos de un hombre. En este mismo período, en el sitio Estaquería del valle de Nasca, se mencionan frutos de *C. chinense*, pero no hay datos más concretos (Ugent y Ochoa, 2006).

En el período intermedio tardío (900-1.450 años d.C.), existen numerosas representaciones en cerámica Chimú de frutos de *C. annuum*. Asimismo, de otros frutos identificados como *C. frutescens* (Yacovleff y Herrera, 1934). Frutos deshidratados de *C. pubescens* fueron descubiertos en el sitio de la Necrópolis de Ancón (1.300 años d.C.), lo que implica que las cuatro especies de chile descritas anteriormente estaban presentes en la costa peruana prehispánica. Por todo ello, se llevó a cabo microscopía electrónica de barrido (SEM) de semillas bien conservadas.

Materiales y Métodos

Muestras

Se seleccionaron muestras de semillas de *Capsicum* de tres sitios arqueológicos del período intermedio tardío (900-1.450 años d.C.): Túcume (valle de La Leche), El Brujo (valle de Chicama) y Cerro La Virgen (valle de Casma) (Fig. 1). Estas semillas fueron escogidas por su buena conservación y asociación con elementos culturales de la época. Las muestras fueron cuidadosamente tratadas antes de ser sometidas a microscopía electrónica de barrido (MEB).

Acondicionamiento y clasificación preliminar de restos

Las muestras recolectadas se clasificaron según los sitios. Las semillas se acondicionaron y se realizó limpieza superficial utilizando aire comprimido para quitarles el polvo (Fig. 2). Es importante limpiar la topografía superficial de las semillas, porque contiene la huella para su caracterización taxonómica por técnicas microscópicas. Una vez retirados los restos, las semillas se sometieron a observación microscópica con un microscopio estereoscópico a 50X. Las semillas se clasificaron en relación con su forma y textura de la testa (aspecto de la cubierta seminal, que permite diferenciar especies). Las cinco especies domesticadas en la época prehispánica mostraron diferentes formas (Fig. 2) y patrones de reticulación o superficies lisas. Esta clasificación preliminar representa la fase previa para análisis posteriores, utilizando

microscopía electrónica de barrido. Las semillas se integraron en una base de datos MEB de diferentes especies domesticadas de *Capsicum*.

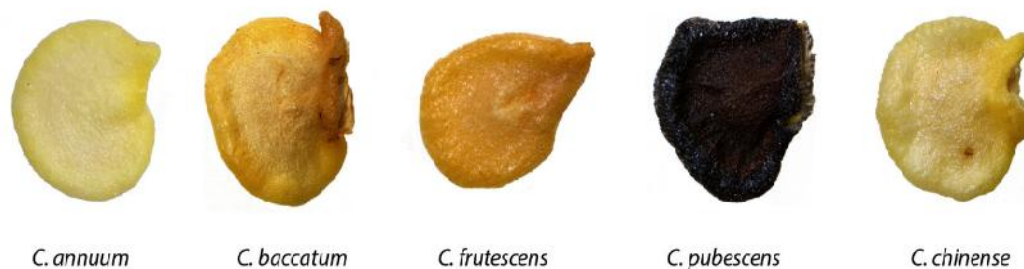


Figure 2. Morfología de las semillas de las cinco especies de *Capsicum* cultivadas en Perú. Estas representan las bases para la clasificación preliminar de los restos arqueológicos, acorde a Chiu y Hastorf (2012)



Figura 3. Semillas arqueológicas de *Capsicum* spp., antes de su tratamiento de limpieza para clasificación preliminar.

Microscopía óptica, biometría y análisis estadísticos

Una vez realizada la clasificación preliminar, las semillas se sometieron a medidas biométricas, registrando su largo y ancho. Eso se llevó a cabo utilizando el detector/sonda MEB. Los atributos cualitativos/nominales estudiados incluyen la forma de la semilla y la prominencia del pico, así como la textura de la testa. La forma de la semilla de *Capsicum* es relativamente distinta de una especie a otra, con cierta superposición. La textura de la testa se refiere a la apariencia de la cubierta de la semilla. La textura de la cubierta de la semilla es una característica de diagnóstico útil, especialmente en el caso de *C. pubescens*, que muestra un patrón de reticulación mayor en los

márgenes externos de la semilla. Por otro lado, el ángulo del pico se define como el área que sobresale de la semilla, lo que permite diferenciar las semillas de *Capsicum* de las de otras especies de la familia Solanaceae con apariencia similar. Un ángulo de pico alto, por ejemplo, es uno de los atributos diferenciadores de las semillas de *C. frutescens* (Chiou y Hastorf, 2012). El largo y el ancho son dos medidas básicas (Fig. 3). Todas las semillas se midieron de la misma manera.

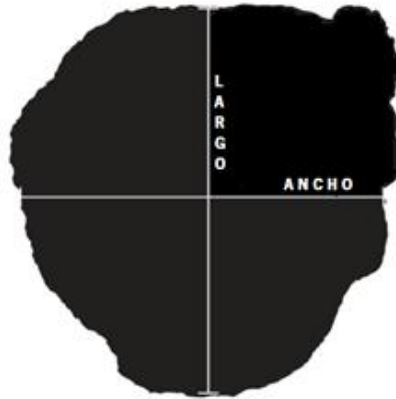


Figura 4. Medidas de largo y ancho de semillas de *Capsicum*.

En resumen, los atributos morfométricos giran en torno a dos medidas de todas las semillas: topografía de la superficie de la semilla y la forma del ángulo del pico de la semilla. Las medidas de semillas se sometieron a estadística descriptiva, para obtener la media y la desviación estándar de las muestras de cada sitio.

Microscopía electrónica de barrido e identificación taxonómica

Para consolidar los atributos morfológicos y biométricos descritos anteriormente, cada semilla estudiada fue sometida a MEB. La superficie de la semilla muestra patrones y reticulaciones, por lo que es apropiada para este tipo de estudio de exploración de superficie (Fig. 5). Eso permitió diferenciar las cinco especies domesticadas. Esta parte se llevó a cabo en el laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (España). Se realizó la correspondiente comparación cualitativa de contraste y se comparó el tamaño de las semillas con los datos disponibles.

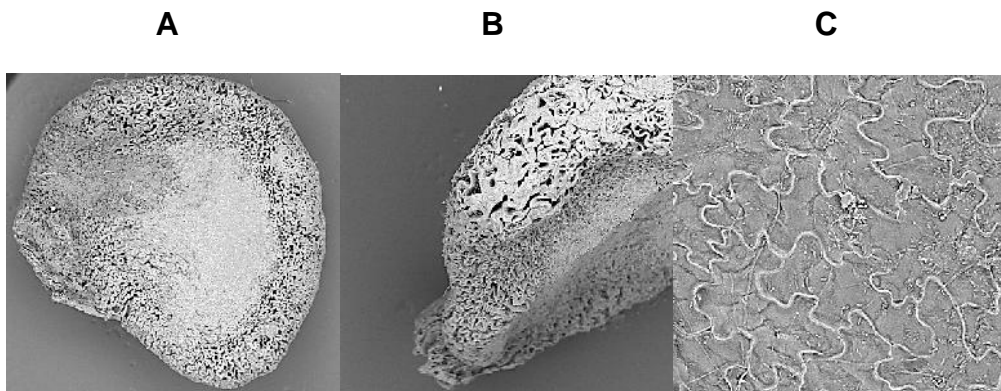


Figura 5. Patrón de reticulaciones en la superficie de la semilla de *C. pubescens*, por microscopía electrónica de barrido. (A) Semilla completa a 50X; (B) Reticulación profunda en el margen de la semilla a 60X; y (C) Entrecruzamiento suave y sinuoso de la superficie de la testa a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

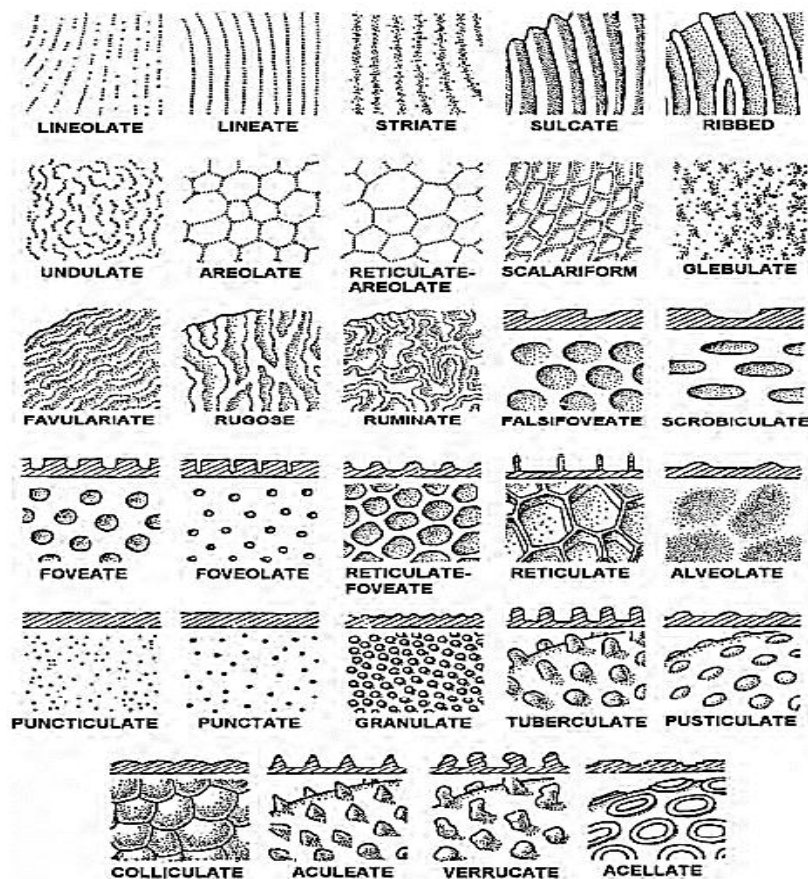


Figura 6. Tipos de superficies de la testa de las semillas. Fuente: Murley, 1951.

Resultados

Biometría

Las mediciones de semillas de los sitios Túcume (ocho), El Brujo (seis) y Cerro La Virgen (una) arrojaron los siguientes valores:

Tabla 2. Largo y ancho de semillas de *Capsicum*. Las muestras se obtuvieron de tres sitios arqueológicos en la costa norte de Perú.

| Sites | Measurements (mm) | |
|--------------|-------------------|-------|
| | Length | Width |
| Tucume | 4.42 | 4.1 |
| | 4.1 | 3.63 |
| | 3.96 | 3.78 |
| | 4.05 | 3.19 |
| | 3.48 | 3.26 |
| | 3.45 | 3.36 |
| | 3.09 | 2.94 |
| | 3.57 | 3.11 |
| El Brujo | 3.72 | 3.38 |
| | 4.67 | 4.38 |
| | 3.96 | 3.81 |
| | 5.23 | 4.3 |
| | 4.45 | 4.18 |
| | 3.67 | 3.45 |
| C° La Virgen | 4.18 | 3.83 |

Tabla 3. Longitud y ancho de semillas identificadas como *Capsicum frutescens*

| DE | Sites | | | |
|----------------|--------|-------|----------|-------|
| | Tucume | | El Brujo | |
| | Length | Width | Length | Width |
| Mean | 3.76 | 3.42 | 4.28 | 3.91 |
| Maximum | 4.42 | 4.1 | 5.23 | 4.38 |
| Minimum | 3.09 | 2.94 | 3.67 | 3.38 |
| DS | 0.43 | 0.38 | 0.61 | 0.43 |
| N | 8 | | 6 | |

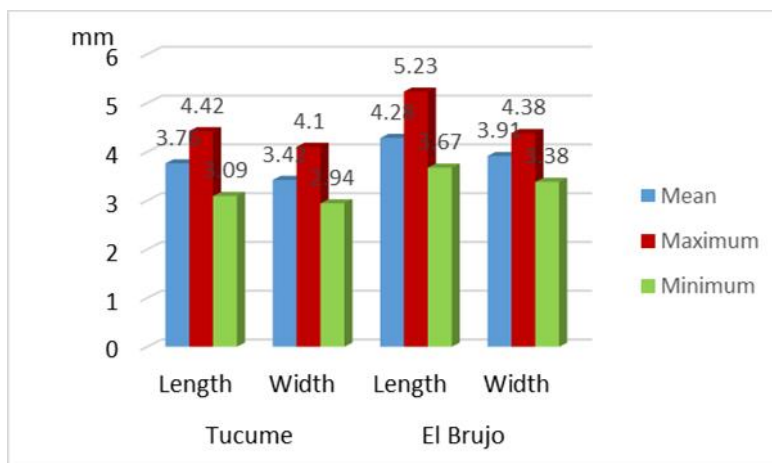


Figura 7. Valores promedio, máximo y mínimo de largo y ancho de semillas de *C. frutescens* de los sitios Túcume y El Brujo.

Topografía moderna de la superficie de la semilla de C. chinense y C. frutescens usando MEB

Se muestran fotografías MEB para la topografía de la superficie de la semilla de *C. chinense* y *C. frutescens*. Son especies muy emparentadas, pero con diferencias significativas en los detalles morfológicos de la superficie de la semilla, lo que permite diferenciarlas.

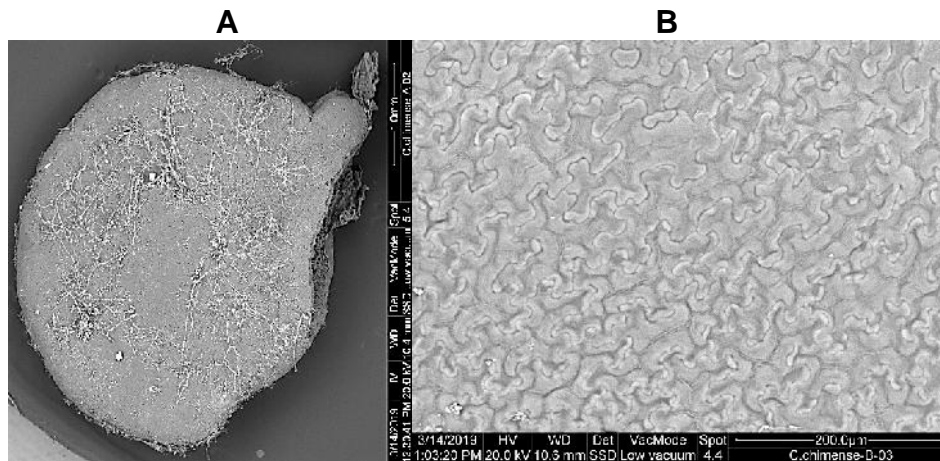


Figure 8. Semilla moderna de *Capsicum chinense*, mostrada con MEB. (A) Generalmente, son circulares, con un pico que sobresale en un gran ángulo y un pequeño “labio” debajo, a 50X; (B) Textura superficial lisa con pocos indicios de reticulación a nivel epidérmico, sinuosa, ruminada, a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

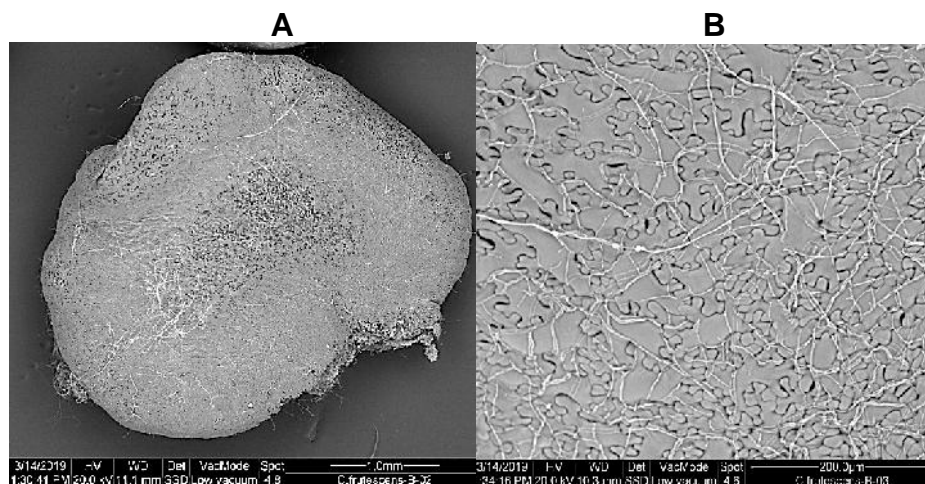


Figura 9.-Semilla moderna de *Capsicum frutescens*. (A) Muestra una forma esférica. Captura con MEB a 50X; (B) Textura de superficie lisa con formas dendríticas onduladas, captura con MEB, a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Topografías de semillas arqueológicas de *Capsicum frutescens*

Tres semillas del sitio de Túcume fueron analizadas por MEB, mostrando características de forma de semillas y topografía de la superficie preservada de la testa. Se muestran las imágenes que mejor representan las características de esta especie.

Muestra 7a (Túcume)

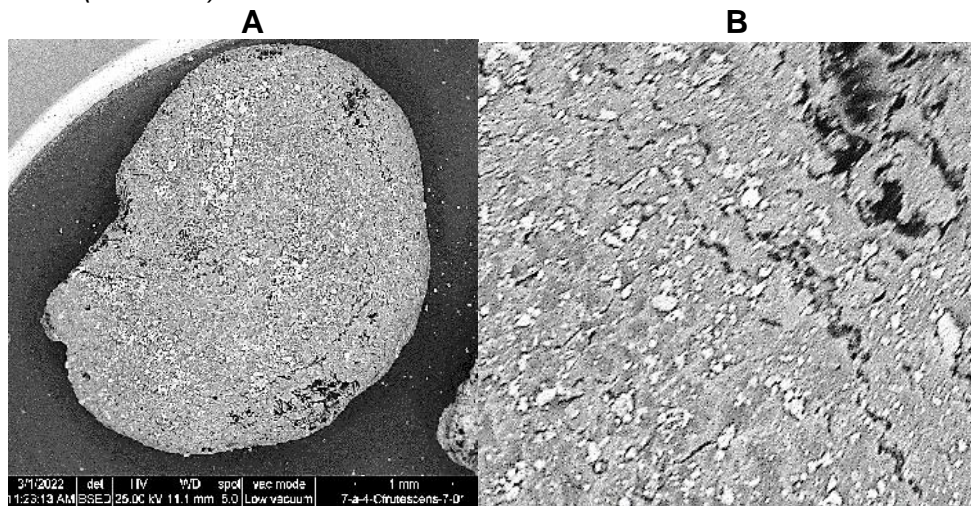


Figura 10. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio Túcume. (A) Semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 7a de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Muestra 9b (Túcume)

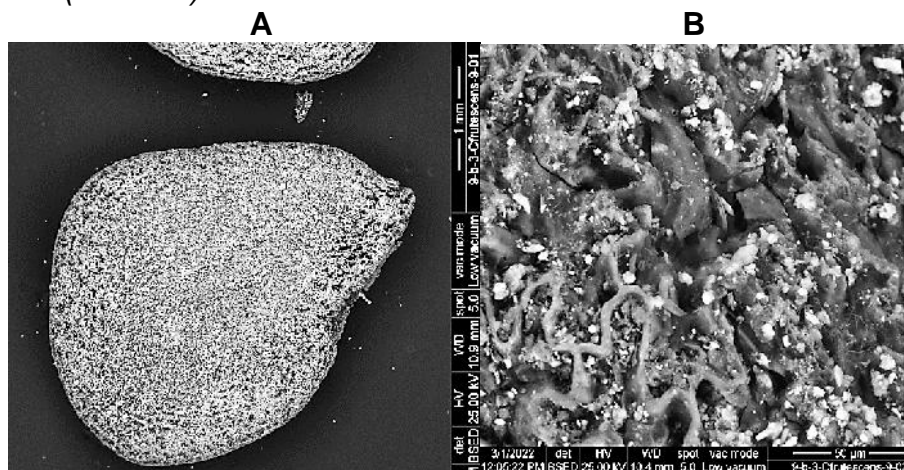


Figura 11. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio Túcume. (A) semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas en la superficie de la semilla que ha perdido la epidermis. No obstante, mantiene las trabéculas y los bordes de las reticulaciones sinuosas y dendríticas (muestra 9b de la Tabla 1), que tipifica la especie. Captadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Las muestras de semillas que muestran las características de forma y superficie (testa) del sitio El Brujo se muestran a continuación.

Muestra 10b (El Brujo)

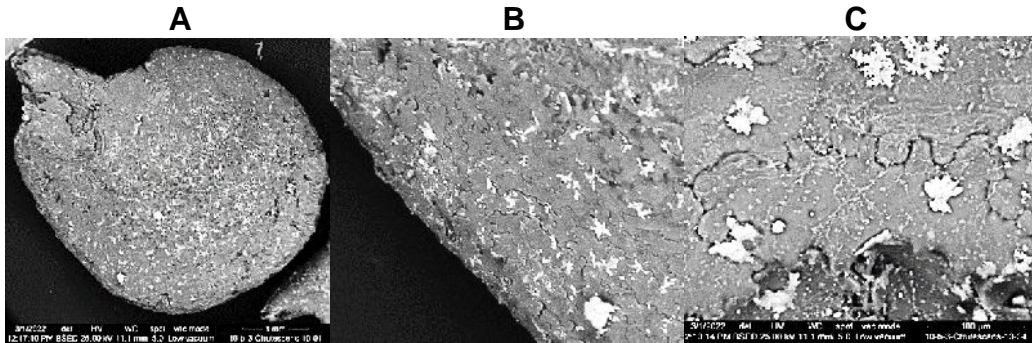


Figure 12. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio El Brujo. (A) Semilla completa a 50X; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 10b de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X; y (C) Vista ampliada de las reticulaciones dendríticas onduladas de la testa de la semilla, capturada a 500X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Muestra 11b (El Brujo)

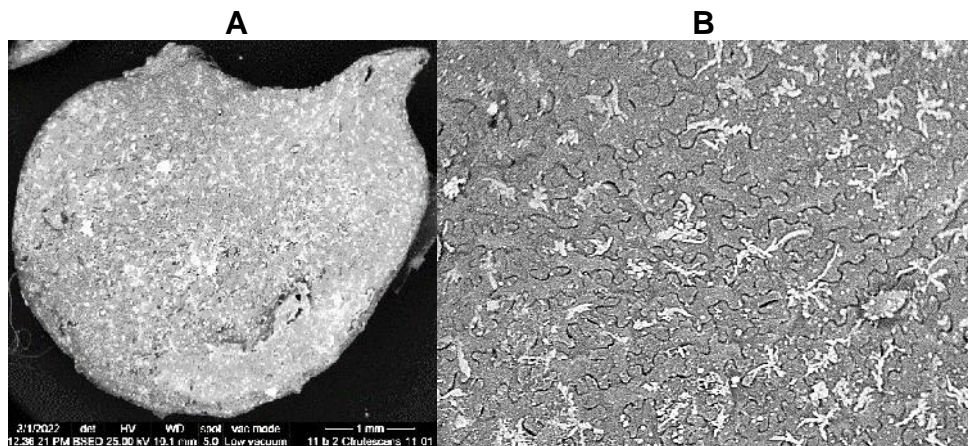


Figura 13. MEB de semilla de *Capsicum frutescens* del sitio El Brujo. (A) Semilla completa a 50; y (B) Reticulaciones onduladas-dendríticas de la superficie de la semilla (muestra 11b de la Tabla 1), que tipifica la especie, capturadas a 300X. Fotos propiedad de ARQUEOBIOS, todos los derechos reservados.

Discusión

Se estudiaron semillas de ajíes de tres sitios arqueológicos del Perú. Los datos biométricos de las muestras de Túcume y El Brujo mostraron diferencias en largo y ancho. Se observaron valores mayores para seis semillas del sitio El Brujo. Eso puede deberse a: i) Hubo una mayor selección de frutos en El Brujo, con tamaños de frutos más grandes que implican también semillas más grandes. Esta situación hubiera sido diferente para las semillas de Túcume

(Tablas 1 y 2 y Fig. 7); ii) Otra posibilidad son las variables tafonómicas, como la deshidratación de la semilla que contribuye a la disminución del tamaño de la semilla, además de influir en las características cualitativas del diagnóstico.

Se han reportado datos comparativos de mediciones de semillas arqueológicas de *Capsicum* para los niveles precerámicos de Huaca Prieta. Así, en H.P.3 P1, varias semillas sueltas presentaron un ancho promedio de 2,93 mm (Pickersgill, 1969), lo que indica que se trata de ajíes cultivados. En el mismo sitio, semillas de *C. baccatum* var. *baccatum* fueron identificados, presentando un ancho promedio de 2,4 mm. En este caso, son de un ají silvestre. Otras semillas, identificadas como *C. baccatum* var. *pendulum*, tenía un ancho promedio de 3 mm (Eshbaugh, 1964). Esta última es la variedad domesticada o cultivada de *C. baccatum*.

Los análisis de Chiou y Hastorf (2012) de semillas de ají de Huaca Prieta identificaron cuatro especies de ajíes cultivados: *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. Esta última especie fue cultivada en los Andes. Los valores de *C. baccatum* y *C. pubescens* están bien separados por análisis canónicos, mientras que las especies *C. frutescens* y *C. chinense* exhiben valores superpuestos. En la costa central en el sitio de Punta Grande (1.810 años a.C.), el ancho promedio de 18 semillas fue de 3,07 mm. Por tanto, se cultivaron ajíes, identificándose como *C. baccatum* var. *pendulum* (Pickersgill, 1969).

Para sitios tardíos, los estudios sistemáticos de ajíes son muy escasos, y la identificación de los restos se hace a nivel genérico. Por lo tanto, no se dispone de datos biométricos de las semillas ni descripciones de frutos secos. Restos de semillas de ají de contextos en el sitio de Pachacamac fueron medidos y descritos en su forma, para un total de seis semillas. Cinco de ellos fueron identificados como *C. chinense* y uno como *C. baccatum* (Chiou y Hastorf, 2015). La longitud promedio de las semillas de *C. chinense* fue de 4,37 mm. Eso está muy cerca del valor promedio de las semillas de *C. frutescens* del sitio El Brujo (Tabla 3).

Los rangos de longitud y anchura de las semillas de las especies *C. chinense* y *C. frutescens* dependen de sus características evolutivas y antecedentes taxonómicos, incluidos los eventos de hibridación. En el caso de Huaca Prieta, muestran valores superpuestos, siendo identificados por características cualitativas (Chiou y Hastorf, 2012).

Los seis especímenes estudiados de Pachacamac estaban relativamente mal conservados. Se identificaron cuatro semillas como *C. chinense*, siendo un espécimen potencialmente *C. baccatum* y otro considerado como *C. frutescens*. Sin embargo, eso está abierto a debate, teniendo en cuenta las dificultades para diferenciar las semillas modernas de *C. chinense* versus *C. frutescens*, siendo aún más difícil para las muestras arqueológicas.

Otro atributo clave utilizado en nuestros análisis fue MEB de superficies de testa de semillas de Túcume y El Brujo. Tenemos una base de datos de

imágenes de superficies de testa de *C. annuum*, *C. baccatum* var. *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* de semillas modernas. Eso nos permitió identificar semillas arqueológicas de los sitios Túcume y El Brujo (Figs. 10 a 12). También hemos tenido en cuenta la forma de las semillas. Sin embargo, eso puede no ser conveniente, debido a la falta de preservación del pico o radícula en las semillas arqueológicas. Por ello, hemos utilizado el escaneado de la superficie de la testa de la semilla.

Las semillas de *C. frutescens* tienen forma de lágrima con un pico que sobresale, formando la punta de la semilla. La textura de la superficie de la testa es generalmente suave. Para *C. chinense*, la semilla es generalmente de forma circular, con una abertura de unión en forma de "boca de pez". Comprende el pico que sobresale en un gran ángulo y un pequeño "labio" debajo de él. La textura de la superficie de la semilla es suave, con un pequeño indicio de reticulación a nivel epidérmico, como se muestra en aumentos MEB de 50X, 300X y 500X (Chiou y Hastorf, 2012). También hemos encontrado detalles discriminatorios para *C. frutescens* y *C. chinense*. Así, *C. chinense* tiene una textura de superficie lisa (Fig. 8), con reticulaciones sinuosas y ruminadas (similares a vueltas intestinales) (Fig. 8B). En el caso de *C. frutescens*, la textura superficial también es lisa, pero con formas onduladas y patrones dendríticos (similares a las dendritas) (Fig. 9B). Por lo tanto, las testas de semillas de ambos sitios arqueológicos estaban en buen estado de conservación. Así, identificamos las semillas de Túcume y El Brujo como *C. frutescens* (Tabla 3, Figs. 7 y 10 a 12).

En el caso de las muestras de Huaca Prieta, se realizaron identificaciones taxonómicas utilizando diversos atributos cualitativos y medidas. Los análisis canónicos, permitieron identificar cuatro especies, destacándose la ausencia de *C. annuum*, especie que fue domesticada en México (Chiou y Hastorf, 2012). En el caso de las muestras de Pachacamac, las identificaciones se basaron en la forma del pico o radícula, así como en la sección transversal (margen de la semilla). No existen imágenes de la topografía de la superficie, debido a que las semillas presentaban mala conservación y ausencia de la mayor parte de la superficie de la testa (Chiou y Hastorf, 2015).

Por otro lado, cabe señalar que las semillas de ambos sitios (Túcume y El Brujo) analizadas en este trabajo fueron recuperadas de contextos domésticos (habitaciones). Trabajos previos reportaron que las semillas de *C. pubescens* y *C. frutescens* de Huaca Prieta también fueron encontradas en contextos domésticos. Por su parte, *C. baccatum* fue encontrada principalmente en áreas de banquetes, y *C. chinense* fue recuperada de todos los contextos de Paredones (Chiou y Hastorf, 2012).

No hemos identificado ninguna semilla de *C. pubescens* en los sitios Chimú. Eso indicaría que este ají altoandino no habría estado disponible en estos sitios costeros tardíos. Cabe señalar que las semillas de *C. pubescens* se caracterizan por márgenes muy gruesos y altamente reticulados, que serían inmediatamente identificables mediante MEB.

Según los datos existentes, *C. chinense* estuvo muy extendida a lo largo de la costa andina prehispánica, así como *C. baccatum* también estuvo presente a lo largo de la costa, desde el precerámico hasta el intermedio tardío, como se menciona para Huaca Prieta, sitios del periodo temprano, intermedio temprano, y Pachacamac (Chiou y Hastorf, 2012, 2015).

La textura de la epidermis de la semilla de El Brujo corresponde a *C. frutescens* (Fig. 12B, 12C y 13B), diferenciándola de las otras tres especies sudamericanas. Sin embargo, hay una discordancia en algunos casos, ya que la forma de las semillas y los picos o radículas tienen características de *C. chinense* (Fig. 12A y 13A). ¿Por qué tenemos estas contradicciones entre estas dos características? Intentaremos explicarlo desde el punto de vista evolutivo, taxonómico y genético, con el fin de dar luz a futuros estudios.

Pickersgill (1971) señala que *C. chinense* es una especie estrechamente relacionada con *C. frutescens*. Este último suele tener frutos pequeños de hoja caduca y se encuentra en condiciones de maleza; y en algunos casos, escapado del cultivo. Esto plantea la cuestión de si *C. frutescens* es el progenitor o ancestro de *C. chinense*. De hecho, las diferencias entre *C. chinense* y *C. frutescens* son mucho menores que entre otros pares de especies silvestres domesticadas, como la *C. annuum* var. *annuum* versus *C. annuum* var. *glabriusculum* silvestre; y *C. baccatum* var. *pendulum* doméstico versus *C. baccatum* var. *bacatum* silvestre.

Ecológicamente, *C. chinense* y *C. frutescens* son simpátricos en toda su área de distribución (Perú, Brasil, Colombia y Bolivia). Los estudios de su distribución no han permitido descifrar cuál es el ancestro más antiguo. No existen híbridos naturales entre *C. frutescens* y formas de maleza de *C. baccatum*, pero existen híbridos entre *C. frutescens* y *C. chinense*, de los cuales no existen estudios específicos, por ejemplo, de sus semillas.

Se utilizaron estudios moleculares de Walsh y Hoot (2001) de la región atpB-rbcl del cloroplasto para determinar la filogenia de 11 especies de *Capsicum*. Los resultados mostraron que *C. annuum* (la especie domesticada en México), *C. frutescens* y *C. chinense* están estrechamente relacionadas, teniendo las dos últimas una relación genética más estrecha. *C. chinense* es algo más distante de *C. annuum*. Por otro lado, *C. galapagoense* se mostró entre *C. frutescens* y *C. chinense*. Eso implicaría que *C. galapagoense* habría tenido un origen continental.

Eshbaugh et al, (1983), utilizando datos de estudios de isoenzimas, propusieron que *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* forman un complejo muy unido. Habrían surgido de un acervo genético ancestral, dando lugar al de *C. frutescens* y *C. chinense*. Los taxónomos tienen el dilema de reconocer una, dos o tres especies dentro de este complejo. Por otro lado, se reconocen cinco especies taxonómicas distintas con fines comerciales. Se deben tener en cuenta bases de datos cualitativas de semillas con características morfológicas de toda la planta, para clasificar mejor estas semillas.

La región del espaciador transcrito interno del ADN nuclear-ribosómico (rDNA-ITS) se ha utilizado ampliamente para la identificación de especies, pero rara vez se ha utilizado en *Capsicum*. Las evaluaciones de diversidad genética y los análisis filogenéticos se llevaron a cabo utilizando rDNA-ITS de 28 accesiones de *Capsicum*. Incluían cinco especies domesticadas y dos silvestres. La diversidad genética se evaluó utilizando polimorfismos de un solo nucleótido (SNP). *C. annuum* tuvo la diversidad genética más baja de todas las especies en este estudio. El árbol filogenético formó un clado específico de especie para *C. annuum*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. El clado de *C. chinense* superpuesto estaba dentro del clado de *C. frutescens*, lo que implica que era una variante cultivada de *C. frutescens*. Este estudio indicó que la región rDNA-ITS se puede utilizar para la identificación simple de especies de *Capsicum* domesticadas. Se propuso el origen evolutivo casi paralelo de *C. frutescens* y *C. chinense* (Shiragaki et al, 2020).

C. frutescens y *C. chinense* son morfológicamente similares. Los estudios moleculares apoyan su similitud genética. Sin embargo, la relación genética entre estas dos especies aún no es concluyente. Se deben realizar estudios arqueobotánicos de semillas de ají de estas dos especies para arrojar luz sobre este tema. Los estudios de filogenia deben tener en cuenta la evolución, taxonomía y genética de estas dos especies. Por lo tanto, se necesita más trabajo a nivel arqueológico, morfológico y molecular. Por ejemplo, comparando el ADN antiguo y de sus representantes modernos, para descubrir las relaciones antiguas y modernas de estas especies de ají.

Conclusiones

Las técnicas canónico-estadísticas y el poder resolutivo de la microscopía electrónica de barrido son actualmente las mejores herramientas para el estudio de semillas de origen arqueológico. En el caso de semillas cultivadas del género *Capsicum*, estas técnicas están demostrando ser eficientes para la identificación de semillas de ají cultivadas. De esa forma, es posible obtener información sobre su evolución y dispersión en diferentes épocas y sitios de la costa peruana. Además, debería permitir descubrir más a fondo otros aspectos de su domesticación y ecología. La buena conservación de los restos botánicos en la costa seca peruana debe permitir estos estudios. Eso puede incluir nuevos desarrollos de investigación sobre semillas y frutos de *Capsicum* cultivados. Eso debería permitir comparar la información genética disponible sobre las cuatro especies de *Capsicum* cultivadas en este territorio.

Agradecimientos

Este estudio se realizó con el financiamiento del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-ARQUEOBIOS. Nuestro agradecimiento a la Dra. Isabel Rey Fraile, del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, quién facilitó los servicios de microscopía electrónica de barrido en el MCNM. También nuestro agradecimiento al Dr. Arturo Morales Muñiz por permitir el uso de las instalaciones del Laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid.

Referencias bibliográficas

- Bonavía D (1982): *Los Gavilanes. Mar, desierto y oasis en la historia del hombre*. Corporación Financiera de Desarrollo COFIDE, SA. Instituto Arqueológico Alemán. Lima.
- Cohen MN (1978): *The food crisis in prehistory*. Overpopulation and the origins agriculture. Yale University Press. New Haven and London. Pp X + 341.
- Chiou KL, Hastorf CA (2012): *Capsicum* spp. at the Preceramic sites of Huaca Prieta and Paredones. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 74, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab74/lab74.pdf> (13 April 2014).
- Chiou KL, Hastorf CA (2015): Pachacamac, Peru Archaeological *Capsicum* seed analysis. Berkeley McCown Archaeobotany Laboratory Report No. 82, Department of Archaeobotany, University of California, Berkeley. <http://archaeobotany.berkeley.edu/Research/LabReport/lab77/lab77.pdf> (01 Junio 2015).
- Engel F (1964): El precerámico sin algodón en la costa del Perú. Congreso Internacional de Americanistas, México 1962, Actas y Memorias, Vol. 3, pp. 141-52.
- Eshbaugh WH (1964): A Numerical Taxonomic and Cytogenetic Study of Certain Species of the genus *Capsicum*. MS, doctoral dissertation, Indiana University, Bloomington.
- Eshbaugh WH (1983): The genus *Capsicum* in Africa. *Bothalia*, 14, 845-848.
- Eshbaugh WH, Sheldon IG, McLeod MJ (1983): The Origin and Evolution of the Domesticated *Capsicum* Species. *Journal of Ethnobiology* 3: 49-54.
- Feldman RA (1980): Aspero Perú: architecture, subsistence economy and other artifacts of a preceramic maritime chiefdom. A thesis presented by to the Department of Anthropology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the subject of Anthropology in the subject of Anthropology Harvard University, Cambridge. October. Pp xvi + 290.
- Lynch T (1978): The South American Paleo-Indians. Ancient Native Americans, J.D. Jennings editor W.H. Freeman & Co., San Francisco. Pp. 455-489.
- Moscone EA, Scaldaferrero MA, Grabielle M, Cecchini NM, Sánchez García Y, Jarret R, Daviña JR, Ducasse DA, Barboza GE, Ehrendorfer F (2007): The evolution of chili peppers (*Capsicum*—Solanaceae): A cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae* 745: 137–170.

- Murley MR (1951): Seeds of the Cruciferae of Northeastern North America. *American Midland Naturalist* 46:1–81.
- Pearsall DM (1978): Phytolith Analysis of Archeological Soils: Evidence for Maize Cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199 (4325): 177-178.
- Perry L, Dickau R, Zarrillo S, Holst I, Pearsall DM, Piperno DR, Berman MJ, Cooke RG, Rademaker K, Ranere AJ, Raymond JS, Sandweiss DH, Scaramelli F, Tarble K, Zeidler JA (2007): Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315: 986–988.
- Pickersgill B (1969): The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity* 34: 54–61. <https://doi.org/10.2307/278313>.
- Pickersgill B (1971): Relationships between weedy and cultivated forms of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683–691.
- Pickersgill B (1980): Plant breeding. *Nature* 283: 896. <https://doi.org/10.1038/283896a0>.
- Pickersgill B (1988): The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. *Biologisches Zentralblatt* 107(4): 381–389.
- Pozorski S (1976): Prehistoric Subsistence Patterns and Site Economics in the Moche Valley, Peru. Ph.D. diss., Department of The University of Texas at Austin ProQuest Dissertations Publishing, 1976. 7626686.
- Shiragaki K, Yokoi S, Tezuka T (2020): Phylogenetic Analysis and Molecular Diversity of *Capsicum* Based on rDNA-ITS Region. *Horticulturae* 2020, 6 (4), 87; <https://doi:10.3390/horticulturae6040087>.
- Ugent D, Ochoa C (2006): *La etnobotánica del Perú: desde la prehistoria al presente*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, CONCYTEC. Pp. 379.
- Towle MA (1961): *The Ethnobotany of Pre-Columbian Peru*. Aldine, Chicago, USA. Pp.183. <https://doi.org/10.4324/9781351303965>.
- Walsh BM, Hoot SB (2001): Phylogenetic Relationships of *Capsicum* (Solanaceae) Using DNA Sequences from Two Noncoding Regions: The Chloroplast atpB - rbcL Spacer Region and Nuclear waxy Introns. *International Journal of Plant Sciences* 162 (6): 1409-1418.
- Yacovleff E, Herrera FL (1934): El Mundo Vegetal de los Antiguos Peruanos. *Revista del Museo Nacional* 3, Perú.

Faunal use during the Archaic period based on macro remains from Cruz Verde, North Coast of Peru

Kazuho Shoji

Postdoctoral fellow, JSPS (Japan Society for the Promotion of Science), Yamagata University, Yamagata, Japan.

Abstract

The Cruz Verde site, located on the north coast of Peru, has a preceramic mound formed between 4.200-3.800 BC. This paper presents the results of a zooarchaeological analysis of the macro remains excavated from this mound to identify changes in faunal use and its characteristics of the Archaic period. There is a distinct difference in the two phases, from the phase CV-Ia, when marine mammals, seabirds, and fish are used equally, to the phase CV-Ib, when cartilaginous fish, mainly *Carcharhinus* sharks, are used intensively. The ecological and biological habits of the fish species that increase during phase CV-Ib suggest that the intensive resource exploitation in the estuarine brackish waters began. Referring to the data reported from other sites on the North Coast, the cartilaginous fish use tradition is a characteristic of the North Coast of Peru at least from Archaic to Formative period. On the other hand, the excavated cartilaginous fish taxonomy shows that there are differences in the fish species used in the Archaic and Formative periods. It can be pointed out that there are variations in the cartilaginous fish use tradition on the North Coast.

Key words: Zooarchaeology, archaic period, macro remains, cartilaginous, maritime ecology.

Resumen

El sitio Cruz Verde, ubicado en la costa norte del Perú, cuenta con un montículo precerámico formado entre 4.200-3.800 años a.C. Este trabajo presenta los resultados del análisis zooarqueológico de los macrorestos excavados en este montículo para identificar los cambios en el uso de la fauna y sus características en el periodo Arcaico. Se observa una clara diferencia en las dos fases, desde la fase CV-Ia, en la que se utilizan por igual mamíferos marinos, aves marinas y peces, hasta la fase CV-Ib, en la que se utilizan intensamente los peces cartilaginosos, principalmente los tiburones *Carcharhinus*. Los hábitos ecológicos y biológicos de las especies de peces que aumentan durante la fase CV-Ib sugieren que comenzó la explotación intensiva de recursos en las aguas salobres del estuario. Refiriéndose a los datos reportados de otros sitios de la costa norte, es claro que la tradición de uso de peces cartilaginosos es una característica de la costa norte del Perú por lo menos desde el periodo arcaico hasta el formativo. Por otro lado, la taxonomía de los peces cartilaginosos excavados muestra que hay diferencias en las especies de peces utilizados en los periodos arcaico y formativo. Se puede señalar que existen variaciones en la tradición de uso de peces cartilaginosos en la costa norte.

Palabras clave: Zooarqueología, periodo arcaico, macrorestos, cartilaginosos, ecología marítima.

Introduction

This paper presents the results of taxonomical identification analysis of animal remains excavated from Mound A-2 at the Cruz Verde site on the north coast of Peru, and clarifies animal use at the site during the Archaic period. The purpose of this study is to examine the resource use strategies and their temporal changes in the ancient maritime communities on the north coast, which have recently been reported as different from those on the central coast. The Archaic Period (5.000BC-3.000BC) is regarded as a period which had a great progress in sedentarization and domestication of plants and animals, and such changes in lifestyle and resource use strategies have been discussed in connection with social and economic development (e.g., MacNeish et al, 1980; Rick, 1988; Lynch, 1980; Dillehay ed. 2011). This shift from a highly mobile, hunter-gatherer-based lifestyle to a more sedentary lifestyle should not only have changed subsistence economy, but also should have changed the basis of social organization in terms of cooperation and distribution of resources. The Archaic period has thus been regarded as an important period during which the bases of Andean tradition was formed (e.g., Moseley, 1975; Moseley and Feldman, 1988; Dillehay ed. 2011). This study is essential to understanding the diversity of economic activities that took place in the coastal areas of the Andean archaic period.

Previous studies on the animal use in the archaic period

While studies on the cultivation of plants and the domestication of camelids have been accumulated in the inland and highland regions of Andes, there have been many discussions on the maritime settlements supported by abundant marine resources and its social complexity (e.g., Lanning, 1967; Moseley, 1975; Moseley and Feldman, 1988; Fung, 1988; Engel, 1981; Quilter, 1989). Among them, Michael E. Moseley, who comprehensively compiled data on natural artifacts and livelihoods in the central coast of Peru, focused on the existence of ritual structures that began to be constructed in the early Formative period, and suggested that the settlement of the area due to abundant marine resources and population growth through fishing led to the emergence of complex societies that constructed huge ritual structures (e.g., Moseley and Feldman, 1988; Engel, 1981; Quilter, 1989). Among them, Michael Moseley (1975) suggested that the population growth due to sedentarization and abundant marine resources led to the emergence of complex societies that constructed huge ceremonial architecture in the Formative period. Although his argument remained within the framework of neo-evolutionism perspective, which emphasizes a subsistence economy with large productivity, it has had a significant impact on the development of subsequent research¹ (e.g., Hirota, 2003; Prieto, 2015: 1104-1106; Beresford-Jones et al, 2018). Although there are some problems that cannot be overlooked, such as a time gap of more than

¹ There are some hypotheses that tries to emphasize the importance of the production and use of fishing nets made of plant fiber, which led to the reorganization of labor organization (Hirota, 2003; Beresford-Jones et al, 2018), or in response to previous discussions that have assumed intensive exploitation on anchovy as a major food resource, some have pointed out the utilization of a wide range of animal and plant resources with and the low percentage of anchovy as a food resource (Prieto, 2015: 1104-1106).

1.000 years between the establishment of sedentary community and the appearance of ceremonial architectures, there can be no dispute that the exploitation of marine resources played a certain role in the formation process of Andean civilization of the coastal region.

An important factor in the discussion is the anchovy (*Engraulis ringens*), which is abundant in the Andean coast (Moseley and Feldman, 1988). Unlike other small fish, anchovy feeds directly on phytoplankton, which is why its population is so large, and the Peruvian coast, where planktons are abundant due to upwelling current, is famous as one of the best fishing grounds in the world (Watanabe, 2012). Fishing nets were considered necessary for anchovy fishing, and together with the use of cotton (*Gossypium barbadense*) as a material for nets, they have been regarded as a characteristic of maritime settlements in the archaic period. In fact, the predominant use of anchovy and cottons have been reported at many archaeological sites along the central coast of Peru during this period (e.g., Chu, 2011; Ugent et al, 1984: 420; Shady and Leyva eds. 2003, Vega-Centeno, 2005: 186; Quilter, 1989; Pozorski and Pozorski, 2003). Even at the Paloma site on the central coast, a well-known fishing settlement dating back to 5700 years BC, more than half of the excavated fish remains are anchovy (Reitz, 2003). To some extent, it is acknowledged that the use of marine resources, mainly net fishing for anchovy, was a major factor in the sedentary process². Thus, previous studies on the archaic period of the Peruvian coast have tended to pair fishing settlement with anchovy utilization. However, most of the discussions have focused on the central coast, where most of the research has been concentrated.

On the other hand, recent investigations on the north coast have revealed a different picture from that of the central coast. The Huaca Prieta site on the north coast, made prominent by Junius Bird (Bird et al, 1985) when he reported abundant organic artifacts such as gourd vessels and textiles, was resurveyed in the late 2000 (Dillehay ed. 2017). The major repercussions of this survey were the discovery of a long-term accumulation of human activity at the site dating back to the Late Pleistocene (14.500 cal. BP) (Dillehay et al, 2012b) and the identification of a variety of the oldest food plants, including maize, at Huaca Prieta and the adjacent Paredones site (Grobman et al, 2012; Bonavia et al, 2017). Maize has been dated to 6.775-6.504 cal. BP (Grobman et al, 2012: 1758), which is well beyond the case of the Los Gavilanes site (1.800 years BC) in the Initial Formative period of the Central Coast. The study revealed that there is a need to reconsider the use of plants. The analysis of excavated animal bones reveals a complex animal use centered on seabirds (e.g., *Phalacrocoracidae*) and sea lions (*Otariidae*), along with a rich variety of fish species (Vásquez et al, 2017). Regarding to fish, sharks of the *Carcharhinidae* family are the most frequently excavated (Vásquez et al, 2017: 358), which is very different from the mentioned aspect of the archaic period of the central coast. However, the archaeological data from the Huaca Prieta and Paredones sites divide the approximately 2300 years from 7572 cal BP to 5308 cal BP into two phases, Phase II-III (Phase I includes the Late Pleistocene, and Phases IV

² According to A. Chu, who investigated the Bandurria site, anchovy was excavated in large numbers, but at the same time many medium-sized fish species were also utilized, indicating that a variety of resource use was conducted in accordance with ecological niches (Chu 2011).

and V correspond to the Initial Formative period) (Dillehay et al, 2012a: 62-65), a scale is a bit too macroscopic to clarify the Archaic period's dynamics.

The dominant use of sharks on the north coast of Peru reported not only from Huaca Prieta, but also from Padre Alban, Alto Salaverry (Pozorski, 1979), the Huaca Prieta survey data reported by Bird (Bird et al, 1985) in the Initial Formative period (3.000-1.800 BC), Gramalote (Pozorski, 1979; Prieto, 2015) and Puemape (Elera, 1998) in the Early Formative period (1.800-1.000 years BC). It suggests that this pattern of animal use was long term tradition and had some regional spread. In fact, a review of archaeological data of animal and plant remains from the lithic to formative periods shows that this tradition of shark use was characteristic of the north coast of Peru, north of the Santa River confirming the regional diversity in animal use in the Peruvian coast (Shoji, 2014: 51-72). Gabriel Prieto has also renewed the image of the fishermen of the north coast during the Formative period by deriving the presence of shark-based fishing activities from Gramalote archaeological project (Prieto, 2015: 1107-1112; 2021).

As described above, archaic period studies of the Peruvian coast have focused on animal use, with emphasis on anchovy, in the process of the establishment of fishing settlements and social development based on studies of the central coast. On the other hand, it is becoming clear that there is a diversity in animal use in the coastal areas stretching from north to south, but there has been insufficient discussion to comprehensively understand for the regional pattern and meaning of subsistence activities in these coastal areas. If the strategies of food procurement in the Andean region differ from region to region, it also implies that there is a diversity in the formation process of Andean society. In this paper, we focus on the north coast, where the transition of animal use has only been roughly understood, and present the results of taxonomical identification analysis of animal remains excavated from the Cruz Verde site. Through comparisons with other archaeological sites, the paper will also clarify the transition and characteristics of animal use during the Archaic period on the north coast of Peru.

Formation Process and Chronology of A-2 Mound at Cruz Verde

The Cruz Verde site is located in the lower Chicama Valley coastal region. It is located on a slight rise in the coastal terrace about 200 m distance from the present-day coastline, about 6 km north of the mouth of the Chicama River and 4 km southwest of the nearest village, Magdalena de Cao (Fig. 1). The coastal area of the Chicama River basin also contains several mounds formed in Archaic period, including the afore mentioned Huaca Prieta and Paredones (Bird et al, 1985; Dillehay ed. 2017), about 3 km south of the Cruz Verde site, and 12 km north of the Huaca Pulpar (Engel, 1957) are located 12 km to the north. The Cruz Verde site consists of three mounds: one slightly steeply sloping mound on the southwestern side (mound A-2), a group of slightly flattened mounds about 200 m away (mounds B-1~3), and a flat plain (plain area A-1) that extends between them (Fig. 2). From the plain area A-1, pottery from the early Middle Formative period has been excavated, indicating that small-scale residential occupations were here (Shoji and La Rosa, 2017). In addition, although most of the other mounds were formed by Preceramic

occupations, the surface and upper layers of the mounds also show occupations in the Regional Development period and the Regional State period, indicating that long-term and intermittent activities were taking place at this site, according to the archaeological surveys conducted in 2016 and 2017 (La Rosa and Shoji, 2017; 2018).

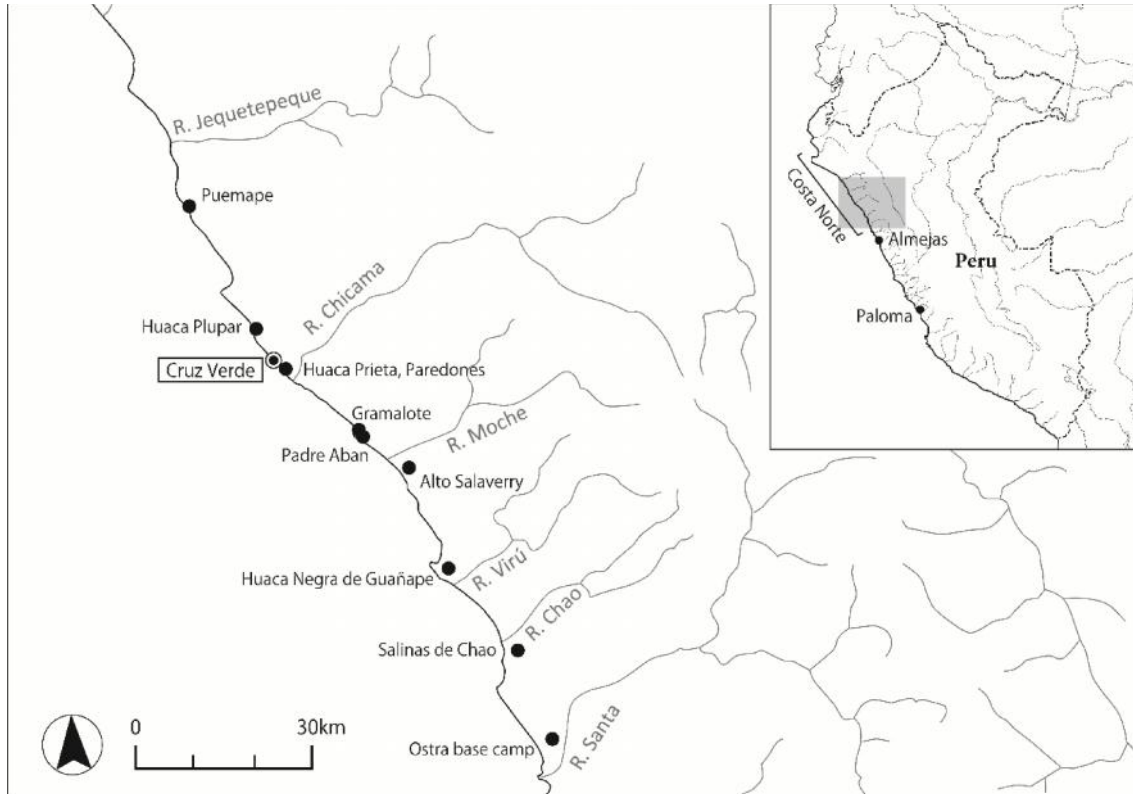


Figure 1. Location of Cruz Verde and other archaeological sites on the north coast of Peru.

In particular, the intensive excavation of mound A-2 revealed a repetitive mound formation process, in which anthropogenic sedimentary layers were repeatedly built up. In addition, the mound's sedimentary layers contained large quantities of natural remains and artifacts such as stone and bone tools with intensive use-wear, as well as a clay floor covering the mound and several burials that were embedded in the mound formation process. These indicate that the A-2 mound was formed by composite activity, disposal, burial, and the clay floor constructing activity. However, changes in the mound formation process, as described below, were also clearly identified. This artificial process of mound formation was also revealed in the reexamination of Huaca Prieta mentioned above. According to Dillehay and collaborators, the mounds at Huaca Prieta was not naturally deposited through the accumulation of residential activity, but was the result of planned "mounding", with the start of constructing date back to 7500 cal BP (Dillehay et al, 2012a: 65). Although there are differences in the archaeological materials and burials excavated at the Huaca Prieta and Cruz Verde, the fact that they share similar mound formation process suggests that a mound-building tradition was shared in the lower Chicama River basin, where the archaic mound complexes were distributed.

Summarizing the stratigraphic data of formation process of the A-2 mound, it is possible to establish two constructive phases in the Cruz Verde. The absolute ages of the two constructive phases were determined by radiocarbon dating of carbonized and uncarbonized plant remains collected from favorable archaeological contexts corresponding to the two phases: phase CV-1a (4.200-4.000 BC) and phase CV-1b (4.000-3.800 years BC). These results suggest that mound formation process at Cruz Verde correspond to "Phase III" (~6.538-5.308 cal. BP) of Huaca Prieta and Paredones (Dillehay et al, 2012a: 65), which is the expansion phase of the mounds. In other words, the stratigraphic data at Cruz Verde provides a more detailed time frame for the macroscopic chronology (Dillehay et al, 2012a: 62-65), which is more suitable for observing large changes, and allows us to capture more detailed changes in human activity during the archaic period.

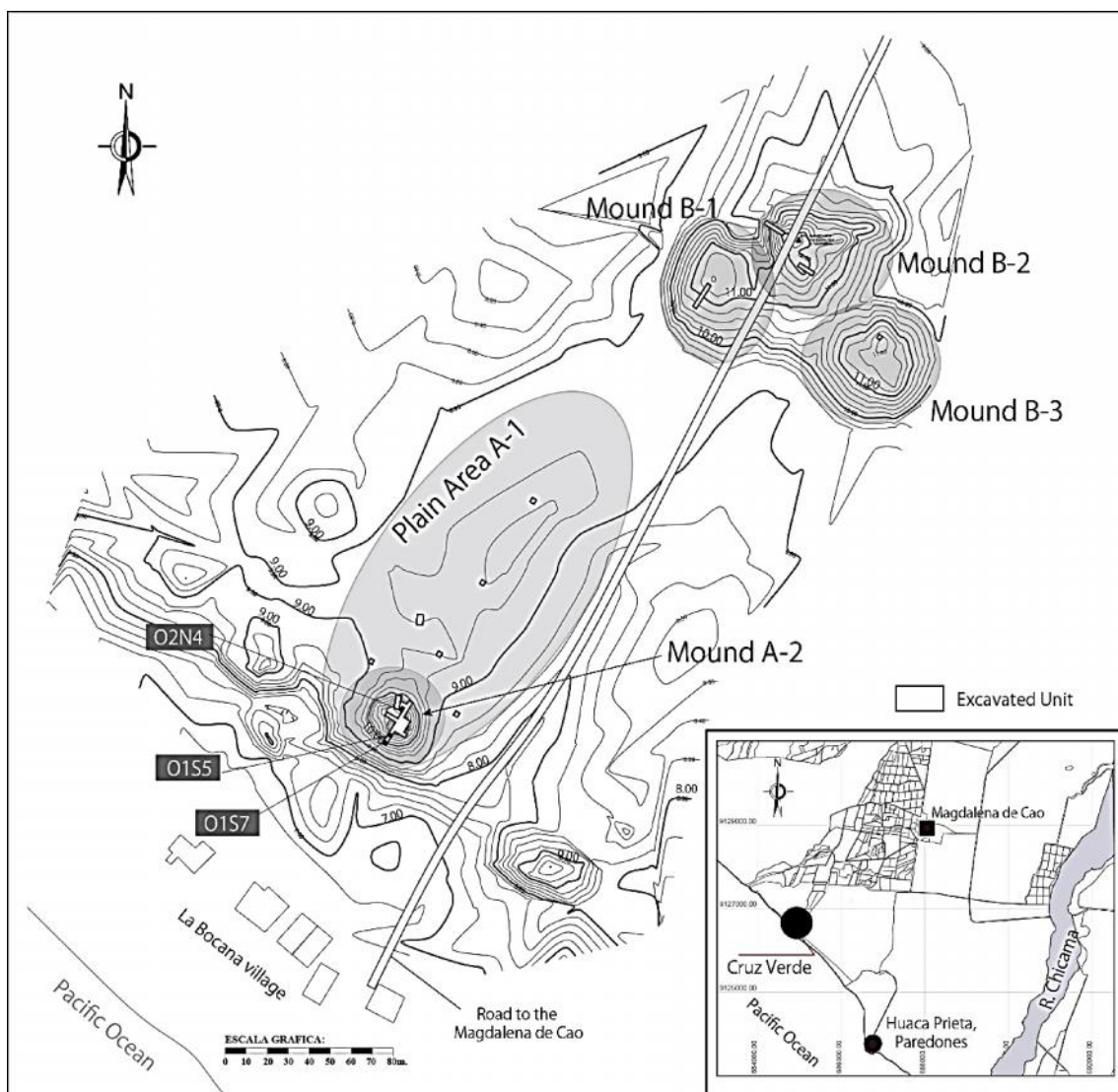


Figure 2. Topographical map and the excavation units at Cruz Verde.

Let us briefly describe the characteristics of each phase at the Cruz Verde site. In CV-1a, the formation of the mound began directly above the ground layer, and

the cultural layer repeatedly accumulated containing large amount of natural remains, used artifacts with compacted surface. On the other hand, during phase CV-Ib, such surfaces were artificially prepared with whitish clay floor and formation process was repeated more frequently. Another important feature of this period is burials. Excavated 8 burials indicate that burial activities are often integrated into the formation process of this mound. Since it is clear that the edges of the floor sloped gently as the mound rose and fell, and no stone structures such as retaining walls were observed, it is thought that this structure was just only a “mound”, and its upper surface was an open space covered by a clay floor in phase CV-Ib.

Archaeological context of materials and methodology

In this paper, we focus on the animal remains deposited in these archaeological layers through the mound formation process described above. The large amount of food residues, including animal bones and plant micro remains, clearly indicates that there was an inextricable link between the mound formation process and the disposal activity. The overlapping and continuous archaeological contexts at Cruz Verde allows us to follow the changes in animal use during the archaic period.

The division of the north coast and the central coast used in this paper is a convenient division of the Peruvian coastal region, which extends from north to south. North of the Santa River correspond to “north coast” and south of the Santa River correspond to “central coast”. These divisions are not only a matter of convenience, but there are also distinct differences in geographical characteristics. One of these is the difference in coastal topography. On the central coast, the coastline is a series of narrow, intricate inlets, whereas on the northern coast, they are spread out as gentle, wide bays. In addition, on the central coast, the coastline is often sheer like a cliff, forming a steep slope topography, while on the northern coast, the slope from the coastline to the interior is extremely gentle, showing a topographic aspect of an expanding coastal plain. These topographical differences will be touched upon again when discussing changes in the archaic period animal use at Cruz Verde.

The animal bones analyzed in this paper are from three of the 2 m² excavation grids on the A-2 mound: O2N4, O1S5, and O1S7 (Fig. 2). The total volume of excavated soil of the three grids was 5.298 m³ for the phase CV-Ia and 5.091 m³ for the phase CV-Ib, respectively. The reasons for selecting the materials excavated from these grids were their location on the south and north sides across the center of the mound and the ability to deal with materials excavated from a series of stratigraphy up to the ground layer.

All of these materials were collected based on archaeological stratigraphy in the excavation. In addition, all of the excavated soil was screened by stratigraphic level with a mesh size of 12 mm to make a standard of material collecting. In order to collect animal bones of small and juvenile fish, typically sardine or anchovy, it is necessary to conduct sampling using a sieve with a mesh size less than 1 mm. This paper will focus on the animal use and its changes on the North Coast in the Archaic period as seen from the macro remains of animals,

and such sampling data for small fish will be supplemented in another separate paper. The data indicate that a variety of small fish, such as anchovy, were used, but the rough composition of animal species and its proportion are similar to the results of macro remains.

Species identification analyses of fish, birds, and mammals were conducted by Víctor Vásquez and Teresa Rosales (Vásquez and Rosales, 2018) through comparisons with the correction of the recent specimens stored at the Bioarchaeological and Paleoecological Research Center (ARQUEOBIOS) and the animal bone specimens excavated at the Los Gavilanes site. These identification analyses were conducted for each archaeological layer and grid from which the animal bones were excavated, and the number of each identified species was calculated in each of the CV-Ia and CV-Ib to discuss taxonomical abundance of each phase. The number of identified materials (NISP), which calculates the total number of identified materials regardless of whether they are complete or fragments, was used for quantitative analysis, and comparisons were made to determine the relative dominance of animal species within the fish, bird, and mammal taxonomic groups and their changes over time.

Result: Species composition of fish, birds, and mammals through time

The analysis identified 3.935 animal bones from the CV-Ia and CV-Ib phases. The total number of identified animal species was 33, including 19 species of fish, 9 species of birds, and 5 species of mammals. 1.969 items were excavated from the CV-Ia layers, and 1966 items from the CV-Ib layers (Table 1).

The most abundant fish species identified in both periods was *Carcharhinus* genus (*Carcharhinus* spp.), with 213 materials in CV-Ia and more than four times as many (860) in CV-Ib (Fig. 3). Although species identification of the *Carcharhinus* genus is difficult, two animal bones in CV-Ia and 11 in CV-Ib were identified as bull sharks (*Carcharhinus leucas*)³. In general, these *Carcharhinus* species are large, ranging in adult size from 1 to 3 m in length. They are widely distributed along the Peruvian coast, with many species able to invade and live in brackish and fresh water (IMARPE, 2015; Compango, 1984). The second most abundant species are *Sphyrna* genus (*Sphyrna* sp.), also Carcharhiniforms, with 104 materials identified in CV-Ia and 200 in CV-Ib. There were 31 animal bones identified to species as smooth hammerhead (*Sphyrna zygaena*) in CV-Ia and 132 in CV-Ib, which together indicate that a certain amount of the *Sphyrna* genus was utilized over two time periods. The other cartilaginous fish with the great number of identified materials is *Rhizoprionodon* sp. belonging to the family *Carcharhinidae*, with 17 materials in CV-Ia and 104 in CV-Ib. All of the above-mentioned cartilaginous fishes are large species, exceeding 1 m in length. Smaller cartilaginous fishes such as *Myliobatis* sp. and *Squatina armata* were recovered, but their numbers are not large fishes in both periods (Fig. 4). Given the differences in individual size between the two taxa and the number of bones per individual, this concentration toward the cartilaginous fishes in animal use were probably significant in a food source.

³ The identification was made with reference to an exhaustive comparative study of extant specimens and archaeological materials by Jiménez (Jiménez, 2017: 122).

Tabla 1. NISP of the animal remains recovered in Cruz Verde

| Familia | Género y Especie | Nombre Común | fase CV-Ia | | fase CV-Ib | | TOTAL | |
|-------------------|------------------------------------|------------------|------------|------|------------|------|-------|------|
| | | | NISP | % | NISP | % | NISP | % |
| Peces | | | | | | | | |
| Triakidae | <i>Galeorhinus</i> sp. | cazón | 14 | 0.7 | 2 | 0.1 | 16 | 0.4 |
| | <i>Mustelus</i> sp. | tollo | 4 | 0.2 | 4 | 0.2 | 8 | 0.2 |
| | <i>Carcharhinus leucas</i> | cazón de leche | 2 | 0.1 | 11 | 0.6 | 13 | 0.3 |
| Carcharnidae | <i>Carcharhinus</i> spp. | tiburón | 213 | 10.8 | 860 | 43.7 | 1073 | 27.3 |
| | <i>Rhizoprionodon</i> sp. | tiburón hococón | 17 | 0.9 | 104 | 5.3 | 121 | 3.1 |
| Sphyrnidae | <i>Sphyrna zygaena</i> | tiburón martillo | 31 | 1.6 | 132 | 6.7 | 163 | 4.1 |
| | <i>Sphyrna</i> sp. | tiburón martillo | 104 | 5.3 | 200 | 10.2 | 304 | 7.7 |
| Squatinae | <i>Squatina armata</i> | angelote | 13 | 0.7 | | | 13 | 0.3 |
| Rhinobatidae | <i>Rhinobatos planiceps</i> | guitarra | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| Myliobatidae | <i>Myliobatis</i> sp. | raya águila | 9 | 0.5 | 1 | 0.1 | 10 | 0.3 |
| | Cartilagosos no identificado | | 2 | 0.1 | 8 | 0.4 | 10 | 0.3 |
| Mugilidae | <i>Mugil cephalus</i> | lisa común | 26 | 1.3 | 1 | 0.1 | 27 | 0.7 |
| Bothidae | <i>Paralichthys</i> sp. | lenguado común | 6 | 0.3 | 3 | 0.2 | 9 | 0.2 |
| Carangidae | <i>Trachurus symmetricus</i> | jurel | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| | <i>Paralonchurus peruanus</i> | suco | 14 | 0.7 | 25 | 1.3 | 39 | 1.0 |
| | <i>Sciaena starksi</i> | robalo | 10 | 0.5 | 90 | 4.6 | 100 | 2.5 |
| Sciaenidae | <i>Sciaena deliciosa</i> | lorna | 28 | 1.4 | 25 | 1.3 | 53 | 1.3 |
| | <i>Sciaena gilberti</i> | corvina | 20 | 1.0 | 11 | 0.6 | 31 | 0.8 |
| | <i>Sciaena</i> sp. | | 8 | 0.4 | 1 | 0.1 | 9 | 0.2 |
| Pomadasyidae | <i>Anisotremus scapularis</i> | chita | 28 | 1.4 | 2 | 0.1 | 30 | 0.8 |
| | peces no identificado | | 55 | 2.8 | | | 55 | 1.4 |
| Aves | | | | | | | | |
| Spheniscidae | <i>Spheniscus humboldtii</i> | pingüino | 6 | 0.3 | 7 | 0.4 | 13 | 0.3 |
| Laridae | <i>Larus</i> sp. | gaviota | 38 | 1.9 | 32 | 1.6 | 70 | 1.8 |
| | — | | 3 | 0.2 | | | 3 | 0.1 |
| Procellariidae | <i>Pterodroma</i> sp. | petrel | 36 | 1.8 | 5 | 0.3 | 41 | 1.0 |
| Pelecanidae | <i>Pelecanus</i> sp. | pelicano | 55 | 2.8 | 30 | 1.5 | 85 | 2.2 |
| Sulidae | <i>Sula</i> sp. | piqueo | 27 | 1.4 | 3 | 0.2 | 30 | 0.8 |
| Phalacrocoracidae | <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> | guanay | 539 | 27.4 | 195 | 9.9 | 734 | 18.7 |
| Scolopacidae | — | | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| | Aves no identificado | | 134 | 6.8 | 43 | 2.2 | 177 | 4.5 |
| Mamíferos | | | | | | | | |
| Otariidae | <i>Otaria</i> sp. | lobo marino | 455 | 23.1 | 152 | 7.7 | 607 | 15.4 |
| Delphinidae | <i>Delphinus</i> sp. | delfín | 38 | 1.9 | 6 | 0.3 | 44 | 1.1 |
| Pinnipedia | Pinnipedia | | | | 3 | 0.2 | 3 | 0.1 |
| Balaeniidae | — | ballena | 2 | 0.1 | 1 | 0.1 | 3 | 0.1 |
| | Mamíferos no identificado | | 32 | 1.6 | 3 | 0.2 | 35 | 0.9 |
| TOTAL | | | 1969 | | 1966 | | 3935 | |

*Nombres comunes tomados de la base Fish (<https://www.fishbase.se/search.php>)

The number of bony fishes is not so large, but in CV-Ia, 26 mullet (*Mugil cephalus*), 28 lorna (*Sciaena deliciosa*), 20 corvina (*Sciaena gilberti*), and 28 peruvian grunt (*Anisotremus scapularis*) were identified. A diversity of species tends to be uniformly excavated. In CV-Ib, on the other hand, despite an increase in the number of robalo (*Sciaena starksii*) (90 bones), the number of all the fish species found in CV-Ia decreased significantly, showing a concentration toward certain fish species. The only species that showed no significant change in the number were lorna (*Sciaena deliciosa*) and peruvian banded croaker (*Paralonchurus peruanus*), which were identified in 25 materials. A comparison of the proportion of cartilaginous and other fish species shows a concentration toward cartilaginous. In addition, compared to the CV-Ia period, the proportion of *Carcharhinus* sharks became larger in the CV-Ib period, indicating stronger use of this species.

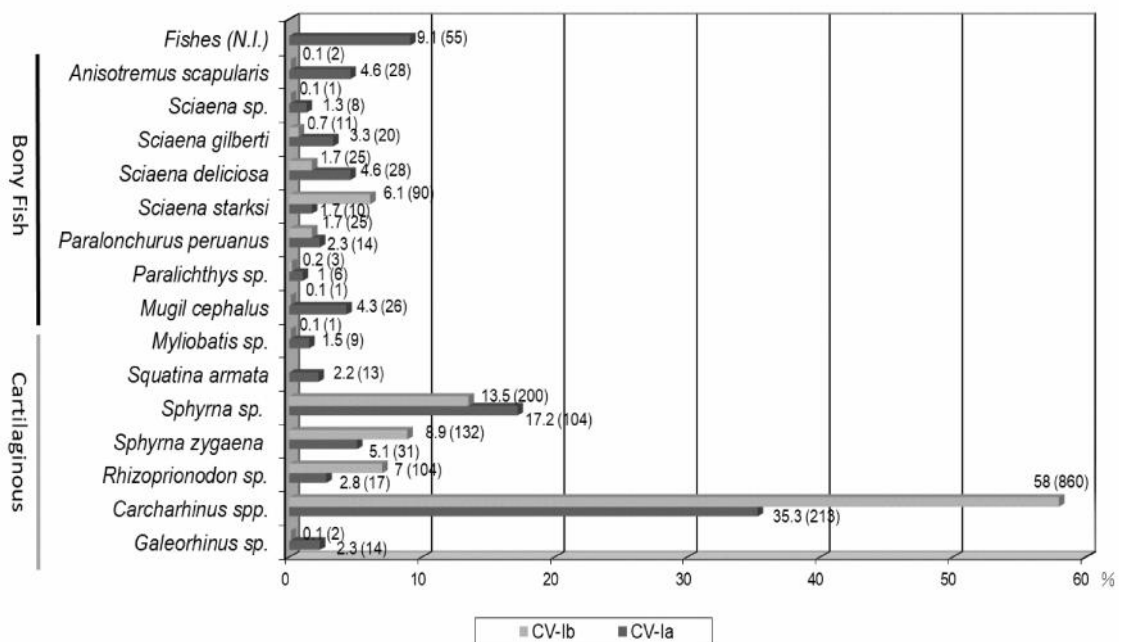


Figure 3. Proportion of the fish species NISP in each phase at Cruz Verde

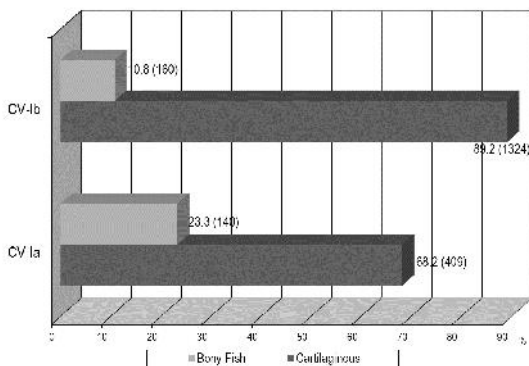


Figure 4. Proportion of the bony fish and Cartilaginous fish in each phase at Cruz Verde.

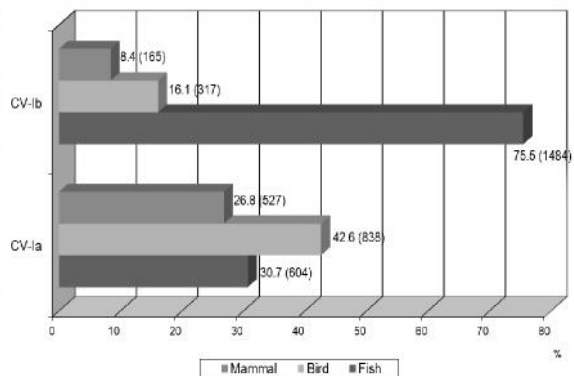


Figure 5. Proportion of the mammal, bird and fish remains in each phase at Cruz Verde.

The dominant bird species is the cormorant (*Phalacrocorax bougainvillii*), followed by the *Pelecanus* genus (*Pelecanus* sp.) (Table 1). Their abundance, with 539 and 55 materials in CV-Ia, is greatly reduced to 195 and 30 in CV-Ib, respectively. All the excavated bird species are found in coastal areas and wetlands today.

Sea lion (*Otaria* sp.) was the most abundant mammal species in both periods, especially in CV-Ia, 455 materials were identified. Even the number of identified materials decreased in CV-Ib, *Otaria* sp. was the most abundant mammal species, with a total of 152 bones. Dolphin (*Delphinus* sp.) is also prominent in the CV-Ia, with 38 materials, but its number decreases in CV-Ib (Table 1).

Finally, we examine the proportion of identified materials in each of the three taxonomic groups (fish, birds, and mammals) by two phases (Fig. 5). As can be seen in Fig.5, a large proportion of mammals and birds were used during CV-Ia, and in line with the animal species discussed earlier, the main used resources were sea lion and cormorant. The meat resource from the sea lion, a large animal weighing more than 300 kg, was an important part of the food procurement strategy. In contrast, the phase CV-Ib, the proportion of mammals and birds species was greatly reduced, and fish became the major source of food. The aforementioned details of fish species indicate that the utilization of fish was focused on cartilaginous fishes especially *Carcharhinus* sharks (*Carcharhinus* spp.).

As seen above, although sardine and anchovy are not included in the analyzed data, Cruz Verde is unique in that many species of large fauna, which are minor in the central coast of Peru. Furthermore, a comparison of the two phases reveals a change in animal use that was more intensive in the procurement of *Carcharhinus* sharks during CV-Ib, whereas during CV-Ia, the animal use was a combination of sea lion and cormorant plus sharks and bony fishes.

Comparison and discussion with other sites on the north coast

Food procurement strategies and changes at the Cruz Verde Site

The analysis in this paper confirms that there was a distinct change in animal use from the phase CV-Ia to CV-Ib, the Archaic period. However, in both phases, there was a strong concentration toward large animal species, indicating that food procurement strategies were oriented toward the exploitation of large food resources during the Archaic period.

Although we do not have a definitive answer to the question of how these animal species were procured, at least no spearpoint lancets, harpoons, or other hunting-oriented tools have been reported from the analysis of lithics, bone artifacts, and shell artifacts. This is in light of the fact that many spearpoint lancets were reported from the mountainous areas during the same period and before (Chauchat, 1988; Chauchat et al, 1998; Dillehay ed. 2011), indicating a significant difference in hunting traditions in the two regions. A similar situation to the Cruz Verde site was reported at the Huaca Prieta and Paredones sites, which are located in the same Chicama river basin and reveal traces of long-

term human activity of 15.000 cal. BP~3.500 cal. BP (Dillehay ed. 2017). Dillehay and collaborators, argue that the absence of fishing and hunting tools such as hooks, harpoons, fishing nets, and fishing lines, both before (15.000 cal. BP~8.000 cal. BP) and after (8.000 cal. BP~3.500 cal. BP) the mound construction, is evidence of simple technologies in terms of "tools"⁴ (Dillehay ed. 2017) were used for a variety of food strategies (Dillehay et al, 2017; Vásquez et al, 2017: 365). They focus on the micro-ecological niches of the coastal zone, represented by the wetlands and lagoons formed in coastal areas by river inflows, the brackish waters of estuaries, and the lagoons formed by high tides. Traditional fishing methods, such as trapping and striking fish or other animals left in shallow water or invade brackish water, have been confirmed from his interviews, and he pointed out that these fishing methods have been maintained for a long time (Dillehay et al, 2017). It can also be assumed by current hunting methods that sea lions can be easily captured by driving individuals up on the beach from the seaward side and hunting them by striking them with stones or sticks, and seabirds can be captured in the same way by simple trapping in coastal areas (Dillehay et al, 2017: 7, Supplementary: Section S3). Although shell-made fishhooks have been recovered at the Cruz Verde site, they are weak and it would be impractical to hoist large sharks with these hooks, so it is likely that large fish, bird, and mammal species were captured using similar methods.

In addition, Dillehay and collaborators emphasize that a wide variety of plant remains assumed to have been cultivated in the coastal wetland and river valleys, along with a small but significant number of animal species identified as inhabiting the mountainous areas. It indicates that resources from diverse environments were exploited through the simple technology and exchanges⁵ (Dillehay et al, 2017: 11). Moreover, this food procurement strategy was long sustained by the abundance of adjacent diverse ecological environments (rivers, estuaries, wetlands, lagoons, tidal pools, etc.) which is specific to the Chicama valley coastal area, and did not require the development of fishing and hunting gear (Vásquez et al, 2017: 365). Similarly, at the Cruz Verde, the analysis shows that the diverse resources of the coastal micro-ecological niche were used in a complex manner. This is especially true for animal use during CV-Ia. On the other hand, our analysis does not suggest only a continuity in food procurement strategy as pointed out by them. At the Cruz Verde site, animal use clearly changed in the phase CV-Ib, with a more concentrated procurement of *Carcharhinus* sharks. We also noted above that in other bony fishes, there is an increase in fish utilization of robalo (*Sciaena starksii*). These data suggest that a focus on one particular animal species may begin to be taken up during CV-Ib.

The result of the shellfish analysis excavated at Cruz Verde shows a similar change between CV-Ia and CV-Ib. Analysis of the taxonomical abundance, the species diversity index, and the size distribution among individuals of two bivalve and one sea snail species (*Protothaca thaca*, *Choromytilus chorus*,

⁴ "Simple means without elaborate technology" is also supplemented (Vásquez et al, 2017: 365).

⁵ Dillehay reserves judgment at present on whether coastal groups went to procure the resources of mountainous and river valley areas themselves, or whether they obtained them through exchange (Dillehay et al, 2017).

Thais chocolata), reveal a concentration toward specific species during CV-Ib and a change in the size of the population in the ecosystem⁶ (Shoji, 2018). In light of this change in shellfish use, it is highly likely that some environmental change during CV-Ib triggered the changes in animal use shown in this paper. In fact, an increase in the magnitude and frequency of El Niño events is evident from sclerochronological analysis of shellfish, but this data will be discussed in another paper that we are preparing.

Cartilaginous Use Traditions and Changes on the North Coast

The analysis and discussion revealed that animal use at Cruz Verde in the Archaic period shifted from a heavy use of sea lion and cormorant to an intensive use of Cartilaginous fish species. Although the background and changes in hunting and fishing techniques involved in this shift in animal use are unclear, it is clear that a food procurement strategy focused on specific fish species of the *Carcharhinus* genus was selected during CV-Ib. Although the case of Cruz Verde suggests a contrasting result to the case of the Central Coast during the same period, where anchovy and other bony fishes mainly used, the aforementioned sampling bias problem makes the final conclusion should be awaited until the result of sampling which cover small size fish bones. However, given the large differences in the individual sizes of these fish species, it can be pointed out that the specific of large animals, represented by *Carcharhinus* genus, was significant converting as a food resource. Furthermore, no cartilaginous fishes have been reported from the Paloma site, where it is known that large quantities of anchovy were used on the central coast during the Archaic period (Reitz, 2003: 70), and even at the Almejas site, where 21 materials have been reported, they represent only about 0.01% of the total (Pozorski and Pozorski, 2003: 63). In other words, it is clear that animal use on the north coast differed from that on the central coast during the Archaic period with respect to medium and large fish species, for which sampling bias is relatively unlikely to occur.

In addition, even during the Formative period, when the anchovy utilization became more pronounced on the central coast (e.g., Shady and Leyva eds. 2003; Vega-Centeno, 2005; Chu, 2011), intensive utilizations of cartilaginous fishes were reported along the north coast (e.g., Pozorski, 1979; Elera, 1998; Prieto, 2015). It means that the trend of animal use in the north coast of Archaic period continued over the long term (Shoji, 2014). However, given the case of the Cruz Verde site, it is possible to point out differences in the cartilaginous use traditions in terms of their fish species. To determine the diachronous and synchronic characteristics of Archaic animal use at Cruz Verde, we compared cartilaginous species recovered from each of the North Coast sites (Fig. 6, Table 2). As we have seen in the previous section, there is a strong tendency of use for the *Carcharhinus* genus at the Cruz Verde, Huaca Prieta, and Paredones sites, which belong to the Archaic period. Other cartilaginous fishes

⁶ In this discussion (Shoji, 2018), the A-2 mound was divided into three chronological phases CV-Ia, CV-Ib, and CV-Ic to account for the earliest dated burials, but because no cultural layer supporting the earliest date other than burials was recognized and re-measurement revealed the previous date of burials was wrong, the chronological view was revised into two periods. The phase CV-Ia in this paper corresponds to the phase CV-Ib of a previously published paper (Shoji, 2018), and the phase CV-Ib in this paper corresponds to the phase CV-Ic of the same previously published paper.

used at these sites are concentrated in the large species, adult size of more than 1.5 m, such as *Sphyrna* genus and *Galeorhinus* genus. In contrast, in the early Formative period, the three cartilaginous species that dominated in the Archaic period were no longer reported at the Padre Aban, Alto Salaverry, and Puemape sites, and instead, various small cartilaginous fishes such as smooth-hound (*Mustelus* sp.), guitarfish (*Rhinobatos planiceps*) and ray (*Myliobatis* sp.) were reported in large numbers. Specifically, *Mustelus* genus is the most abundant species reported in these sites. (Pozorski 1979, Elera 1998).

Table 2. Cartilaginous fish remains from the archaeological sites on the north coast of Peru

| Order or Family | Genus and Species | average size (adult female) | maximum size (adult female) | Archaic period | | | | Initial Formative period | | Early Formative period | | |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| | | | | Cruz Verde CV-la | Cruz Verde CV-lb | Huaca Prieta (Phase III) | Paredones (Phase III) | Padre Alban | Alto Salaverry | Puemape | Gramalote | Gramalote (Phase 1-3) |
| | | | | 4200-4000 BC | 4000-3800 BC | 6538-5308 cal BP | 6538-5308 cal BP | 1980-1729 BC | — | Early Puemape | 1590-1100 BC | 1500-1250 BC |
| Carcharhinidae | <i>Prionace glauca</i> | 200 | 400 | | | | | | | | | 16214 |
| Carcharhinidae | <i>Carcharhinus</i> sp. | 84-267* | 150-400* | 215 | 871 | 494 | 102 | | | | | 38 |
| Carcharhinidae | <i>Rhizoprionodon</i> sp. | 103 | 154 | 17 | 104 | 4 | 1 | | | | | |
| Sphymidae | <i>Sphyrna</i> sp. | 265-270** | 400** | 135 | 332 | 111 | 23 | | | | | |
| Triakidae | <i>Galeorhinus</i> sp. | 130-150 | 193 | 14 | 2 | 124 | 25 | | | | | |
| Triakidae | <i>Mustelus</i> sp. | 43-90* | 64-130* | 4 | 4 | 2 | | 105 | 68 | 692 | 304 | 648 |
| Squatinaidae | <i>Squatina armata</i> | 86-108 | 114 | 13 | | 4 | 11 | | | 28 | | |
| Lamnidae | — | 270-300** | 488** | | | 1 | | | | | | 105 |
| Hexanchidae | <i>Notorhynchys cepedianus</i> | 220 | 395 | | | | | | | | | 1 |
| Rhinobatidae | <i>Rhinobatos planiceps</i> | 40-70 | - | | 2 | 8 | | 11 | 18 | | 57 | |
| Myliobatidae | <i>Myliobatis</i> sp. | 38-70 | - | 9 | 1 | 17 | 5 | | | | 18 | 1901 |
| Rajiformes | — | - | - | | | | | 11 | 27 | | | |
| | total | - | - | 407 | 1316 | 765 | 167 | 127 | 113 | 720 | 379 | 18907 |
| | References | IMARPE 2001, 2015 | IMARPE 2015 | - | - | Vásquez et al. 2017 | Vásquez et al. 2017 | Pozorski 1979 | Pozorski 1979 | Elera 1998 | Pozorski 1983 | Prieto 2015, 2021 |

*Mentioning IMARPE 2015, we calculated average size, maximum / minimum of maximum size in the 7 species of *Carcharhinus* and 3 species of *Mustelus*.

**Size of *Sphyrna zavena* and *Isurus paucus* are mentioned by IMARPE 2015.

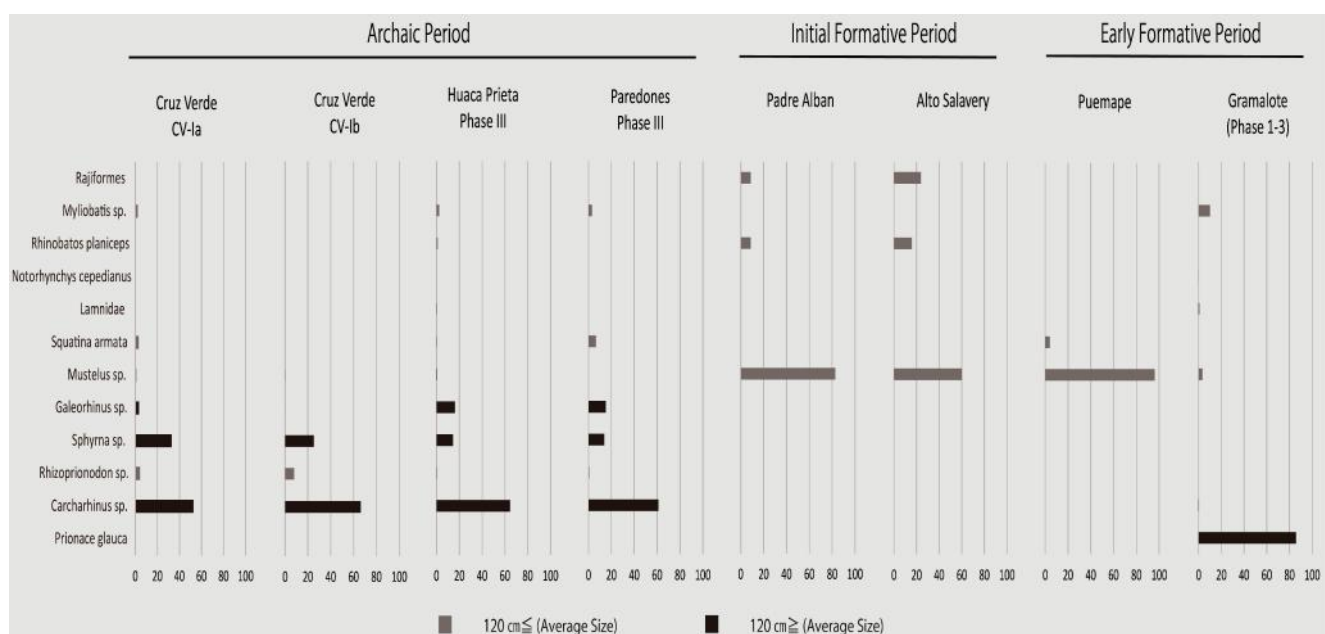


Figure 6. Proportion of Cartilaginous fish remains in each site on the north coast of Peru

While the Puemape, the site of Early formative period indicates this type of cartilaginous use, a somewhat unique animal use is seen at the Gramalote site. At this site, a small-scale survey and analysis by Shelia Pozorski (1979) reported animal use of the same species of sharks as the three Initial and Early Formative sites mentioned above. However, a recent large-scale excavation revealed a very large number of blue sharks (*Prionace glauca*) (Prieto 2015: 568-598). This species is a large cartilaginous fish, and it is clear that animal use at Gramalote was specialized for large cartilaginous species even in the early Formative period. On the other hand, after the blue shark, the most frequently excavated fish species are smooth-hound (*Mustelus* sp.) and ray (*Myliobatis* sp.), while the number of *Carcharhinus* genus is low (38 bones). In addition, the fact that the *Galeorhinus*, *Sphyrna* and *Rhizoprionodon* genus, reported in the archaic sites, have not been excavated indicates that even if animal use was specialized in large cartilaginous fishes at Gramalote, it was very different from that of the Archaic period.

The above comparison between sites on the north coast reveals a shift in the long-standing cartilaginous use tradition from the archaic period, when large cartilaginous such as *Carcharhinus* genus was used mainly, to the Formative period, when relatively small cartilaginous or large blue sharks were used. In other words, the use of animals specialized in *Carcharhinus* sharks during CV-Ib at Cruz Verde was a characteristic of the north coast in the archaic period. Although it is not entirely certain whether the change from CV-Ia to Ib is due to changes in the ecosystem around the site caused by climate change or not, the ecological and biological habits of each fish species are noteworthy.

While the large cartilaginous fish, the blue shark, is classified as offshore species which may venture inshore, too⁷ (IMARPE, 2015: 66; Compagno et al, 1984: 522), most species of the *Carcharhinus* genus are classified as inshore species, and their range of activity has been reported in coastal areas (IMARPE, 2015: 37-49). Also, for the *Sphyrna* genus, the hammerhead shark, the habitat of young individuals seems to move closer to the coast as sea temperatures increase (González-Pestana, 2019: 15-16). In particular, some species of the *Carcharhinus* genus can invade not only seawater, but also brackish water in estuaries and freshwater in rivers, and the bull shark identified at the Cruz Verde site, with a total of 13 identified bones, is a typical example of this. Bull sharks inhabit coastal waters from 1 to 50 m depth and once a year invade brackish waters, bays, estuaries of large rivers, and lagoons for the purpose of breeding (IMARPE, 2015: 46; Compagno et al, 1984: 479-480). In these brackish waters, bull sharks give birth to young, which spend their juvenile life in this environment until the season when sea water temperatures drop (Curtis et al, 2011). Although it should be noted that the current range of bull sharks is limited to the extremely north tropic area of the Peru, the possibility that this species inhabited south part of the north coast during the Archaic period cannot be ruled out. This is because it has been suggested that sea temperatures were maintained at higher levels during the archaic period

⁷ The ecology and biology of blue sharks in the Peruvian coast is not known enough, but it is known from another locality that female individuals approach the coastal zone during the mating period (Prieto, 2015: 625).

(e.g., Sandweiss et al, 2007), and that increased sea temperatures due to El Niño phenomenon may have facilitated the invasion of bull sharks. Based on the absence of fishing gear such as harpoons and large, robust hooks, as Dillehay and collaborators pointed out (Dillehay et al, 2017), it is possible that bull sharks were relatively easily caught in shallow brackish water areas such as estuaries and lagoons. In addition, based on the ecological changes during CV-Ib suggested by shellfish analysis (Shoji, 2018) and the strong preference for brackish water areas of robalo, a bony fish that is also increased the number during this period, it is possible that environmental changes such as increased river water volume and expansion of brackish water areas were occurring. In other words, it is highly likely that animal use in the diverse ecological niches as a characteristic of the Archaic north coast was maintained by food procurement strategies associated with environmental changes, such as the development of brackish water areas and the selection of relatively simple technologies.

Furthermore, such environmental adaptation to brackish water is constrained by the topographic differences between the north and central coasts. This is because, as mentioned above, the north coast of Peru has a very gently sloping coastal plain, which is topographically characterized by the potential for an increase in brackish water due to rising rivers. On the central coast, on the other hand, there are large undulating landforms that make it difficult for lagoons and wetlands to develop, so even if rivers rise, there is little room for the formation of large brackish water areas. It is also clear that the north coast is more susceptible to ENSO caused by equatorial currents. Thus, it can be assumed that the unique characteristics of animal use on the north coast are the result of geographical and environmental conditions. More empirical data should be collected and discussed in this regard.

In recent years, there has been much discussion on how sharks are hunted in the North Coast, mainly from the perspective of the Archaic and Early Formative periods (Dillehay et al, 2017; Prieto et al, 2021; Vásquez et al, 2021). In contrast to the estimation of hunting methods in lagoons (backwater estuarine) as hypothesis by Dillehay (Dillehay et al, 2017), Gabriel Prieto, who investigated Gramalote, proposed another hypothesis based on noosing techniques using with bait and rattle to attract sharks from reed boats (Prieto, 2016; 2021). Prieto argues that the use of lagoons, which are formed occasionally by storm surges, cannot explain the intensive use of sharks, which are very abundant as main source (Prieto, 2021). In contrast, Vásquez and collaborators, argue that the evidence for the existence of reed boats is insufficient and that sharks were not the only main source at the Huaca Prieta (Vásquez et al, 2021). It seems that the debate continues to run parallel. In the case of the Cruz Verde site, there is a clear concentration toward the use of *Carcharhinus* sharks during CV-Ib, and there is no doubt that they were considered an important resource during this period. The behavioral ecology of the identified fish species suggests concentrated exploitation in the brackish water areas, and as mentioned earlier, I am in support of the presence of fishing in brackish water estuarine areas. In light of the large number of species *Carcharhinus* genus, it is more likely that the fishermen used lagoons that expanded for a period of time due to some precipitation events caused by El Niño phenomenon rather than occasional storm surges. However, this does not mean that the same hunting method was

used at the Gramalote site during the Formative period. It does not necessarily mean that the same methods were used at both sites, nor does it mean that one negates the existence of the other. As mentioned earlier, there is a clear difference in the species of sharks excavated from Gramalote and other Archaic sites. Different species of fish have different ecological biological habits, and fishing methods should be developed and selected according to their habits. Whether fishing off shore or in estuarine waters must be established from the archaeological data of each period and site. This will require isotope ecology to reconstruct the life history of excavated sharks and basic zooarchaeological, sero-chronological research to determine the relationship between age and vertebrae size.

Concluding remarks

The macro remain analysis of animal bones from Cruz Verde reveals the following changes in animal use on the north coast during the Archaic period: During CV-Ia (4.200-4.000 years BC), marine mammals such as sea lions and seabirds such as cormorant accounted for a high proportion of animal use. In contrast, during CV-Ib (4.000-3.800 years BC), we can reconstruct animal use with a concentration on *Carcharhinus* sharks, and there were distinct changes in food procurement strategies. This trend in the use of large mammals, birds, and fish was again confirmed to be significantly different from the animal use emphasizing anchovy, which was also practiced on the central coast during the Archaic period. This is a warning against discussing animal use in the coastal areas of the Archaic period, especially regarding the establishment of fishing settlements, based only on the case of the central coast, and it is clear that animal use in the coastal area was diverse. This suggests the need to follow the process of sedentarization, changes in food procurement strategies, and social changes in each region. It is also important to consider the possibility that the socio-economic organization based on the food procurement labor, which were unique to each region, influenced the establishment of sites in the formative period of each region. In fact, it has been pointed out that there were differences between the North Coast and Central Coast regions in the amount and size of ceremonial architecture constructed in the Initial Formative period, as well as in the presence or absence of well-organized platforms and circular plazas (Tsurumi and Morales, 2018:4). In addition, the changes in animal use during the Archaic period on the north coast revealed in this paper suggest a shift in food procurement strategy toward the intensive use of the *Carcharhinus* genus, while relying on large food resources.

Furthermore, comparisons of sites along the north coast revealed a significant change in the fish species used in the long-term cartilaginous use traditions from the Archaic to the Formative period. The shift from a concentration of large cartilaginous species such as *Carcharhinus* genus, which was evident in CV-Ib, to a tendency to use smaller cartilaginous species or large blue sharks in the early Formative period. We also confirmed that the utilization of *Carcharhinus* genus is characteristic of the archaic period of the north coast. The ecological and biological habits of these fish species also point to the possibility that this animal use was the result of exploitation focused on brackish water areas such as estuaries and lagoons.

On the other hand, the analysis in this paper is based on macro remains of animal species and does not reflect the results of micro remain sampling to collect small and juvenile fish such as anchovy. Although the presence of cartilaginous fishes ensures that there are differences in animal use between the north and central coasts, the role played by small and juvenile fish must also be clarified for the north coast, too. Quantitative sampling and analysis have already been conducted, and we will present it to compare with the animal species identified in this paper in another paper.

Acknowledgements

I am grateful to Professor Segundo Vásquez of the University of Trujillo and Jesús Briceño, César Gálvez, and Flor Díaz of the La Libertad Regional Branch of the Peruvian Ministry of Culture for their assistance during the excavations at Cruz Verde. The excavation research for this study was supported by a JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research (Grant No. 16J06775), the Overseas Student Dispatch Program of the Department of Regional Studies and Comparative Studies at the Graduate University for Advanced Studies in 2016 and 2017, the Internship Program at the same university in 2008, the Takanashi Academic Encouragement Fund in 2015 and 2017, and the Keunokai Grant Program for Young Researchers in 2015. In particular, the analysis of animal remains involved in this study was supported by the Konosuke Matsushita International Scholarship (2018) of the Konosuke Matsushita Memorial Foundation. I would like to take this opportunity to express my gratitude.

References

- Beresford-Jones D, Pullen A, Chauca G, Cadwallader L, García M, Salvatierra I, Whaley O, Vásquez V, Arce S, Lane K, French C (2018): Refining the Maritime Foundations of Andean Civilization: How Plant Fiber Technology Drove Social. *Journal of Archaeological Method and Theory* 25: 393-425.
- Bird JB, Hyslop J, Skinner MD (1985): *The Preceramic Excavations at the Huaca Prieta, Chicama Valley, Peru*. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History 62(1), New York.
- Bonavia, D, Vásquez V, Rosales T, Dillehay T, Netherly P, Benson K (2017): Chapter 10: Plant Remains. In *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*, edited by T. Dillehay, pp. 367-433. University of Texas Press, Austin.
- Chauchat C (1988): Early Hunter-gatherers on the Peruvian Coast. In *Peruvian Prehistory*, edited by R. W. Keatinge, pp.41-66. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chauchat C, Gálvez C, Briceño J, Uceda S (1998): *Sitios arqueológicos de la zona de Cupisnique y margen derecha del valle de Chicama*. Instituto Nacional de Cultura, La Libertad/ Instituto Francés de Estudios Andinos, Trujillo / Lima.

- Chu A (2011): *Household Organization and Social Inequality at Bandurria, A Late Preceramic Village in Huaura, Peru*. Unpublished Ph. D Dissertation, Department of Anthropology, University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Compagno L (1984): *Sharks of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date Part 2 - Carcharhiniformes*. FAO Species Catalogue Vol. 4, FAO.
- Curtis T, Adams D, Burgess G (2011): Seasonal Distribution and Habitat as Sociations of Bull Sharks in Indian River Lagoon, Florida: A 30-year Synthesis. *Transactions of the American Fisheries Society* 140: 1213-1226.
- Dillehay T (editor) (2011): *From Foraging to Farming in the Andes –New Perspectives on Food Production and Social Organization*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dillehay T (editor) (2017): *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*. University of Texas Press, Austin.
- Dillehay T, Bonavia D, Goodbred S, Pino M, Vasquez V, Rosales T, Conklin W, Splitstoser J, Piperno D, Iriarte J, Grobman A, Levi-Lazzaris G, Moreira D, López M, Tung T, Titelbaum A, Verano J, Adovasio J, Scott L, Bearéz P, Dufour E, Tombret O, Ramírez M, Beavins R, DeSantis L, Rey I, Mink P, Maggard G, Franco T (2012a): Chronology, Mound-building and Environment at Huaca Prieta, Coastal Peru, from 13700 to 4000 Years Ago. *Antiquity* 86(331): 48-70.
- Dillehay T, Bonavia D, Goodbred S, Pino M, Vásquez V, Rosales T (2012b): A Late Pleistocene Human Presence at Huaca Prieta, Peru, and Early Pacific Coastal adaptations. *Quaternary Research* 77(3): 418-423.
- Dillehay T, Goodbred S, Pino M, Vásquez V, Rosales T, Adovasio J, Collins M, Netherly PJ, Hastorf CA, Chiou KL, Piperno D, Rey I, Velchoff N (2017): Simple technologies and diverse food strategies of the Late Pleistocene and Early Holocene at Huaca Prieta, Coastal Peru. *Science Advances* 2017(3): 1-13.
- Elera C (1998): *The Puémape Site and the Cupisnique Culture: A Case Study on the Origins and the Development of Complex Society in the Central Andes, Perú*. Unpublished Ph.D. dissertation, Department of Archaeology, University of Calgary, Alberta.
- Engel FA (1957): Sites et établissements sans céramique de la côte péruvienne. *Journal de la Société des Américanistes* 46: 67-156.
- Engel FA (1981): *Prehistoric Andean Ecology: Man, Settlement and Environment in the Andes. Volume 2: the deep south*. Humanities Press, New York.

- Fung R (1988): The Late Preceramic and Initial Period. *Peruvian Prehistory*, edited by R.W. Keatinge, pp. 67-98. Cambridge University Press, Cambridge.
- González-Pestana A (2019): *Habitat Suitability of Juvenile Smooth Hammerhead Shark (Sphyrna zygaena) off Northern Peru*. Unpublished Thesis for master's in science, James Cook University, Australia.
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay T, Piperno D, Iriarte J, Holst I (2012): Preceramic Maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(5): 1755-1759.
- Hirota K (2003): Late Preceramic Social Change on the Coast of Central Peru. *América Antigua*, 6: 53-77 (in Japanese).
- IMARPE (Instituto del mar del Perú) (2015): *Guía para la determinación de tiburones de importancia comercial en el Perú*. IMARPE, Callao.
- Lanning E (1967): *Peru Before the Incas*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- La Rosa V, Shoji K (2017): *Informe final del proyecto de investigación arqueológica: Cruz Verde, valle de Chicama, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, Perú (Temporada de excavación 2016)*. Informe presentado al Ministerio de Cultura del Perú, Lima.
- La Rosa V, Shoji K (2018): *Informe final del proyecto de investigación arqueológica: Cruz Verde, valle de Chicama, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, Perú (Temporada de excavación 2017)*. Informe presentado al Ministerio de Cultura del Perú, Lima.
- Lynch TF (1980): *Guitarrero Cave: early man in the Andes*. Academic Press, New York.
- MacNeish, RS, Cook AG, Lumbreras LG, Vierra RK, Nelken-Terner A (editors) (1980): *The Prehistory of the Ayacucho Basin, Peru: Nonceramic artifacts Vol.3*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Moseley ME (1975): *The Maritime Foundations of Andean Civilization*. Cummings Publishing Company, Menlo Park.
- Moseley ME, Feldman RA (1988): Fishing, farming, and the foundations of Andean Civilization. *The Archaeology of Prehistoric Coastlines*, edited by G. Bailey and J. Parkington, pp. 125-134. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pozorski S (1979): Prehistoric diet and subsistence of the Moche Valley, Peru. *World Archaeology* 11(2): 163-184.
- Pozorski S (1983): Changing Subsistence Priorities and Early Settlement Patterns on the North Coast of Peru. *Journal of Ethnobiology* 3(1): 15-38.

- Pozorski S, Pozorski T (2003): Paleoenvironment at Almejas: Early Exploitation of Estuarine Fauna on the North Coast of Peru. In *El Niño in Peru: Biology and Culture Over 10,000 Years*, edited by Jonathan Haas and Michael O. Dillon, pp. 52-70. Field Museum of Natural History, Chicago.
- Prieto OG (2015): *Gramalote: Domestic Life, Economy, and Ritual Practices of a Prehispanic Maritime Community*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, Yale University, New Haven.
- Prieto OG (2016): Balsas de totora en la costa norte del Perú: Una aproximación etnográfica y arqueológica. *Quingnam*, 2: 141-188.
- Prieto OG (2021): Shark Fisheries during the Second Millennium BC in Gramalote, North Coast of Peru. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, printed online, 1-31.
- Quilter J (1989): *Life and Death at Paloma: Society and Mortuary Practices in a Preceramic Peruvian Village*. University of Iowa Press, Iowa City.
- Reitz EJ (2003): Resource Use Through Time at Paloma, Peru. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 44(1), 65-80.
- Rick JW (1988): Identificando el sedentarismo pre-histórico en los cazadores recolectores: un ejemplo de la sierra sur del Perú. *Llamichos y Pacocheros: Pastores de Llamas y Alpacas*, Edited by J. A. Flores Ochoa, pp.37-43. Centro de Estudios Andinos, Cuzco.
- Sandweiss D, Maasch K, Andrus F, Reitz E, Riedinger-Whitmore M, Richardson J III, Rollins H (2007): Mid-Holocene climate and culture change in coastal Peru. In *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Edited by D. Anderson, K. Maasch and D. Sandweiss, pp. 25-50. Academic Press, Cambridge.
- Shady R, Leyva C (editores) (2003): *La ciudad sagrada de Caral-Supe: Los orígenes de la civilización Andina y la formación del estado prístino en el antiguo Perú*. Instituto Nacional de Cultura, Lima.
- Shoji K (2014): *Subsistence Ecological Strategies and Changes in the Central Andes: Animal-Plant Use from Lithic Period to Formative Period*. Unpublished Thesis for Master, Department of Cultural Science, Saitama University. (in Japanese)
- Shoji K (2018): La utilización de recursos malacológicos en el período Arcaico: una perspectiva del sitio arqueológico Cruz Verde, Valle Chicama. *Revista Archaeobios* 12 (1): 18-37.
- Shoji K (2021): *An Archaeological Study for Mound Formation Process in the Archaic period of the Prehistoric Andes: The Changes of Environment and Social Practice at Cruz Verde*. Unpublished Ph.D Dissertation, Department of

Cultural Science, The Graduate University for Advanced Studies, Osaka. (in Japanese)

Shoji K, La Rosa V (2017): The Preliminary Report of Ceramic Analysis: the Cruz Verde Site in the North Coast of Peru. *América Antigua*, 20: 135-150. (In Japanese).

Tsurumi E, Morales C (2018): The Rise of Civic-ceremonial Center in the Andes during the Late Preceramic Period: New Data from Mosquito Plain. *América Antigua*, 21: 1-26. (In Japanese)

Ugent D, Pozorski S, Pozorski T (1984): New evidence for Ancient Cultivation of *Canna edulis* in Peru. *Economic Botany* 36(2): 417-432.

Vásquez V, Rosales T (2018): Restos de fauna de Cruz Verde, valle Chicama. Unpublished report prepared for the Cruz Verde Archaeological Project. Trujillo.

Vásquez V, Rosales T, Dillehay T, Netherly P (2017): Chapter 9: Faunal Remains. *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*, edited by Tom. D. Dillehay, pp. 197-366. University of Texas Press, Austin.

Vásquez V, Rosales T, Netherly P, Dillehay T (2021): Comment on "Shark Fisheries during the Second Millennium BC in Gramalote, North Coast of Peru". *Archaeobios*, 15(1): 30-37.

Vega-Centeno R (2005): *Ritual and Architecture in a Context of Emergent Complexity: A Perspective from Cerro Lampay, a late Archaic site in the Central Andes*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, The University of Arizona, Arizona.

Watanabe Y (2012): *Anchovy: Surprisingly, You Don't Know What They are*. Kouseisha Kouseikaku co.



La utilización de la fauna durante el período Arcaico a partir de los macro restos de Cruz Verde, costa norte del Perú.

Kazuho Shoji

Post-doctoral fellow, JSPS (Japan Society for the Promotion of Science), Yamagata University, Yamagata, Japón.

Resumen

El sitio Cruz Verde, ubicado en la costa norte del Perú, cuenta con un montículo precerámico formado entre 4.200-3.800 años a.C. Este trabajo presenta los resultados del análisis zooarqueológico de los macrorestos excavados en este montículo para identificar los cambios en el uso de la fauna y sus características en el periodo Arcaico. Se observa una clara diferencia en las dos fases, desde la fase CV-Ia, en la que se utilizan por igual mamíferos marinos, aves marinas y peces, hasta la fase CV-Ib, en la que se utilizan intensamente los peces cartilaginosos, principalmente los tiburones *Carcharhinus*. Los hábitos ecológicos y biológicos de las especies de peces que aumentan durante la fase CV-Ib sugieren que comenzó la explotación intensiva de recursos en las aguas salobres del estuario. Refiriéndose a los datos reportados de otros sitios de la costa norte, es claro que la tradición de uso de peces cartilaginosos es una característica de la costa norte del Perú por lo menos desde el período arcaico hasta el formativo. Por otro lado, la taxonomía de los peces cartilaginosos excavados muestra que hay diferencias en las especies de peces utilizados en los períodos arcaico y formativo. Se puede señalar que existen variaciones en la tradición de uso de peces cartilaginosos en la costa norte.

Palabras clave: Zooarqueología, período arcaico, macrorestos, peces cartilaginosos, ecología marítima.

Abstract

The Cruz Verde site, located on the north coast of Peru, has a preceramic mound formed between 4.200-3.800 BC. This paper presents the results of a zooarchaeological analysis of the macro remains excavated from this mound to identify changes in faunal use and its characteristics of the Archaic period. There is a distinct difference in the two phases, from the phase CV-Ia, when marine mammals, seabirds, and fish are used equally, to the phase CV-Ib, when cartilaginous fish, mainly *Carcharhinus* sharks, are used intensively. The ecological and biological habits of the fish species that increase during phase CV-Ib suggest that the intensive resource exploitation in the estuarine brackish waters began. Referring to the data reported from other sites on the North Coast, the cartilaginous fish use tradition is a characteristic of the North Coast of Peru at least from Archaic to Formative period. On the other hand, the excavated cartilaginous fish taxonomy shows that there are differences in the fish species used in the Archaic and Formative periods. It can be pointed out that there are variations in the cartilaginous fish use tradition on the North Coast.

Key words: Zooarchaeology, archaic period, macroremains, cartilaginous fish, maritime ecology.

Introducción

Este trabajo presenta los resultados del análisis de identificación taxonómica de los restos animales excavados en el montículo A-2 del sitio Cruz Verde, en la costa norte de Perú, y aclara el uso de los animales en el sitio durante el período Arcaico. El propósito de este estudio es examinar las estrategias de uso de los recursos y sus cambios temporales en las antiguas comunidades marítimas de la costa norte, que recientemente han sido reportadas como diferentes a las de la costa central. El Período Arcaico (5.000 años a.C.-3.000 años a.C.) se considera un período que tuvo un gran progreso en la sedentarización y domesticación de plantas y animales, y tales cambios en el estilo de vida y las estrategias de uso de los recursos se han discutido en relación con el desarrollo social y económico (e.g., MacNeish et al, 1980; Rick, 1988; Lynch, 1980, Dillehay ed. 2011). Este cambio de un estilo de vida altamente móvil, basado en la caza-recolección, a un estilo de vida más sedentario, no sólo debe haber cambiado la economía de subsistencia, sino también la base de la organización social en términos de cooperación y distribución de los recursos. El período Arcaico ha sido considerado, por tanto, como un período importante durante el cual se formaron las bases de la tradición andina (e.g., Moseley, 1975; Moseley y Feldman, 1988; Dillehay ed. 2011). Este estudio es esencial para comprender la diversidad de actividades económicas que se desarrollaron en las zonas costeras del período Arcaico andino.

Estudios anteriores sobre el uso de animales en el periodo Arcaico

Mientras que los estudios sobre el cultivo de plantas y la domesticación de camélidos se han acumulado en las regiones del interior y de las tierras altas de los Andes, ha habido muchas discusiones sobre los asentamientos marítimos apoyados por los abundantes recursos marinos y su complejidad social (e.g., Lanning, 1967; Moseley, 1975; Moseley y Feldman, 1988; Fung, 1988; Engel, 1981; Quilter, 1989). Entre ellos, Michael E. Moseley, que recopiló exhaustivamente datos sobre artefactos naturales y medios de vida en la costa central del Perú, se centró en la existencia de estructuras rituales que empezaron a construirse a principios del período formativo, y sugirió que el asentamiento de la zona debido a la abundancia de recursos marinos y al crecimiento de la población a través de la pesca condujo a la aparición de sociedades complejas que construyeron enormes estructuras rituales (e.g., Moseley y Feldman, 1988; Engel, 1981; Quilter, 1989). Entre ellos, Moseley (1975) sugirió que el crecimiento de la población debido a la sedentarización y a la abundancia de recursos marinos condujo a la aparición de sociedades complejas que construyeron una enorme arquitectura ceremonial en el período formativo. Aunque su argumento se mantuvo en el marco de la perspectiva del neo-evolucionismo, que enfatiza una economía de subsistencia con gran productividad, ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de investigaciones posteriores¹ (e.g., Hirota, 2003; Prieto, 2015: 1104-1106,

¹ Hay algunas hipótesis que tratan de enfatizar la importancia de la producción y uso de redes de pesca q7hechas de fibra vegetal, lo que llevó a la reorganización de la organización del trabajo (Hirota, 2003; Beresford-Jones et al, 2018), o en respuesta a las discusiones anteriores que han asumido una explotación intensiva sobre la anchoveta como recurso alimenticio principal, algunos han señalado la

Beresford-Jones et al, 2018). Aunque hay algunos problemas que no se pueden pasar por alto, como una brecha temporal de más de 1.000 años entre el establecimiento de la comunidad sedentaria y la aparición de las arquitecturas ceremoniales, no se puede discutir que la explotación de los recursos marinos jugó un cierto papel en el proceso de formación de la civilización andina de la región costera.

Un factor importante en la discusión es la anchoveta (*Engraulis ringens*), que abunda en la costa andina (Moseley y Feldman, 1988). A diferencia de otros peces pequeños, la anchoveta se alimenta directamente de fitoplancton, por lo que su población es tan grande, y la costa peruana, donde el plancton es abundante debido a la corriente ascendente, es famosa por ser uno de los mejores caladeros del mundo (Watanabe, 2012). Las redes de pesca se consideraban necesarias para la pesca de la anchoveta, y junto con el uso del algodón (*Gossypium barbadense*) como material para las redes, se han considerado como una característica de los asentamientos marítimos en el período Arcaico. De hecho, el uso predominante de anchovetas y algodón ha sido reportado en muchos sitios arqueológicos a lo largo de la costa central del Perú durante este período (e.g., Chu, 2011; Ugent et al, 1984: 420; Shady y Leyva eds. 2003; Vega-Centeno, 2005: 186; Quilter, 1989; Pozorski y Pozorski, 2003). Incluso en el sitio La Paloma, en la costa central, un conocido asentamiento pesquero que data de 5.700 años a.C., más de la mitad de los restos de peces excavados son de anchoveta (Reitz, 2003). Hasta cierto punto, se reconoce que el uso de los recursos marinos, principalmente la pesca con red de la anchoveta, fue un factor importante en el proceso de sedentarización². Así, los estudios previos sobre el período Arcaico de la costa peruana han tendido a relacionar el asentamiento pesquero con la utilización de la anchoveta. Sin embargo, la mayoría de las discusiones se han centrado en la costa central, donde se han concentrado la mayoría de las investigaciones.

Por otro lado, las investigaciones recientes en la costa norte han revelado un panorama diferente al de la costa central. El sitio de Huaca Prieta en la costa norte, destacado por Junius Bird (Bird et al, 1985) cuando reportó abundantes artefactos orgánicos como vasijas de calabaza y textiles, fue reexaminado a finales de los años 2.000 (Dillehay ed. 2017). Las principales repercusiones de este estudio fueron el descubrimiento de una acumulación a largo plazo de actividad humana en el sitio que se remonta al Pleistoceno tardío (1.4500 cal. BP) (Dillehay et al, 2012b) y la identificación de una variedad de las plantas alimenticias más antiguas, incluido el maíz, en Huaca Prieta y el sitio adyacente de Paredones (Grobman et al, 2012; Bonavia et al, 2017). En particular, el maíz ha sido fechado entre 6.775 y 6.504 cal. BP (Grobman et al, 2012: 1758), lo que está muy por encima del caso del sitio de Los Gavilanes (1.800 años a.C.) en el período Formativo Inicial de la Costa Central. El estudio reveló que es necesario reconsiderar el uso de las plantas. El análisis de los huesos de

utilización de una amplia gama de recursos animales y vegetales con y el bajo porcentaje de la anchoveta como recurso alimenticio (Prieto, 2015: 1104-1106).

² Según A. Chu, que investigó, Bandurria, la anchoveta se evidencia en gran número, pero al mismo tiempo también se utilizaron muchas especies de peces de tamaño medio, lo que indica que se llevó a cabo un uso variado de los recursos de acuerdo con los nichos ecológicos (Chu, 2011).

animales excavados revela un complejo uso animal centrado en aves marinas (e.g., *Phalacrocoracidae*) y lobos marinos (*Otariidae*), junto con una rica variedad de especies de peces (Vásquez et al, 2017). En cuanto a los peces, los tiburones de la familia *Carcharhinidae* son los más frecuentemente recuperados de las excavaciones (Vásquez et al, 2017: 358), lo cual es muy diferente al aspecto mencionado del periodo arcaico de la costa central. Sin embargo, los datos arqueológicos de los sitios Huaca Prieta y Paredones se dividen aproximadamente en 2.300 años que van de 7.572 cal BP a 5.308 cal BP en dos fases, la Fase II~III (la Fase I incluye el Pleistoceno Tardío, y las Fases IV y V corresponden al período Formativo Inicial) (Dillehay et al, 2012a: 62-65), una escala es un poco demasiado macroscópica para aclarar la dinámica del período arcaico.

El uso dominante de los cartilaginosos en la costa norte del Perú se reporta no sólo en Huaca Prieta, sino también en Padre Abán, Alto Salaverry (Pozorski, 1979), los datos reportados en Huaca Prieta por Bird (Bird et al, 1985) en el período Formativo Inicial (3.000-1.800 años a.C.), Gramalote (Pozorski, 1979; Prieto, 2015) y Puémape (Elera, 1998) en el período formativo temprano (1.800-1.000 años a.C.). Esto sugiere que este patrón de uso de animales fue una tradición de largo plazo y tuvo cierta difusión regional. De hecho, una revisión de los datos arqueológicos de los restos de animales y plantas desde el período lítico hasta el formativo muestra que esta tradición de uso de cartilaginosos fue característica de la costa norte del Perú, al norte del río Santa, confirmando la diversidad regional en el uso de animales en la costa peruana (Shoji, 2014: 51-72). Prieto también ha renovado la imagen de los pescadores de la costa norte durante el período formativo al derivar la presencia de actividades pesqueras basadas en el tiburón, en el proyecto arqueológico de Gramalote (Prieto, 2015: 1107-1112; 2021).

Como se ha descrito anteriormente, los estudios del periodo arcaico en la costa peruana se han centrado en el uso de animales, con énfasis en la anchoveta, en el proceso de establecimiento de asentamientos pesqueros y en el desarrollo social basado en los estudios de la costa central. Por otro lado, se está evidenciando que existe una diversidad en el uso de los animales en las zonas costeras que se extienden de norte a sur, pero no se ha discutido lo suficiente para comprender de manera integral el patrón regional y el significado de las actividades de subsistencia en estas zonas costeras. Si las estrategias de obtención de alimentos en la región andina difieren de una región a otra, también implica que existe una diversidad en el proceso de formación de la sociedad andina. En este trabajo, nos centramos en la costa norte, donde la transición del uso de los animales sólo ha sido comprendida a grandes rasgos, y presentamos los resultados del análisis de identificación taxonómica de los restos de animales excavados en el sitio Cruz Verde. A través de comparaciones con otros sitios arqueológicos, el trabajo también aclarará la transición y las características del uso de animales durante el período Arcaico en la costa norte de Perú.

Proceso de formación y cronología del montículo A-2 de Cruz Verde

El sitio de Cruz Verde está situado en la región costera del valle de Chicama inferior. Se encuentra en una ligera elevación de la terraza costera a unos 200 m de distancia de la actual línea de costa, a unos 6 km al norte de la desembocadura del río Chicama y a 4 km al suroeste del pueblo más cercano, Magdalena de Cao (Fig. 1). La zona costera de la cuenca del río Chicama también contiene varios montículos formados en el período Arcaico, incluyendo la ya mencionada Huaca Prieta y Paredones (Bird et al, 1985; Dillehay ed. 2017), a unos 3 km al sur del sitio Cruz Verde, y a 12 km al norte de la Huaca Pulpar (Engel, 1957). El sitio Cruz Verde consta de tres montículos: un montículo ligeramente inclinado en el lado suroeste (montículo A-2), un grupo de montículos ligeramente aplanados a unos 200 m de distancia (montículos B-1~3), y la zona planificada (área de planicie A-1) que se extiende entre ellos (Fig. 2). De la planicie A-1 se ha excavado cerámica del período Formativo medio temprano, lo que indica que aquí hubo ocupaciones residenciales a pequeña escala (Shoji y La Rosa 2017). Además, aunque la mayoría de los otros montículos fueron formados por ocupaciones precerámicas, las capas superficiales y superiores de los montículos también muestran ocupaciones en el período de Desarrollo Regional y el período de Estado Regional, lo que indica que en este sitio se realizaban actividades a largo plazo e intermitentes, según los estudios arqueológicos realizados en 2016 y 2017 (La Rosa y Shoji, 2017; 2018).

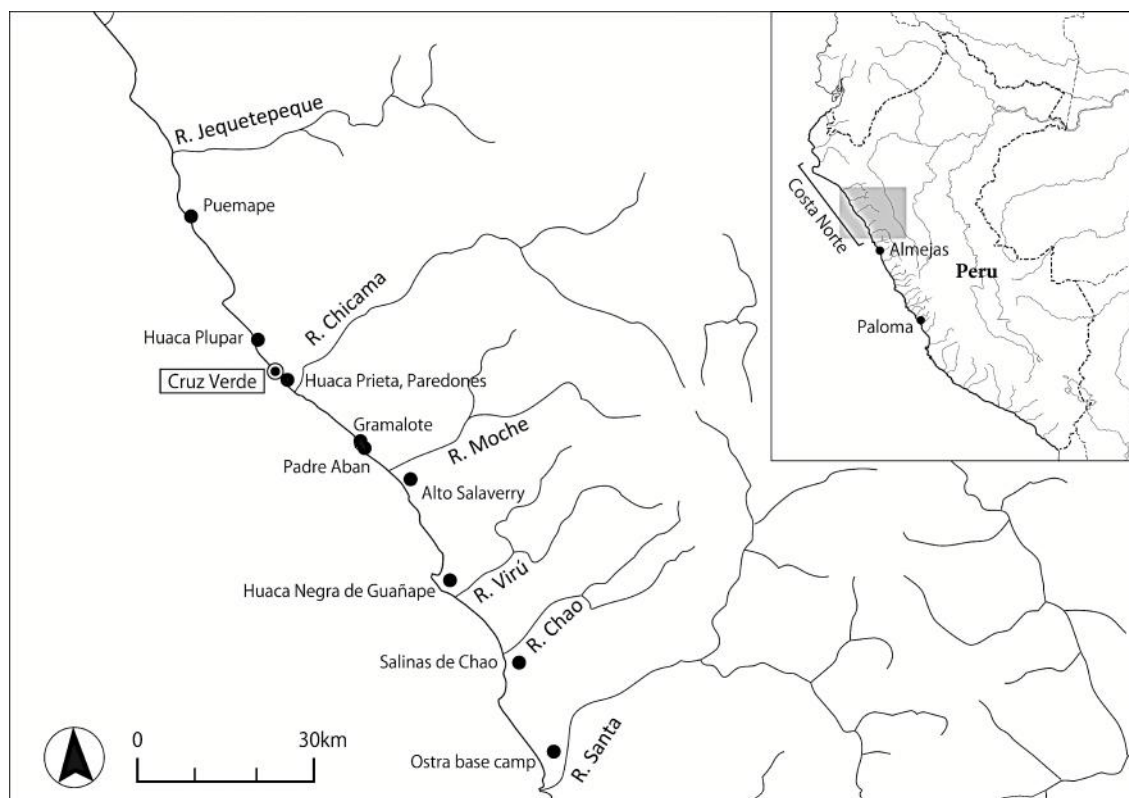


Figura 1. Ubicación de Cruz Verde y otros sitios arqueológicos en la costa norte de Perú.

En particular, la excavación intensiva del montículo A-2 reveló un proceso repetitivo de formación de montículos, en el que se acumularon repetidamente capas sedimentarias antropogénicas. Además, las capas sedimentarias del túmulo contenían grandes cantidades de restos naturales y artefactos como herramientas de piedra y hueso con un intenso desgaste de uso, así como un suelo de arcilla que cubría el túmulo y varios enterramientos que estaban incrustados en el proceso de formación del túmulo. Esto indica que el montículo A-2 se formó mediante una actividad compuesta, la eliminación, el enterramiento y la actividad de construcción del suelo de arcilla. Sin embargo, también se identificaron claramente cambios en el proceso de formación del montículo, como se describe a continuación. Este proceso artificial de formación de montículos también fue revelado en la reexaminación de Huaca Prieta mencionada anteriormente. Según Dillehay y colaboradores, los montículos de Huaca Prieta no se depositaron de forma natural por la acumulación de actividad residencial, sino que fue el resultado de un "amontonamiento" planificado, cuyo inicio de construcción se remonta a 7500 cal BP (Dillehay et al, 2012a: 65). Aunque hay diferencias en los materiales arqueológicos y los entierros excavados en la Huaca Prieta y Cruz Verde, el hecho de que compartan un proceso de formación de montículos similar sugiere que una tradición de construcción de montículos fue compartida en la cuenca baja del río Chicama, donde se distribuyeron los complejos de montículos arcaicos.

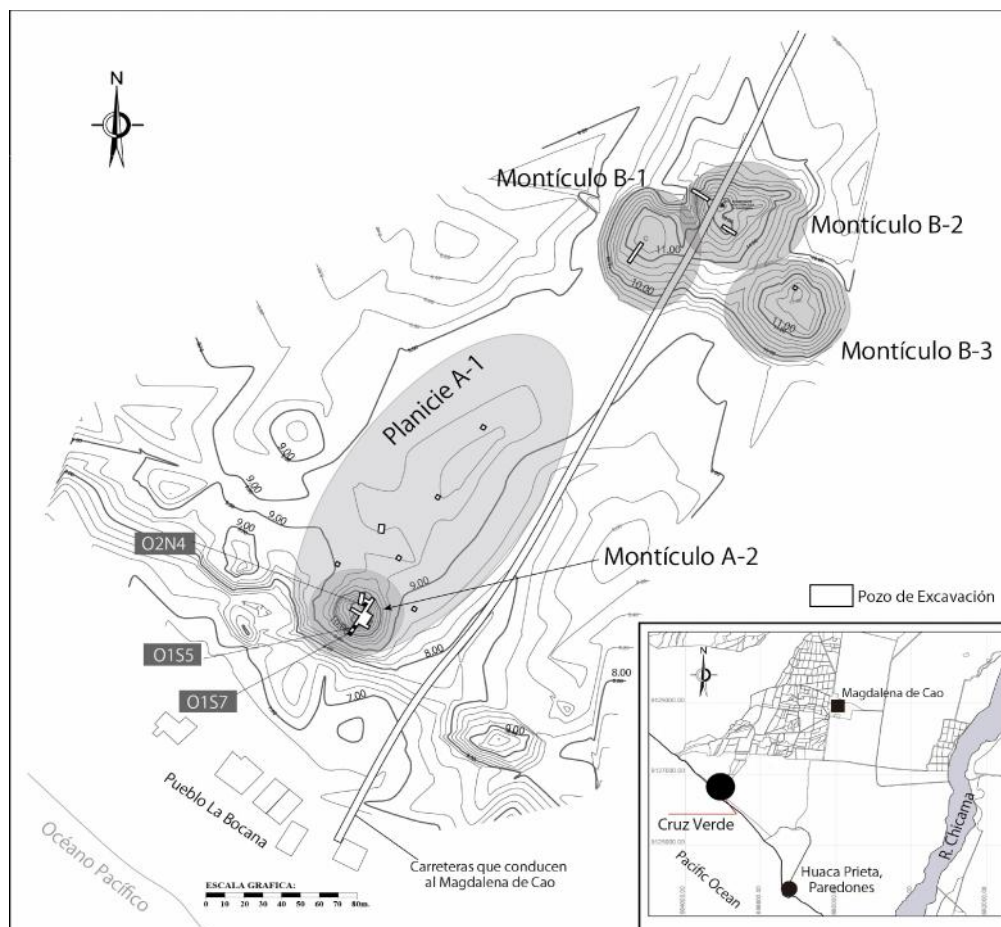


Figura 2. Mapa topográfico y unidades de excavación en Cruz Verde.

Resumiendo, los datos estratigráficos del proceso de formación del montículo A-2, es posible establecer dos fases constructivas en la Cruz Verde. Las edades absolutas de las dos fases constructivas se determinaron mediante la datación por radiocarbono de restos vegetales carbonizados y no carbonizados recogidos en contextos arqueológicos favorables correspondientes a las dos fases: fase CV-Ia (4.200-4.000 años a.C.) y fase CV-Ib (4.000-3.800 años a.C.). Estos resultados sugieren que el proceso de formación de montículos en Cruz Verde corresponde a la "Fase III" (~6.538-5.308 cal. BP) de Huaca Prieta y Paredones (Dillehay et al, 2012a: 65), que es la fase de expansión de los montículos. En otras palabras, los datos estratigráficos de Cruz Verde proporcionan un marco temporal más detallado para la cronología macroscópica (Dillehay et al, 2012a: 62-65), que es más adecuado para observar grandes cambios, y nos permite captar cambios más detallados en la actividad humana durante el período Arcaico.

Describamos brevemente las características de cada fase en el sitio Cruz Verde. En la fase CV-Ia, la formación del montículo comenzó directamente sobre la capa de tierra, y la capa cultural se acumuló repetidamente conteniendo gran cantidad de restos naturales, artefactos usados con superficie compactada. Por otro lado, durante la fase CV-Ib, dichas superficies se prepararon artificialmente con suelo de arcilla blanquecina y el proceso de formación se repitió con mayor frecuencia. Otro rasgo importante de este periodo son los enterramientos. Los ocho enterramientos excavados indican que las actividades de enterramiento suelen estar integradas en el proceso de formación de este túmulo. Dado que está claro que los bordes del suelo se inclinaban suavemente a medida que el montículo subía y bajaba, y no se observaron estructuras de piedra como muros de contención, se cree que esta estructura era sólo un "montículo", y su superficie superior era un espacio abierto cubierto por un suelo de arcilla en la fase CV-Ib.

Contexto arqueológico de los materiales y metodología

En este trabajo nos centramos en los restos animales depositados en estas capas arqueológicas a través del proceso de formación de montículos descrito anteriormente. La gran cantidad de residuos alimenticios, incluyendo huesos de animales y micro restos vegetales, indica claramente que hubo un vínculo inextricable entre el proceso de formación de montículos y la actividad de eliminación. Los contextos arqueológicos superpuestos y continuos en Cruz Verde nos permiten seguir los cambios en el uso de los animales durante el período Arcaico.

La división de la costa norte y la costa central utilizada en este trabajo es una división conveniente de la región costera peruana, que se extiende de norte a sur. El norte del río Santa corresponde a la "costa norte" y el sur del río Santa a la "costa central". Estas divisiones no son sólo una cuestión de conveniencia, sino que también existen claras diferencias en las características geográficas. Una de ellas es la diferencia en la topografía costera. En la costa central, el litoral es una serie de ensenadas estrechas e intrincadas, mientras que en la

costa norte se extienden en forma de suaves y amplias bahías. Además, en la costa central, la línea de costa es a menudo escarpada como un acantilado, formando una topografía de pendiente pronunciada, mientras que, en la costa norte, la pendiente desde la línea de costa hacia el interior es extremadamente suave, mostrando un aspecto topográfico de llanura costera en expansión. Estas diferencias topográficas se tocarán de nuevo al discutir los cambios en el uso de animales del período arcaico en Cruz Verde.

Los huesos de animales analizados en este trabajo proceden de tres de las cuadrículas de excavación de 2 m² del montículo A-2: O2N4, O1S5 y O1S7 (Fig. 2). El volumen total de tierra excavada de las tres cuadrículas fue de 5.298 m³ para la fase CV-Ia y de 5.091 m³ para la fase CV-Ib, respectivamente. Las razones para seleccionar los materiales excavados en estas cuadrículas fueron su ubicación en los lados sur y norte a través del centro del montículo y la posibilidad de tratar con materiales excavados de una serie de estratigrafía hasta la capa de tierra.

Todos estos materiales se recogieron según la estratigrafía arqueológica de la excavación. Además, toda la tierra excavada se tamizó por niveles estratigráficos con un tamaño de malla de 12 mm para hacer un estándar de recogida de materiales. Para recoger huesos de animales de peces pequeños y juveniles, normalmente sardina o anchoveta, es necesario realizar el muestreo utilizando un tamiz con un tamaño de malla inferior a 1 mm. Este trabajo se centró en el uso de los animales y sus cambios en la costa norte en el período Arcaico, tal y como se desprende de los macro restos de animales, y estos datos de muestreo de peces pequeños se complementarán en otro trabajo aparte. Los datos indican que se utilizó una variedad de peces pequeños, como la anchoveta, pero la composición aproximada de las especies animales y su proporción son similares a los resultados de los macro restos.

Los análisis de identificación de especies de peces, aves y mamíferos fueron realizados por Víctor Vásquez y Teresa Rosales (Vásquez y Rosales, 2018) a través de comparaciones con la colección de los ejemplares recientes almacenados en el Centro de Investigaciones Bioarqueológicas y Paleoecológicas (ARQUEOBIOS) y los ejemplares de huesos de animales excavados en el sitio Los Gavilanes. Estos análisis de identificación se realizaron para cada capa arqueológica y cuadrícula de la que se excavaron los huesos de animales, y se calculó el número de cada especie identificada en cada uno de los CV-Ia y CV-Ib para discutir la abundancia taxonómica de cada fase. El número de materiales identificados (NISP), que calcula el número total de materiales identificados independientemente de si están completos o son fragmentos, se utilizó para el análisis cuantitativo, y se hicieron comparaciones para determinar el dominio relativo de las especies animales dentro de los grupos taxonómicos de peces, aves y mamíferos y sus cambios a lo largo del tiempo.

Resultados: Composición de especies de peces, aves y mamíferos a través del tiempo

El análisis identificó 3.935 huesos de animales de las fases CV-Ia y CV-Ib. El número total de especies animales identificadas fue de 33, incluyendo 19 especies de peces, 9 especies de aves y 5 especies de mamíferos. Se recolectaron 1.969 restos de las capas CV-Ia y 1.966 restos de las capas CV-Ib (Tabla 1).

La especie de pez más abundante identificada en ambos periodos fue el género *Carcharhinus* (*Carcharhinus* spp.), con 213 materiales en CV-Ia y más de cuatro veces más (860) en CV-Ib (Fig. 3). Aunque la identificación de las especies del género *Carcharhinus* es difícil, dos huesos de animales en CV-Ia y 11 en CV-Ib se identificaron como cazón de leche (*Carcharhinus leucas*)³. En general, estas especies de *Carcharhinus* son grandes, con un tamaño adulto que oscila entre 1 y 3 m de longitud. Están ampliamente distribuidos a lo largo de la costa peruana, con muchas especies capaces de invadir y vivir en agua salobre y dulce (IMARPE, 2015; Compango 1984). La segunda especie más abundante es el género *Sphyrna* (*Sphyrna* sp.), también Carcharhiniformes, con 104 materiales identificados en CV-Ia y 200 en CV-Ib. Hubo 31 huesos de animales identificados a la especie como tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en CV-Ia y 132 en CV-Ib, lo que en conjunto indica que se utilizó una cierta cantidad del género *Sphyrna* en dos períodos de tiempo. El otro pez cartilaginoso con mayor número de materiales identificados es *Rhizoprionodon* sp. perteneciente a la familia *Carcharhinidae*, con 17 materiales en CV-Ia y 104 en CV-Ib. Todos los peces cartilaginosos mencionados son especies de gran tamaño, que superan 1 m de longitud. Se recuperaron peces cartilaginosos más pequeños, como *Myliobatis* sp. y *Squatina armata*, pero su número no es elevado.

El número de peces óseos no es tan grande, pero en CV-Ia se identificaron 26 lisa (*Mugil cephalus*), 28 lorna (*Sciaena deliciosa*), 20 corvina (*Sciaena gilberti*) y 28 chita (*Anisotremus scapularis*). La diversidad de especies tiende a ser uniforme en las excavaciones. En cambio, en la CV-Ib, a pesar del aumento del número de robalos (*Sciaena starksii*) (90 huesos), el número de todas las especies de peces encontradas en la CV-Ia disminuyó significativamente, mostrando una concentración hacia determinadas especies de peces. Las únicas especies que no mostraron un cambio significativo en el número fueron la lorna (*Sciaena deliciosa*) y el suco (*Paralonchurus peruanus*), que se identificaron en 25 restos. Una comparación de la proporción de especies de peces cartilaginosos y de otras especies muestra una concentración hacia los peces cartilaginosos en ambos períodos (Fig. 4). Dadas las diferencias de tamaño de los individuos entre ambos taxones y el número de huesos por individuo, esta concentración hacia los peces cartilaginosos en el uso de los animales fue probablemente significativa en un recurso alimenticio. Además, en comparación con el periodo CV-Ia, la proporción de tiburones *Carcharhinus* fue mayor en el periodo CV-Ib, lo que indica un mayor uso de esta especie.

³ La identificación se realizó con referencia a un exhaustivo estudio comparativo de ejemplares existentes y materiales arqueológicos realizado por Jiménez (Jiménez, 2017: 122).

Tabla 1. NISP de los restos animales recuperados en Cruz Verde

| Familia | Género y Especie | Nombre Común | fase CV-Ia | | fase CV-Ib | | TOTAL | |
|-------------------|------------------------------------|------------------|------------|------|------------|------|-------|------|
| | | | NISP | % | NISP | % | NISP | % |
| Peces | | | | | | | | |
| Triakidae | <i>Galeorhinus</i> sp. | cazón | 14 | 0.7 | 2 | 0.1 | 16 | 0.4 |
| | <i>Mustelus</i> sp. | tollo | 4 | 0.2 | 4 | 0.2 | 8 | 0.2 |
| | <i>Carcharhinus leucas</i> | cazón de leche | 2 | 0.1 | 11 | 0.6 | 13 | 0.3 |
| Carcharnidae | <i>Carcharhinus</i> spp. | tiburón | 213 | 10.8 | 860 | 43.7 | 1073 | 27.3 |
| | <i>Rhizoprionodon</i> sp. | tiburón hocucón | 17 | 0.9 | 104 | 5.3 | 121 | 3.1 |
| Sphyrnidae | <i>Sphyrna zygaena</i> | tiburón martillo | 31 | 1.6 | 132 | 6.7 | 163 | 4.1 |
| | <i>Sphyrna</i> sp. | tiburón martillo | 104 | 5.3 | 200 | 10.2 | 304 | 7.7 |
| Squatinaidae | <i>Squatina armata</i> | angelote | 13 | 0.7 | | | 13 | 0.3 |
| Rhinobatidae | <i>Rhinobatos planiceps</i> | guitarra | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| Myliobatidae | <i>Myliobatis</i> sp. | raya águila | 9 | 0.5 | 1 | 0.1 | 10 | 0.3 |
| | Cartilagosos no identificado | | 2 | 0.1 | 8 | 0.4 | 10 | 0.3 |
| Mugilidae | <i>Mugil cephalus</i> | lisa común | 26 | 1.3 | 1 | 0.1 | 27 | 0.7 |
| Bothidae | <i>Paralichthys</i> sp. | lenguado común | 6 | 0.3 | 3 | 0.2 | 9 | 0.2 |
| Carangidae | <i>Trachurus symmetricus</i> | jurel | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| | <i>Paralonchurus peruanus</i> | suco | 14 | 0.7 | 25 | 1.3 | 39 | 1.0 |
| | <i>Sciaena starksii</i> | robalo | 10 | 0.5 | 90 | 4.6 | 100 | 2.5 |
| Sciaenidae | <i>Sciaena deliciosa</i> | lorna | 28 | 1.4 | 25 | 1.3 | 53 | 1.3 |
| | <i>Sciaena gilberti</i> | corvina | 20 | 1.0 | 11 | 0.6 | 31 | 0.8 |
| | <i>Sciaena</i> sp. | | 8 | 0.4 | 1 | 0.1 | 9 | 0.2 |
| Pomadasyidae | <i>Anisotremus scapularis</i> | chita | 28 | 1.4 | 2 | 0.1 | 30 | 0.8 |
| | peces no identificado | | 55 | 2.8 | | | 55 | 1.4 |
| Aves | | | | | | | | |
| Spheniscidae | <i>Spheniscus humboldtii</i> | pingüino | 6 | 0.3 | 7 | 0.4 | 13 | 0.3 |
| Laridae | <i>Larus</i> sp. | gaviota | 38 | 1.9 | 32 | 1.6 | 70 | 1.8 |
| | — | | 3 | 0.2 | | | 3 | 0.1 |
| Procellariidae | <i>Pterodroma</i> sp. | petrel | 36 | 1.8 | 5 | 0.3 | 41 | 1.0 |
| Pelecanidae | <i>Pelecanus</i> sp. | pelicano | 55 | 2.8 | 30 | 1.5 | 85 | 2.2 |
| Sulidae | <i>Sula</i> sp. | piqueo | 27 | 1.4 | 3 | 0.2 | 30 | 0.8 |
| Phalacrocoracidae | <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> | guanay | 539 | 27.4 | 195 | 9.9 | 734 | 18.7 |
| Scolopacidae | — | | | | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 |
| | Aves no identificado | | 134 | 6.8 | 43 | 2.2 | 177 | 4.5 |
| Mamíferos | | | | | | | | |
| Otariidae | <i>Otaria</i> sp. | lobo marino | 455 | 23.1 | 152 | 7.7 | 607 | 15.4 |
| Delphinidae | <i>Delphinus</i> sp. | delfín | 38 | 1.9 | 6 | 0.3 | 44 | 1.1 |
| Pinnipedia | Pinnipedia | | | | 3 | 0.2 | 3 | 0.1 |
| Balaeniidae | — | ballena | 2 | 0.1 | 1 | 0.1 | 3 | 0.1 |
| | Mamíferos no identificado | | 32 | 1.6 | 3 | 0.2 | 35 | 0.9 |
| TOTAL | | | 1969 | | 1966 | | 3935 | |

*Nombres comunes tomados de la base Fish (<https://www.fishbase.se/search.php>)

La especie de ave dominante es el cormorán (*Phalacrocorax bougainvillii*) y segunda especie dominante es el género *Pelecanus* (*Pelecanus* sp.) (Tabla 1). Su abundancia, con 539 y 55 materiales en la CV-Ia, se reduce considerablemente a 195 y 30 en la CV-Ib, respectivamente. Todas las especies de aves recuperadas se encuentran hoy en día en zonas costeras y humedales.

El lobo marino (*Otaria* sp.) fue la especie de mamífero más abundante en ambos periodos, especialmente en CV-Ia, se identificaron 455 materiales. Aunque el número de materiales identificados disminuyó en la CV-Ib, *Otaria* sp. fue la especie de mamífero más abundante, con un total de 152 huesos. El delfín (*Delphinus* sp.) también destaca en la CV-Ia, con 38 restos, pero su número disminuye en la CV-Ib (Tabla 1).

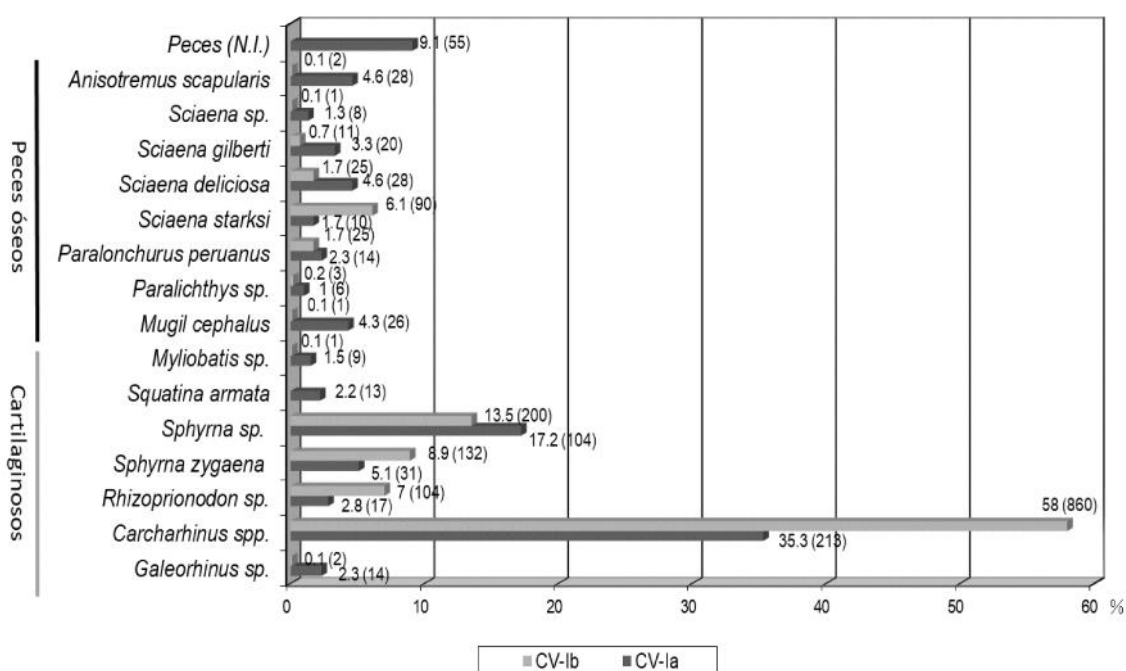


Figura 3. Proporción de las especies de peces NISP en cada fase en Cruz Verde

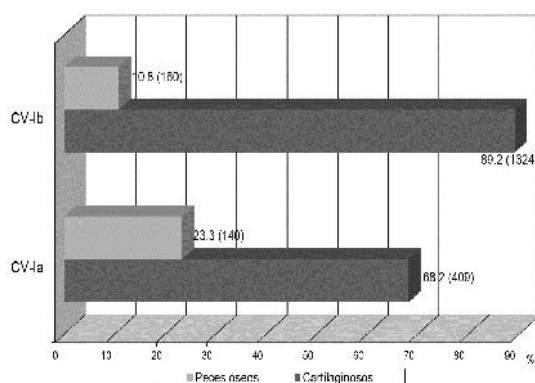


Figura 4. Proporción de los peces óseos y peces cartilaginosos en cada fase en Cruz Verde.

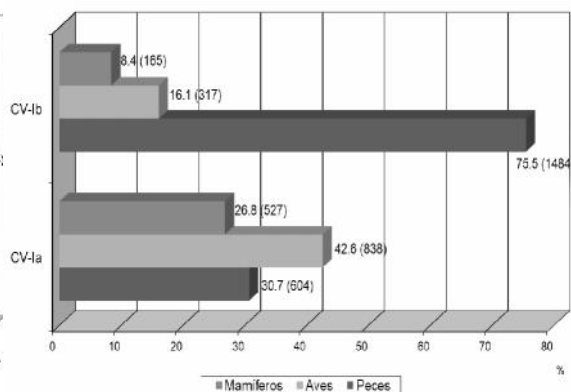


Figura 5. Proporción de restos de mamíferos, aves y peces en cada fase de Cruz Verde.

Por último, examinamos la proporción de materiales identificados en cada uno de los tres grupos taxonómicos (peces, aves y mamíferos) por dos fases (Fig. 5). Como se puede observar en la Fig. 5, durante la CV-la se utilizó una gran proporción de mamíferos y aves, y en consonancia con las especies animales comentadas anteriormente, los principales recursos utilizados fueron el lobo marino y el cormorán. El recurso de la carne del lobo marino, un animal de gran tamaño que pesa más de 300 kg, fue una parte importante de la estrategia de obtención de alimentos. En cambio, en la fase CV-lb, la proporción de especies de mamíferos y aves se redujo considerablemente, y los peces, convirtió en la principal fuente de alimento. Los detalles mencionados de las especies de peces indican que la utilización de peces se centraba en los peces cartilaginosos, especialmente los tiburones *Carcharhinus* (*Carcharhinus* spp.).

Como se ha visto anteriormente, aunque la sardina y la anchoveta no están incluidas en los datos analizados, Cruz Verde es única en cuanto a que muchas especies de fauna grande, que son menores en la costa central del Perú. Además, la comparación de las dos fases revela un cambio en el uso de los animales que fue más intensivo en la obtención de tiburones *Carcharhinus* durante la CV-lb, mientras que durante la CV-la, el uso de los animales fue una combinación de lobo marino, cormorán, más tiburones y peces óseos.

Comparación y debate con otros lugares de la costa norte

Estrategias de adquisición de alimentos y cambios en Cruz Verde

El análisis realizado en este trabajo confirma que hubo un claro cambio en el uso de los animales de la fase CV-la a la CV-lb, del periodo Arcaico. Sin embargo, en ambas fases, hubo una fuerte concentración hacia las especies de animales grandes, lo que indica que las estrategias de obtención de alimentos se orientaron hacia la explotación de grandes recursos alimenticios durante el periodo Arcaico.

Aunque no tenemos una respuesta definitiva a la pregunta de ¿cómo se procuraban estas especies animales?, al menos no se ha informado de lancetas de punta de lanza, arpones u otras herramientas orientadas a la caza a partir del análisis de la lítica, los artefactos de hueso y los artefactos de concha. Esto es a la luz del hecho de que muchas lancetas de punta de lanza fueron reportadas en las áreas montañosas durante el mismo período y antes (Chauchat, 1988; Chauchat et al, 1998; Dillehay ed. 2011), indicando una diferencia significativa en las tradiciones de caza en las dos regiones. Una situación similar a la del sitio de Cruz Verde se reportó en los sitios de Huaca Prieta y Paredones, que se encuentran en la misma cuenca del río Chicama y revelan rastros de actividad humana de largo plazo de 15.000 cal. BP~3.500 cal. BP (Dillehay ed. 2017). Dillehay y colaboradores argumentan que la ausencia de herramientas de pesca y caza como anzuelos, arpones, redes de pesca y líneas de pesca, tanto antes (15.000 cal. BP~8.000 cal. BP) como después (8.000 cal. BP~3.500 cal. BP) de la construcción del montículo, es evidencia de que se utilizaron tecnologías simples en términos de

"herramientas"⁴ (Dillehay ed. 2017) para una variedad de estrategias de alimentación (Dillehay et al, 2017; Vásquez et al, 2017: 365). Se centran en los nichos micro-ecológicos de la zona costera, representados por los humedales y lagunas que se forman en las zonas costeras por la afluencia de los ríos, las aguas salobres de los estuarios y las lagunas formadas por las mareas altas. De sus entrevistas se han confirmado los métodos de pesca tradicionales, como la captura y el golpeo de peces u otros animales que quedan en aguas poco profundas o invaden las aguas salobres, y señaló que estos métodos de pesca se han mantenido durante mucho tiempo (Dillehay et al, 2017). También se puede suponer, por los métodos de caza actuales, que los lobos marinos se pueden capturar fácilmente haciendo subir a los individuos a la playa desde el lado del mar y golpeándolos con piedras o palos, y las aves marinas se pueden capturar de la misma manera mediante simples trampas en las zonas costeras (Dillehay et al, 2017: 7, Suplemento: Sección S3). Aunque en el sitio de Cruz Verde se han recuperado anzuelos fabricados con conchas, son débiles y no sería práctico la pesca de grandes tiburones con estos anzuelos, por lo que es probable que las especies de peces, aves y mamíferos de gran tamaño se capturaran con métodos similares.

Además, Dillehay y colaboradores destacan que se supone que se cultivaba una gran variedad de restos vegetales en el humedal costero y en los valles fluviales, junto con un pequeño pero significativo número de especies animales identificadas que habitaban en las zonas montañosas. Esto indica que los recursos de diversos entornos se explotaban a través de la tecnología simple y los intercambios⁵ (Dillehay et al, 2017: 11). Además, esta estrategia de obtención de alimentos se sustentó durante mucho tiempo en la abundancia de diversos ambientes ecológicos adyacentes (ríos, estuarios, humedales, lagunas, pozas de marea, etc.) que es propia de la zona costera del valle de Chicama, y no requirió del desarrollo de artes de pesca y caza (Vásquez et al, 2017: 365). Asimismo, en el Cruz Verde, el análisis muestra que los diversos recursos del nicho micro-ecológico costero fueron utilizados de manera compleja. Esto es especialmente cierto para el uso de animales durante CV-Ia. Por otro lado, nuestro análisis no sugiere sólo una continuidad en la estrategia de obtención de alimentos como ellos señalan. En el sitio de Cruz Verde, el uso de animales cambió claramente en la fase CV-Ib, con una adquisición más concentrada de tiburones *Carcharhinus*. También podemos observar un aumento en la utilización del robalo (*Sciaena starksii*) como hemos visto. Estos datos sugieren que la concentración en una especie animal concreta puede empezar a ser asumida durante la CV-Ib.

El resultado del análisis de los moluscos excavados en Cruz Verde muestra un cambio similar entre CV-Ia y CV-Ib. El análisis de la abundancia taxonómica, el índice de diversidad de especies y la distribución de tamaños entre los individuos de dos especies de bivalvos y un caracol marino (*Protothaca thaca*, *Choromytilus chorus*, *Thais chocolata*), revelan una concentración hacia especies específicas durante la CV-Ib y un cambio en el tamaño de la

⁴ "simple" significa sin tecnología elaborada también se complementa (Vásquez et al, 2017: 365).

⁵ Dillehay se reserva por el momento el juicio sobre si los grupos costeros fueron a procurarse ellos mismos los recursos de las zonas montañosas y de los valles fluviales, o si los obtuvieron a través del intercambio (Dillehay et al, 2017).

población en el ecosistema⁶ (Shoji, 2018). A la luz de este cambio en el uso de los mariscos, es muy probable que algún cambio ambiental durante la CV-Ib desencadenara los cambios en el uso de los animales mostrados en este trabajo. De hecho, un aumento en la magnitud y frecuencia de los eventos de El Niño es evidente a partir del análisis esclerocronológico de los mariscos, pero estos datos se discutirán en otro documento que estamos preparando.

Las tradiciones de uso de los cartilagosos en la costa norte y un cambio

El análisis y la discusión revelaron que el uso de animales en Cruz Verde en el período arcaico pasó de un uso intensivo de lobos marinos y cormoranes a un uso intensivo de especies de peces cartilagosos. Aunque los antecedentes y los cambios en las técnicas de caza y pesca implicados en este cambio en el uso de animales no están claros, está claro que durante el CV-Ib se seleccionó una estrategia de obtención de alimentos centrada en especies específicas de peces del género *Carcharhinus*. Aunque el caso de Cruz Verde sugiere un resultado contrastado con el caso del litoral central durante el mismo periodo, donde se utilizaba principalmente la anchoveta y otros peces óseos, el mencionado problema de sesgo de muestreo hace que la conclusión final deba ser esperada hasta el resultado de los muestreos que abarcan espigas de peces de pequeño tamaño.

Tabla 2. Restos de peces cartilagosos de los sitios arqueológicos de la costa norte de Perú

| Orden o Familia | Género y Especie | tamaño de promedio (femenino adulto) | tamaño máximo (femenino adulto) | Periodo Arcaico | | | | Periodo Formativo Inicial | | Formativo temprano | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|--------------------|---------------|-----------------------|
| | | | | Cruz Verde CV-Ia | Cruz Verde CV-Ib | Huaca Prieta (Phase III) | Paredones (Phase III) | Padre Alban | Alto Salaverry | Puemape | Gramalote | Gramalote (Phase 1-3) |
| | | | | 4200-4000 BC | 4000-3800 BC | 6538-5308 cal BP | 6538-5308 cal BP | 1980-1729 BC | - | Early Puemape | 1590-1100 BC | 1500-1250 BC |
| Carcharhinidae | <i>Prionace glauca</i> | 200 | 400 | | | | | | | | | 16214 |
| Carcharhinidae | <i>Carcharhinus</i> sp. | 84-267* | 150-400* | 215 | 871 | 494 | 102 | | | | | 38 |
| Carcharhinidae | <i>Rhizoprionodon</i> sp. | 103 | 154 | 17 | 104 | 4 | 1 | | | | | |
| Sphyrnidae | <i>Sphyrna</i> sp. | 265-270** | 400** | 135 | 332 | 111 | 23 | | | | | |
| Triakidae | <i>Galeorhinus</i> sp. | 130-150 | 193 | 14 | 2 | 124 | 25 | | | | | |
| Triakidae | <i>Mustelus</i> sp. | 43-90* | 64-130* | 4 | 4 | 2 | | 105 | 68 | 692 | 304 | 645 |
| Squatinae | <i>Squatina armata</i> | 86-108 | 114 | 13 | | 4 | 11 | | | 28 | | |
| Lamnidae | - | 270-300** | 488** | | | 1 | | | | | | 105 |
| Hexanchidae | <i>Notorhynchys cepedianus</i> | 220 | 395 | | | | | | | | | 1 |
| Rhinobatidae | <i>Rhinobatos planiceps</i> | 40-70 | - | | 2 | 8 | | 11 | 18 | | 57 | |
| Myliobatidae | <i>Myliobatis</i> sp. | 38-70 | - | 9 | 1 | 17 | 5 | | | | 18 | 1901 |
| Rajiformes | - | - | - | | | | | 11 | 27 | | | |
| total | | - | - | 407 | 1316 | 765 | 167 | 127 | 113 | 720 | 379 | 18904 |
| Artículo referenciado | | IMARPE 2001, 2015 | IMARPE 2015 | - | - | Vásquez et al. 2017 | Vásquez et al. 2017 | Pozorski 1979 | Pozorski 1979 | Elera 1998 | Pozorski 1983 | Prieto 2015 |

*Mencionando IMARPE 2015, se calculó promedio de tamaño, máximo / mínimo de tamaño máximo en los 7 especies de *Carcharhinus* y 3 especies de *Mustelus*.

**Se nota tamaño de *Sphyrna zygaena* y *Isurus oxyrinchus* son mencionados por IMARPE 2015.

⁶ En esta discusión (Shoji, 2018), el montículo A-2 se dividió en tres fases cronológicas CV-Ia, CV-Ib y CV-Ic para dar cuenta de los entierros fechados más tempranamente, pero debido a que no se reconoció ningún estrato cultural que apoyara la fecha más temprana, aparte de los entierros, y a que las nuevas mediciones reavivaron que la fecha anterior de los entierros era errónea, la visión cronológica se revisó en dos periodos. La fase CV-Ia de este trabajo corresponde a la fase CV-Ib de un trabajo publicado anteriormente (Shoji, 2018), y la fase CV-Ib de este trabajo corresponde a la fase CV-Ic del mismo trabajo publicado anteriormente.

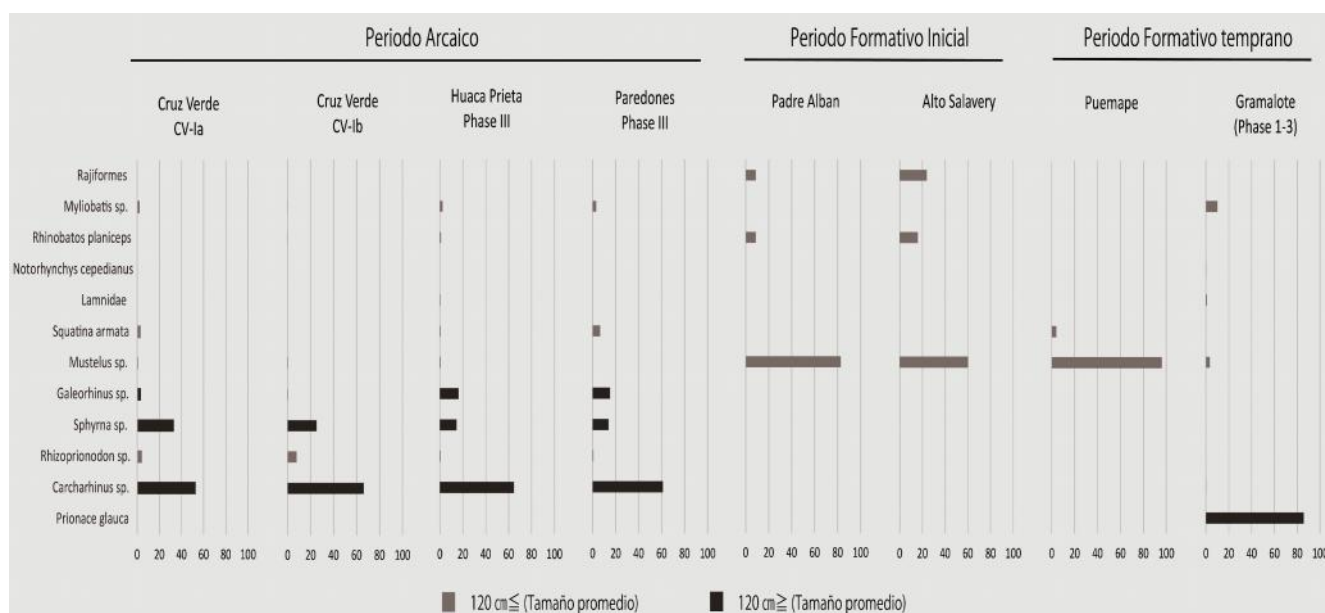


Figura 6.- Proporción de restos de peces cartilaginosos en cada sitio de la costa norte

Sin embargo, dadas las grandes diferencias en los tamaños individuales de estas especies de peces, se puede señalar que el específico de animales grandes, representado por el género *Carcharhinus*, fue significativo convirtiéndose en un recurso alimenticio. Además, no se han reportado peces cartilaginosos en el sitio de Paloma, donde se sabe que se utilizaron grandes cantidades de anchoveta en la costa central durante el período arcaico (Reitz, 2003: 70), e incluso en el sitio de Almejas, donde se han reportado 21 materiales, éstos representan sólo un 0,01% del total (Pozorski y Pozorski, 2003: 63). En otras palabras, está claro que el uso de animales en la costa norte difería del de la costa central durante el periodo arcaico con respecto a las especies de peces medianos y grandes, para las que es relativamente improbable que se produzca un sesgo en el muestreo.

Además, incluso durante el período Formativo, cuando la utilización de la anchoveta se hizo más pronunciada en la costa central (e. g., Shady y Leyva eds. 2003; Vega-Centeno, 2005; Chu, 2011), se reportaron utilizaciones intensivas de peces cartilaginosos a lo largo de la costa norte (e. g. Pozorski, 1979; Elera, 1998; Prieto, 2015). Esto significa que la tendencia de uso de animales en la costa norte del periodo arcaico continuó a largo plazo (Shoji, 2014). Sin embargo, dado el caso del sitio Cruz Verde, es posible señalar diferencias en las tradiciones de uso de cartilaginosos en cuanto a sus especies de peces. Para determinar las características diacrónicas y sincrónicas del uso de animales del arcaico en Cruz Verde, comparamos las especies cartilaginosas recuperadas en cada uno de los sitios de la costa norte (Fig. 6, Tabla 2). Como hemos visto en la sección anterior, hay una fuerte tendencia de uso del género *Carcharhinus* en los sitios Cruz Verde, Huaca Prieta y Paredones, que pertenecen al período arcaico. Otros peces cartilaginosos utilizados en estos sitios se concentran en las especies grandes,

de tamaño adulto superior a 1,5 m, como el género *Sphyrna* y el género *Galeorhinus*. En contraste, en el período formativo temprano, las tres especies de cartilaginosos que dominaban en el período Arcaico ya no se reportan en los sitios Padre Abán, Alto Salaverry y Puémape, y en su lugar se reportan varios peces cartilaginosos pequeños como el tolo (*Mustelus* sp.), el pez guitarra (*Rhinobatos planiceps*) y la raya (*Myliobatis* sp.) en grandes cantidades. En concreto, el género *Mustelus* es la especie más abundante registrada en estos sitios (Pozorski, 1979; Elera, 1998). Mientras que el Puémape, el sitio del período formativo temprano indica este tipo de uso cartilaginoso, un uso animal algo único se ve en el sitio de Gramalote. En este sitio, un estudio y análisis a pequeña escala realizado por Shelia Pozorski (1979) reportó el uso animal de las mismas especies de tiburones que los tres sitios del formativo inicial y temprano mencionados anteriormente. Sin embargo, una reciente excavación a gran escala reveló un gran número de tiburón azul (*Prionace glauca*) (Prieto, 2015: 568-598). Esta especie es un pez cartilaginoso de gran tamaño, y está claro que el uso de animales en Gramalote estaba especializado en especies cartilaginosas de gran tamaño incluso en el período formativo temprano. Por otro lado, después del tiburón azul, las especies de peces más frecuentemente excavadas son el toyo (*Mustelus* sp.) y la raya (*Myliobatis* sp.), mientras que el número del género *Carcharhinus* es bajo (38 huesos). Además, el hecho de que no se hayan excavado los géneros *Galeorhinus*, *Sphyrna* y *Rhizoprionodon*, citados en los sitios arcaicos, indica que, aunque el uso de los animales estaba especializado en grandes peces cartilaginosos en Gramalote, era muy diferente al del período Arcaico.

La comparación anterior entre los sitios de la costa norte revela un cambio en la tradición de uso de cartilaginosos de larga data desde el período arcaico, cuando se utilizaban principalmente cartilaginosos grandes como el género *Carcharhinus*, hasta el período formativo, cuando se utilizaban cartilaginosos relativamente pequeños o tiburón azul grandes. En otras palabras, el uso de animales especializados en tiburones *Carcharhinus* durante el CV-Ib en Cruz Verde fue una característica de la costa norte en el período arcaico. Aunque no se sabe con certeza si el cambio de CV-Ia a Ib se debe a los cambios en el ecosistema alrededor del sitio causados por el cambio climático o no, los hábitos ecológicos y biológicos de cada especie de pez son dignos de mención.

Mientras que el gran pez cartilaginoso, el tiburón azul, se clasifica como especie de fuera de la costa que a veces se acerca a la orilla también⁷ (IMARPE, 2015: 66; Compagno et al, 1984: 522), la mayoría de las especies del género *Carcharhinus* se clasifican como especies de la orilla, y su rango de actividad se ha reportado en zonas costeras (IMARPE, 2015: 37-49). También para el género *Sphyrna*, el tiburón martillo, el hábitat de los individuos jóvenes parece acercarse a la costa a medida que aumenta la temperatura del mar (González-Pestana, 2019: 15-16). En particular, algunas especies del género *Carcharhinus* pueden invadir no solo el agua de mar, sino también el agua salobre de los estuarios y el agua dulce de los ríos, y el tiburón toro identificado en el sitio de Cruz Verde, con un total de 13 huesos identificados, es un

⁷ La ecología y biología de las tintorerías en la costa peruana no se conoce lo suficiente, pero se sabe de otra localidad que los individuos hembras se acercan a la zona costera durante el período de estera (Prieto, 2015: 625).

ejemplo típico de ello. El cazón de leche habita en aguas costeras de 1 a 50 m de profundidad y una vez al año invaden aguas salobres, bahías, estuarios de grandes ríos y lagunas con el fin de reproducirse (IMARPE, 2015: 46; Compagno et al, 1984: 479-480). En estas aguas salobres, el cazón de leche da a luz a las crías, que pasan su vida juvenil en este entorno hasta la temporada en que la temperatura del agua del mar baja (Curtis et al, 2011). Aunque hay que señalar que el área de distribución actual del tiburón toro se limita a la zona del trópico extremadamente septentrional del Perú, no se puede descartar la posibilidad de que esta especie haya habitado la parte sur de la costa norte durante el período arcaico. Esto se debe a que se ha sugerido que las temperaturas del mar se mantuvieron en niveles más altos durante el período arcaico (por ejemplo, Sandweiss et al, 2007), y que el aumento de las temperaturas del mar debido al fenómeno de El Niño puede haber facilitado la invasión del cazón de leche. Sobre la base de la ausencia de artes de pesca como arpones y anzuelos grandes y robustos, como señalaron Dillehay y colaboradores. (Dillehay et al, 2017), es posible que el cazón de leche fue capturado con relativa facilidad en zonas de aguas salobres poco profundas como estuarios y lagunas. Además, basándose en los cambios ecológicos durante el CV-Ib sugeridos por el análisis de los mariscos (Shoji, 2018) y la fuerte preferencia por las zonas de agua salobre del robalo, un pez óseo que también aumentó en número durante este período, es posible que se produjeran cambios ambientales como el aumento del volumen de agua de los ríos y la expansión de las zonas de agua salobre. En otras palabras, es muy probable que el uso de animales en los diversos nichos ecológicos como característica de la costa norte arcaica se mantuviera gracias a las estrategias de obtención de alimentos asociadas a los cambios ambientales, como el desarrollo de las zonas de aguas salobres y la selección de tecnologías relativamente sencillas.

Además, esta adaptación ambiental al agua salobre está limitada por las diferencias topográficas entre la costa norte y la central. Esto se debe a que, como se ha mencionado anteriormente, la costa norte de Perú tiene una llanura costera con una pendiente muy suave, que se caracteriza topográficamente por el potencial de aumento de agua salobre debido a la crecida de los ríos. En la costa central, en cambio, hay grandes formas onduladas que dificultan el desarrollo de lagunas y humedales, por lo que, aunque los ríos suban, hay poco espacio para la formación de grandes zonas de agua salobre. También está claro que la costa norte es más susceptible al ENSO causado por las corrientes ecuatoriales. Por lo tanto, cabe suponer que las características únicas del uso de animales en la costa norte son el resultado de las condiciones geográficas y ambientales. Deberían recogerse más datos empíricos y debatirse a este respecto.

En los últimos años se ha discutido mucho sobre la forma de cazar tiburones en la costa norte, principalmente desde la perspectiva de los periodos arcaico y formativo temprano (Dillehay et al, 2017; Prieto, 2021; Vásquez et al, 2021). Frente a la estimación de los métodos de caza en lagunas (estuario de remanso) como hipótesis de Dillehay (Dillehay et al, 2017), Gabriel Prieto, quien investigó Gramalote, propuso otra hipótesis basada en las técnicas de “noosing” utilizando con cebo y cascabel para atraer a los tiburones desde los

botes de totora (Prieto, 2016, 2021). Prieto argumenta que el uso de lagunas, que se forman ocasionalmente por las marejadas, no puede explicar el uso intensivo de tiburones, que son muy abundantes como fuente principal (Prieto, 2021). Por el contrario, Vásquez y colaboradores, sostienen que la evidencia de la existencia de carrizales es insuficiente y que los tiburones no fueron la única fuente principal en la Huaca Prieta (Vásquez et al, 2021). Parece que el debate sigue siendo paralelo. En el caso del sitio Cruz Verde, hay una clara concentración hacia el uso de tiburones *Carcharhinus* durante CV-Ib, y no hay duda de que fueron considerados un recurso importante durante este período. La ecología del comportamiento de las especies de peces identificadas sugiere una explotación concentrada en las áreas de agua salobre, y como se mencionó anteriormente, estoy a favor de la presencia de la pesca en las áreas estuarinas de agua salobre. A la luz de la gran cantidad de especies de *Carcharhinus*, es más probable que los pescadores utilizaran lagunas que se expandieron durante un período de tiempo debido a algunos eventos de precipitación causados por el fenómeno de El Niño, que a las mareas de tormenta ocasionales. Sin embargo, esto no significa que el mismo método de pesca fuera utilizado en el sitio de Gramalote durante el período formativo. No significa necesariamente que se utilizaran los mismos métodos en ambos sitios, ni que uno niegue la existencia del otro. Como se mencionó anteriormente, hay una clara diferencia en las especies de tiburones excavadas en Gramalote y en otros sitios arcaicos. Las distintas especies de peces tienen diferentes hábitos biológicos, ecológicos, y los métodos de pesca deben desarrollarse y seleccionarse en función de sus hábitos. A partir de los datos arqueológicos de cada periodo y sitio se debe establecer si la pesca se realizaba fuera de la costa o en aguas de estuario. Para ello, será necesario recurrir a la ecología isotópica para reconstruir la historia vital de los tiburones excavados y a la investigación zooarqueológica y esclerocronológica básica para determinar la relación entre la edad y el tamaño de las vértebras.

Conclusión

El análisis de macro restos de huesos de animales de Cruz Verde revela los siguientes cambios en el uso de animales en la costa norte durante el periodo arcaico: Durante el CV-Ia (4.200-4.000 años a.C.), los mamíferos marinos, como los lobos marinos, y las aves marinas, como el cormorán, representaban una alta proporción del uso animal. Por el contrario, durante la CV-Ib (4.000-3.800 años a.C.), podemos reconstruir el uso de animales con una concentración en los tiburones *Carcharhinus*, y se produjeron claros cambios en las estrategias de obtención de alimentos. Esta tendencia en el uso de grandes mamíferos, aves y peces se confirmó de nuevo como significativamente diferente del uso animal que enfatizaba la anchoveta, que también se practicaba en la costa central durante el periodo arcaico. Esto es una advertencia contra la discusión del uso de animales en las áreas costeras del período Arcaico, especialmente en lo que se refiere al establecimiento de asentamientos pesqueros, basándose sólo en el caso de la costa central, y está claro que el uso de animales en la zona costera era diverso. Esto sugiere la necesidad de seguir el proceso de sedentarización, los cambios en las estrategias de obtención de alimentos y los cambios sociales en cada región. También es importante considerar la posibilidad de que la organización

socioeconómica basada en la labor de obtención de alimentos, que era única en cada región, influyera en el establecimiento de los sitios en el período formativo de cada región. De hecho, se ha señalado que hubo diferencias entre las regiones de la costa norte y la costa central en la cantidad y tamaño de la arquitectura ceremonial construida en el período formativo inicial, así como en la presencia o ausencia de plataformas y plazas circulares bien organizadas (Tsurumi y Morales, 2018:4). Además, los cambios en el uso de animales durante el período arcaico en la costa norte revelados en este trabajo sugieren un cambio en la estrategia de obtención de alimentos hacia el uso intensivo del género *Carcharhinus*, mientras se depende de grandes recursos alimenticios.

Además, las comparaciones de sitios a lo largo de la costa norte revelaron un cambio significativo en las especies de peces utilizadas en las tradiciones de uso de cartilaginosos a largo plazo desde el período arcaico hasta el formativo. Se pasó de una concentración de especies cartilaginosas grandes como el género *Carcharhinus*, que era evidente en CV-Ib, a una tendencia a utilizar especies cartilaginosas más pequeñas o grandes tiburones azules en el período formativo temprano. También confirmamos que la utilización del género *Carcharhinus* es característica del período arcaico de la costa norte. Los hábitos ecológicos y biológicos de estas especies de peces también apuntan a la posibilidad de que este uso animal fuera el resultado de una explotación centrada en zonas de agua salobre, como estuarios y lagunas.

Por otra parte, el análisis de este trabajo se basa en macro restos de especies animales y no refleja los resultados del muestreo de micro restos para recoger peces pequeños y juveniles como la anchoveta. Aunque la presencia de peces cartilaginosos asegura que hay diferencias en el uso de animales entre las costas del norte y del centro, el papel que desempeñan los peces pequeños y juveniles debe aclararse también para la costa del norte. Ya se han realizado muestreos y análisis cuantitativos, que presentaremos para comparar con las especies animales identificadas en este trabajo en otro documento.

Agradecimientos

Agradezco al profesor Segundo Vásquez de la Universidad de Trujillo y a Jesús Briceño, César Gálvez y Flor Díaz de la Dirección Regional de La Libertad del Ministerio de Cultura del Perú por su asistencia durante las excavaciones en Cruz Verde. La investigación de la excavación para este estudio fue apoyada por una Beca de Ayuda a la Investigación Científica del JSPS (Beca N° 16J06775), el Programa de Envío de Estudiantes al Extranjero del Departamento de Estudios Regionales y Estudios Comparativos de la Universidad de Posgrado para Estudios Avanzados en 2016 y 2017, el Programa de Pasantías de la misma universidad en 2008, el Fondo de Estímulo Académico Takanashi en 2015 y 2017, y el Programa de Becas Keunokai para Jóvenes Investigadores en 2015. En particular, el análisis de los restos de animales implicados en este estudio fue apoyado por la Beca Internacional Konosuke Matsushita (2018) de la Fundación Conmemorativa Konosuke Matsushita. Me gustaría aprovechar esta oportunidad para expresar mi gratitud.

Referencias Bibliográficas

- Beresford-Jones D, Pullen A, Chauca G, Cadwallader L, García M, Salvatierra I, Whaley O, Vásquez V, Arce S, Lane K, French C (2018): Refining the Maritime Foundations of Andean Civilization: How Plant Fiber Technology Drove Social. *Journal of Archaeological Method and Theory* 25: 393-425.
- Bird JB, Hyslop J, Skinner MD (1985): *The Preceramic Excavations at the Huaca Prieta, Chicama Valley, Peru*. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History 62(1), New York.
- Bonavia, D, Vásquez V, Rosales T, Dillehay T, Netherly P, Benson K (2017): Chapter 10: Plant Remains. In *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*, edited by T. Dillehay, pp. 367-433. University of Texas Press, Austin.
- Chauchat C (1988): Early Hunter-gatherers on the Peruvian Coast. In *Peruvian Prehistory*, edited by R. W. Keatinge, pp.41-66. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chauchat C, Gálvez C, Briceño J, Uceda S (1998): *Sitios arqueológicos de la zona de Cupisnique y margen derecha del valle de Chicama*. Instituto Nacional de Cultura, La Libertad/ Instituto Francés de Estudios Andinos, Trujillo / Lima.
- Chu A (2011): *Household Organization and Social Inequality at Bandurria, A Late Preceramic Village in Huaura, Peru*. Unpublished Ph. D Dissertation, Department of Anthropology, University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Compagno L (1984): *Sharks of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date Part 2 - Carcharhiniformes*. FAO Species Catalogue Vol. 4, FAO.
- Curtis T, Adams D, Burgess G (2011): Seasonal Distribution and Habitat as Sociations of Bull Sharks in Indian River Lagoon, Florida: A 30-year Synthesis. *Transactions of the American Fisheries Society* 140: 1213-1226.
- Dillehay T (editor) (2011): *From Foraging to Farming in the Andes –New Perspectives on Food Production and Social Organization*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dillehay T (editor) (2017): *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*. University of Texas Press, Austin.
- Dillehay T, Bonavia D, Goodbred S, Pino M, Vasquez V, Rosales T, Conklin W, Splitstoser J, Piperno D, Iriarte J, Grobman A, Levi-Lazzaris G, Moreira D, López M, Tung T, Titelbaum A, Verano J, Adovasio J, Scott L, Bearéz P, Dufour E, Tombret O, Ramírez M, Beavins R, DeSantis L, Rey I, Mink P, Maggard G, Franco T (2012a): Chronology, Mound-building and Environment

- at Huaca Prieta, Coastal Peru, from 13700 to 4000 Years Ago. *Antiquity* 86(331): 48-70.
- Dillehay T, Bonavia D, Goodbred S, Pino M, Vásquez V, Rosales T (2012b): A Late Pleistocene Human Presence at Huaca Prieta, Peru, and Early Pacific Coastal adaptations. *Quaternary Research* 77(3): 418-423.
- Dillehay T, Goodbred S, Pino M, Vásquez V, Rosales T, Adovasio J, Collins M, Netherly PJ, Hastorf CA, Chiou KL, Piperno D, Rey I, Velchoff N (2017): Simple technologies and diverse food strategies of the Late Pleistocene and Early Holocene at Huaca Prieta, Coastal Peru. *Science Advances* 2017(3): 1-13.
- Elera C (1998): *The Puémape Site and the Cupisnique Culture: A Case Study on the Origins and the Development of Complex Society in the Central Andes, Perú*. Unpublished Ph.D. dissertation, Department of Archaeology, University of Calgary, Alberta.
- Engel FA (1957): Sites et établissements sans céramique de la côte péruvienne. *Journal de la Société des Américanistes* 46: 67-156.
- Engel FA (1981): *Prehistoric Andean Ecology: Man, Settlement and Environment in the Andes. Volume 2: the deep south*. Humanities Press, New York.
- Fung R (1988): The Late Preceramic and Initial Period. *Peruvian Prehistory*, edited by R.W. Keatinge, pp. 67-98. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gonzalez-Pestana A (2019): *Habitat Suitability of Juvenile Smooth Hammerhead Shark (Sphyrna zygaena) off Northern Peru*. Unpublished Thesis for master's in science, James Cook University, Australia.
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay T, Piperno D, Iriarte J, Holst I (2012): Preceramic Maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(5): 1755-1759.
- Hirota K (2003): Late Preceramic Social Change on the Coast of Central Peru. *América Antigua*, 6: 53-77 (in Japanese).
- IMARPE (Instituto del mar del Perú) (2015): *Guía para la determinación de tiburones de importancia comercial en el Perú*. IMARPE, Callao.
- Lanning E (1967): *Peru Before the Incas*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- La Rosa V, Shoji K (2017): *Informe final del proyecto de investigación arqueológica: Cruz Verde, valle de Chicama, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, Perú (Temporada de excavación 2016)*. Informe presentado al Ministerio de Cultura del Perú, Lima.

- La Rosa V, Shoji K (2018): *Informe final del proyecto de investigación arqueológica: Cruz Verde, valle de Chicama, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, Perú (Temporada de excavación 2017)*. Informe presentado al Ministerio de Cultura del Perú, Lima.
- Lynch TF (1980): *Guitarrero Cave: early man in the Andes*. Academic Press, New York.
- MacNeish, RS, Cook AG, Lumbreras LG, Vierra RK, Nelken-Terner A (editors) (1980): *The Prehistory of the Ayacucho Basin, Peru: Nonceramic artifacts Vol.3*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Moseley ME (1975): *The Maritime Foundations of Andean Civilization*. Cummings Publishing Company, Menlo Park.
- Moseley ME, Feldman RA (1988): Fishing, farming, and the foundations of Andean Civilization. *The Archaeology of Prehistoric Coastlines*, edited by G. Bailey and J. Parkington, pp. 125-134. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pozorski S (1979): Prehistoric diet and subsistence of the Moche Valley, Peru. *World Archaeology* 11(2): 163-184.
- Pozorski S (1983): Changing Subsistence Priorities and Early Settlement Patterns on the North Coast of Peru. *Journal of Ethnobiology* 3(1): 15-38.
- Pozorski S, Pozorski T (2003): Paleoenvironment at Almejas: Early Exploitation of Estuarine Fauna on the North Coast of Peru. In *El Niño in Peru: Biology and Culture Over 10,000 Years*, edited by Jonathan Haas and Michael O. Dillon, pp. 52-70. Field Museum of Natural History, Chicago.
- Prieto OG (2015): *Gramalote: Domestic Life, Economy and Ritual Practices of a Prehispanic Maritime Community*. Unpublished Ph.D Dissertation, Department of Anthropology, Yale University, New Haven.
- Prieto OG (2016): Balsas de totora en la costa norte del Perú: Una aproximación etnográfica y arqueológica. *Quingnam*, 2: 141-188.
- Prieto OG (2021): Shark Fisheries during the Second Millennium BC in Gramalote, North Coast of Peru. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, printed online, 1-31.
- Quilter J (1989): *Life and Death at Paloma: Society and Mortuary Practices in a Preceramic Peruvian Village*. University of Iowa Press, Iowa City.
- Reitz EJ (2003): Resource Use Through Time at Paloma, Peru. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 44(1), 65-80.
- Rick JW (1988): Identificando el sedentarismo pre-histórico en los cazadores recolectores: un ejemplo de la sierra sur del Perú. *Llamichos y Pacocheros*:

Pastores de Llamas y Alpacas, Edited by J. A. Flores Ochoa, pp.37-43. Centro de Estudios Andinos, Cuzco.

Sandweiss D, Maasch K, Andrus F, Reitz E, Riedinger-Whitmore M, Richardson J III, Rollins H (2007): Mid-Holocene climate and culture change in coastal Peru. In *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Edited by D. Anderson, K. Maasch and D. Sandweiss, pp. 25-50. Academic Press, Cambridge.

Shady R, Leyva C (editores) (2003): *La ciudad sagrada de Caral-Supe: Los orígenes de la civilización Andina y la formación del estado prístino en el antiguo Perú*. Instituto Nacional de Cultura, Lima.

Shoji K (2014): *Subsistence Ecological Strategies and Changes in the Central Andes: Animal-Plant Use from Lithic Period to Formative Period*. Unpublished Thesis for Master, Department of Cultural Science, Saitama University. (in japanese)

Shoji K (2018): La utilización de recursos malacológicos en el período Arcaico: una perspectiva del sitio arqueológico Cruz Verde, Valle Chicama. *Revista Archaeobios* 12 (1): 18-37.

Shoji K (2021): *An Archaeological Study for Mound Formation Process in the Archaic period of the Prehistoric Andes: The Changes of Environment and Social Practice at Cruz Verde*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Cultural Science, The Graduate University for Advanced Studies, Osaka. (In Japanese)

Shoji K, La Rosa V (2017): The Preliminary Report of Ceramic Analysis: the Cruz Verde Site in the North Coast of Peru. *América Antigua*, 20: 135-150. (In japanese).

Tsurumi E, Morales C (2018): The Rise of Civic-ceremonial Center in the Andes during the Late Preceramic Period: New Data from Mosquito Plain. *América Antigua*, 21: 1-26. (In japanese)

Ugent D, Pozorski S, Pozorski T (1984): New evidence for Ancient Cultivation of *Canna edulis* in Peru. *Economic Botany* 36(2): 417-432.

Vásquez V, Rosales T (2018): Restos de fauna de Cruz Verde, valle Chicama. Unpublished report prepared for the Cruz Verde Archaeological Project. Trujillo.

Vásquez V, Rosales T, Dillehay T, Netherly P (2017): Chapter 9: Faunal Remains. *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*, edited by Tom. D. Dillehay, pp. 197-366. University of Texas Press, Austin.

Vásquez V, Rosales T, Netherly P, Dillehay T (2021): Comment on “Shark Fisheries during the Second Millennium BC in Gramalote, North Coast of Peru”. *Archaeobios*, 15(1): 30-37.

Vega-Centeno R (2005): *Ritual and Architecture in a Context of Emergent Complexity: A Perspective from Cerro Lampay, a late Archaic site in the Central Andes*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, The University of Arizona, Arizona.

Watanabe Y (2012): *Anchovy: Surprisingly, You Don't Know What They are*. Kouseisha Kouseikaku co.



Captura tradicional del “Life” *Trichomycterus* sp. en los valles de Jequetepeque y Chicama

César Gálvez Mora

Academia Nacional de la Historia (Lima, Perú) e Instituto de Estudios Andinos (Berkeley, EE. UU.). ORCID ID: <https://orcid.org/000-0002-8751-6266>, Email: arkeologo@yahoo.com

Resumen

Se reporta información etnográfica registrada en los valles de Jequetepeque y Chicama (costa norte del Perú) en 2006, la cual contribuye significativamente al conocimiento de las estrategias tradicionales de captura del “life” *Trichomycterus* sp., así como sobre su morfología, hábitat y comportamiento, resultante de la transmisión del conocimiento a través de generaciones; tecnología cuya continuidad está en riesgo por diversos impactos en el hábitat del “life”, así como por el gradual desinterés de las nuevas generaciones. La investigación fue motivada ante la escasa información etnográfica acerca de la pesca en agua dulce y la posibilidad de la pérdida de este conocimiento detentado por las personas mayores.

Palabras claves: *Trichomycterus* sp., pesca en agua dulce, etnografía, costa norte de Perú.

Abstract

Ethnographic information recorded in the Jequetepeque and Chicama valleys (north coast of Peru) in 2006 is reported, which contributes significantly to the knowledge of the traditional capture strategies of the “life” *Trichomycterus* sp., as well as its morphology, habitat and behavior, resulting from the transmission of knowledge through generations; technology whose continuity is at risk due to various impacts on the habitat of “life”, as well as the gradual disinterest of the new generations. The research was motivated by the scarce ethnographic information about freshwater fishing and the possibility of the loss of this knowledge held by the elderly.

Keywords: *Trichomycterus* sp., freshwater fishing, ethnography, north coast of Peru.

Introducción

El “life” *Trichomycterus* sp., es un pez de gran significado en la época prehispánica (De Bock, 2012: 149, 158; Figs. 70, 87; Gálvez y Runcio, 2009), y un recurso singular en la tecnología de la alimentación en pueblos costeños tradicionales de los valles medio y bajo del Jequetepeque y Chicama, en el departamento de La Libertad (costa norte del Perú).

El pez, que forma parte de la fauna de las comunidades de agua dulce (Mostacero et al, 2007: 78), alcanza un tamaño de 195 mm (Collazos, 1984), acostumbra a ocultarse durante el día (Sifuentes, 2017: 25) en agujeros de las riberas de las acequias (Tresierra et al, 1984 citado en Rodríguez, 1985) y prefiere suelos pedregosos con este propósito (Otiniano, 2016: 42). Su comportamiento nocturno (Rodríguez *Op. Cit.*, Sifuentes, *Op. Cit.*: 25) se explica porque inicia su alimentación desde el ocultamiento del sol hasta -aproximadamente- las 3 de la madrugada.

El “life” ha sido capturado junto ejemplares de “cascafe” *Brycon atrocaudatus*, “blanquito” *Bryconamericus peruanus*, “charcocha” *Lebiasina banaculata*, “mojarra” *Aequinens rivulatus*, “lisa” *Mugil cephalus*, “pez espada” *Xiphophorus hellerii*, “guppy” *Poecilia reticulata*, y “bagre” *Pimelodella yuncensis*, en un muestro realizado en la cuenca baja del río Moche (Otiniano, *Op. Cit.*: Anexo 8); y representa el 4% de la muestra (*Op. Cit.*: 24).

Su dieta consiste, preferentemente, de “...individuos de las familias Chironomidae, Hydropsychidae y Leptohiphidae para la temporada seca, mientras que para la temporada húmeda las familias predominantes son: Chironomidae y Elmidae.” (Vera et al, 2013: 123). Investigaciones adicionales revelan que este pez se alimenta de larvas de insectos (Elitidae), insectos adultos (Grillidae y Formicidae), crustáceos dulceacuícolas (*Porcellio* sp.), algas microscópicas y restos de fanerógamas adultas (Rodríguez *Op. Cit.*; Otiniano, *Op. Cit.*).

A diferencia de la información especializada, los datos etnográficos sobre este pez y las estrategias de captura son muy sucintos, y se refieren -hasta donde conocemos- a los departamentos de La Libertad (Sabogal, 2016; Schaedel, 1988), Piura (Huertas, 1999) y Lambayeque (Schaedel, *Op. Cit.*; Zocchi, 2017) (Fig. 1); razón por la cual en este artículo nos proponemos presentar los resultados del trabajo de campo realizado en los valles de Jequetepeque y Chicama, donde entrevistamos a tres pobladores (rango de edad = 54-76 años), con el objeto de obtener mayores datos sobre las estrategias de captura del “life”; pero también acerca de sus características, comportamiento, hábitat y época de abundancia, en el entendido que esta información acumulada en el tiempo es relevante para el diseño y aplicación de estrategias de captura en el

espacio y tiempo apropiados. Además, se mencionan aspectos que amenazan la continuidad de la tecnología de pesca en agua dulce.



Figura 1. Lugares de procedencia de los informantes: Puente Guadalupe (1) y Magdalena de Cao (2). En rojo: departamentos con referencias etnográficas sobre la captura de *Trichomycterus* sp. (Adaptado de Oficina Departamental de Estadística e Informática La Libertad, 2012).

Materiales y métodos

En primer lugar, realizamos una revisión de datos etnográficos publicados sobre la región norte del Perú; según los cuales, dentro de la fauna propia del

río Jequetepeque en la década de 1970, “*Existen además los lifes o resbalosas [bagre], cuyo cuerpo sedoso es de un color entre plumizo y verde oscuro, que vive en huecos que éstos hacen en las acequias, también abunda en los ríos, sobre todo en la época de lluvias*” (Sabogal, *Op. Cit.*: 331); Además, en este río “*A los lifes se les pesca con ‘canasta’, con ‘botella’, con ‘sarta de pishculays’ [lombrices], y con caito...*” (*Op. Cit.*: 331). Es pertinente indicar que el uso de recipientes de vidrio para pescar al sur de Lambayeque fue mencionado por Núñez del Prado, quien se refiere a “... una botella con pan adentro, en Virú” (Schaedel, *Op. Cit.*: 109).

En cuanto a Lambayeque de antaño, se afirma que “...*es muy probable que el papel de la pesca en agua dulce también haya sido mayor proporcionalmente en el Lambayeque, que lleva mucha más agua, que, en los ríos al sur de Trujillo, donde los etnógrafos dieron poca importancia a la pesca en agua dulce...*” (Schaedel, *Op. Cit.*); de otro lado, Brüning “...*describe un sistema de pescar life usando dos cuerpos de un pescado (caballa) cosidos como una especie de trampa para atraparlos en grupos.*” (*Op. Cit.*: 109); lo cual, en nuestra opinión, debió ser la supervivencia de una antiquísima técnica, que reúne en un mismo artificio a la trampa y la carnada. Y, mientras que en Monsefú se pescaba “life” a partir del inicio de las lluvias, en el verano, así como en el otoño (mayo y junio) (Zocchi, *Op. Cit.*: 60), en la provincia de Chiclayo se le captura en la noche utilizando trampas, aprovechando la costumbre del pez de nadar a contracorriente. La pesca es realizada en ríos y riachuelos; además, se le cría en los arrozales (*Op. Cit.*).

Finalmente, en el departamento de Piura, “...*Durante los Niños pasados la gente aprovechaba los beneficios que dejaba el agua pues las acequias rebosaban de carrizo, fenco, íneas, totora y, sobre todo, peces como la fresca liza, Ñolofe bagre, camotillo, camarón, trucha, mojarra, negra, chavelo life, tronado, chapalo...*” (Huertas, *Op. Cit.* 39). Asimismo, en condiciones normales, “*Sechura también tiene variedad de peces de agua dulce como: Mojarra, lifes, ñolofes, liza, bagre, piduche, chalcoca, camotillo, róbalo, pelao, colorada, boca dulce, negra, chavelo, trompudo, chápalo, etc. ...*” (*Op. Cit.*: 65).

En segundo lugar, realizamos entrevistas *in situ* a tres informantes: a) Don Jesús Díaz Saldaña (D) (68 años), residente en el asentamiento humano Puente Guadalupe (distrito y provincia de Chepén; valle de Jequetepeque), a 34 Km de distancia del puerto de Pacasmayo, el 4 de abril de 2006 (Fig. 2). En este caso, el escenario de la captura se vincula al río Jequetepeque, cuya época de avenidas es de diciembre hasta abril, así como en las acequias que derivan de éste; b) Doña América Sánchez Pérez (S) (76 años) (Fig. 3) y c) Don Elio Barriga Sánchez (B) (54 años), ambos residentes en la villa de Magdalena de Cao (distrito de Magdalena de Cao, provincia de Ascope; valle de Chicama), situada a 56 Km al noroeste de la ciudad de Trujillo, a quienes

entrevistamos el 22 de julio de 2006. El escenario de captura mencionado por ambos está conformado por las acequias que derivan del río Chicama, cuya época de avenidas va desde diciembre hasta abril; y en especial, las lagunas costañas de Magdalena de Cao, entre éstas la laguna de Salamanca, que al haber sido desecada no existe en la actualidad.



Figura 2. Don Jesús Díaz Saldaña (68 años), residente en el asentamiento humano Puente Guadalupe.



Figura 3. Doña América Sánchez Pérez (76 años) (†), residente en la villa de Magdalena de Cao

Durante el trabajo de campo aplicamos la observación participante (Carozzi, 1996; Kawulich, 2005), y tuvimos en cuenta los planteamientos de Abélés (2008), Ghasarian (2002) y Losonczy (2008), en nuestra interacción con informantes y en el procesamiento de datos.

Resultados

Los datos registrados corresponden a la morfología, hábitat, comportamiento, temporada y técnicas de captura del “life”, desde la perspectiva de nuestros informantes. Las citas textuales de las entrevistas atribuidas a cada uno de ellos llevarán la inicial del apellido paterno entre paréntesis.

Un aspecto relevante son sus referencias a décadas anteriores al año de las entrevistas, las cuales confirman la larga data de las técnicas de captura, cuyo aprendizaje se logra por observación a nivel familiar y comunal (“Yo aprendí así nomá, viendo nomá a varios. También, así, señores que pescaban...” [D]). Es pertinente subrayar que en el valle de Jequetepeque la captura del life es realizada por varones mayores de edad (“...por ejemplo orita mi hijo tiene cuarenta y siete años. Cuarenta y ocho años tiene mi hijo. Y todos acá son mayores de edad [...]. Son de treinta y cinco, cuarenta, de treinta pa´ arriba” [D]), y se destaca la experiencia vinculada al arraigo al sitio de nacimiento (“...Yo aquí soy nacido y criado [...]. Yo conozco todo, todo, el sistema de... de pesca.” [D])

Morfología

De acuerdo con nuestros informantes, el “life” es de color gris, tiene el cuerpo pintado (D), cabeza chata con “barbas” (B) que son más notorias en el macho, el cual se distingue por tener más carne (Figuras 4, 5); además, los “lifes” son peces resbalosos cuando se les coge (S). Los individuos de mayor tamaño miden entre 20 a 25 cm y pesan de 200 a 300 gr (D). Anteriormente, en Magdalena de Cao los más grandes tenían hueveras y pesaban $\frac{1}{4}$ de kilo (S), estimándose que en la época de la entrevista eran más pequeños comparados con los de antes (B). El rango de menor tamaño antes indicado coincide con la medida de 195 mm, registrada por Collazos (Op. Cit.).



Figura 4. “Life” *Trichomycterus* sp. (Fotografía: Margarita Mora).



Figura 5. Detalle de la cabeza de "life" *Trichomycterus* sp. (Fotografía: Víctor Vásquez).

Hábitat

El "life" vive escondido entre las piedras, pozas y hierbas, y usualmente no sale a la vista. En el río Jequetepeque y acequias (Fig. 6) convive con el "cascafe" *Brycon atrocaudatus*, "charcoca" *Lebiasina bimaculata* y "cachuelito", así como con el "cangrejo de río" *Hypollobocera* sp. (D) y con el camarón, como en el valle de Chicama (D, S). En este último valle, se esconde en las oquedades de las lagunas costeras, donde hay barro (S); se cría en el agua empozada en las lagunas (Fig. 7), y prefiere el fondo de éstas, así como de los cauces de agua (B). Información que concuerda con datos publicados por los especialistas (Otiniano, *Op. Cit.*: 42; Sifuentes, *Op. Cit.*: 25). El "camarón de río" es, probablemente, *Cryphiops caementarius* (Víctor Vásquez, comunicación personal, noviembre 2009), un crustáceo de hábitos nocturnos que prolifera en el verano.

Comportamiento

En el valle de Jequetepeque, el "life" sale a comer a partir de las 19:00 horas, y en la noche nada contra la corriente (D); dato que concuerda con lo informado en el valle de Chicama (B, S). Cuando nada, lo hace siguiendo el borde de la acequia (S); suele salir a la orilla con la cabeza arriba ("Claro, sí. Sale, ahí está la cabeza arriba, pues ¿no? Y la cola abajo en el agua. Parece que tomara aire, se asoleara..." [B]) y una vez capturado tarda en morir fuera del agua ("Sí. Demora en morir ¿ah? Es igual que el ... hay un pescado también [...] que acá le llaman monengue." [B]). El movimiento a contracorriente del flujo de las aguas -porque el pez va en dirección a sus nacientes-, es un desplazamiento

de oeste a este y se asocia a la mayor actividad física y vigor del animal, estimándose que ello se vincula a su supervivencia, porque así evita -en las fuentes de agua cercanas al litoral- el contacto con el agua salada (Carlos Quiroz, comunicación personal 20 de agosto del 2008). Las observaciones de nuestros informantes coinciden, en términos generales, con las de los especialistas (Rodríguez, *Op. Cit.*; Sifuentes, *Op. Cit.*: 25; Tresierra et al, 1984, citado en Rodríguez, *Op. Cit.*).



Figura 6. Acequia en el valle bajo del Jequetepeque, donde se captura *Trichomycterus sp.*

Estrategias de captura

En cuanto a la hora de captura del pez, en el valle de Jequetepeque tiene lugar en la noche porque en ese lapso está activo, mientras que durante el día permanece oculto; pudiendo realizarse la faena cuando el agua está turbia o clara (D). En Magdalena de Cao se pescaba tanto de noche como de día; antes abundaba y se le pescaba en los pozos cuando iba secando el agua (B, S). En

Jequetepeque, el rendimiento por jornada fluctuaba de 5/10 hasta 20Kg, estando a cargo de la captura los mayores de edad (D).

La temporada de captura en el valle de Jequetepeque tiene mayor incidencia en diciembre y enero, coincidiendo con la época de reproducción (D). En cuanto al valle de Chicama, era pescado en el calor del verano (febrero, marzo, abril) aunque no en sentido estricto (S), y se destaca su abundancia en ocasión de las avenidas de agua por los ríos y acequias (B). Información que concuerda con la registrada en los departamentos de Piura y Lambayeque (Huertas, *Op. Cit.*: 39; Zocchi, *Op. Cit.*: 60).



Figura 7. Captura de peces de agua dulce en laguna costera (Magdalena de Cao).

Los instrumentos empleados para pescar el “life” son: trampa, caito, nasa, botella, canasta y buzo.

Trampa: Se hace con una red menuda; tiene una abertura (“boca grande”), constituida por dos “aletas” de 10m de longitud por 1.5m de altura, suficiente como para cubrir el ancho del canal o acequia, donde es colocada con la parte estrecha (“cola”) hacia arriba (en dirección a las nacientes del agua) (Fig. 8). En el interior de la trampa hay un hueco pequeño (“aro de entrada”) por donde ingresa el “life” nadando a contracorriente sin dificultad (“*Y el life en la noche sube. Mayormente sube el life en la noche. No baja, sube, sube, sigue el agua.*”

[D]), el cual se obstruye cuando el pez intenta salir (“...*Entran, pa’ salir ya se tapa, y a la hora de entrar no, entra normal. A la hora pa’ salir ya no encuentra el huequito ya.*” [D]), y finalmente queda prisionero en la “bolsa de almacenaje” hasta el día siguiente, cuando es recuperado. Para colocar la trampa en un brazo del río, primero se construye una pirca de piedras y plástico hasta secar el brazo y se aguarda hasta que el “life” suba. Si bien actualmente no se utiliza carnada, antaño se ponía pescado de mar (“*Sí. ¡Uh! El pescado de mar le gusta bastante al life*” [D]). Asimismo, una jornada de pesca puede rendir desde un mínimo de 5/12Kg hasta un máximo de 20/30Kg (D). Al respecto, Zocchi (*Op. Cit.*: 60) refiere el uso de trampa, aunque no ofrece detalle alguno; sin embargo, destaca que ello es favorecido por el nado a contracorriente del “life”.

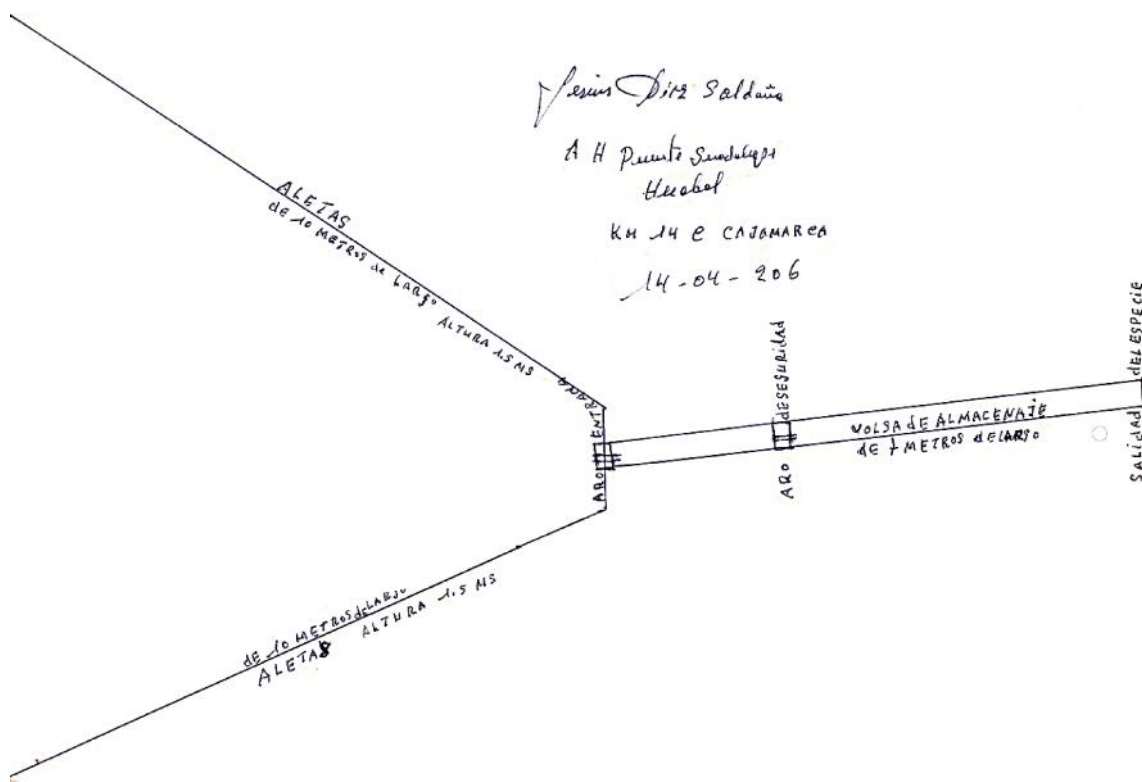


Figura 8. Trampa para capturar *Trichomycterus* sp. en el valle del Jequetepeque (Dibujo: Jesús Díaz Saldaña).

Caito: Es una red unida a un aro (Fig. 9), que se tiraba debajo de los matorrales, debajo de las piedras (B) y en los pozos (“*En la laguna, en los pozos [...], cuando iban secando las aguas quedaban pozuelos chicos, y ahí los cazábamos con caito. [...] Cuando se pone el caito, toditos se van juntando y caen [...] con el caito más fácil.*” [S]).

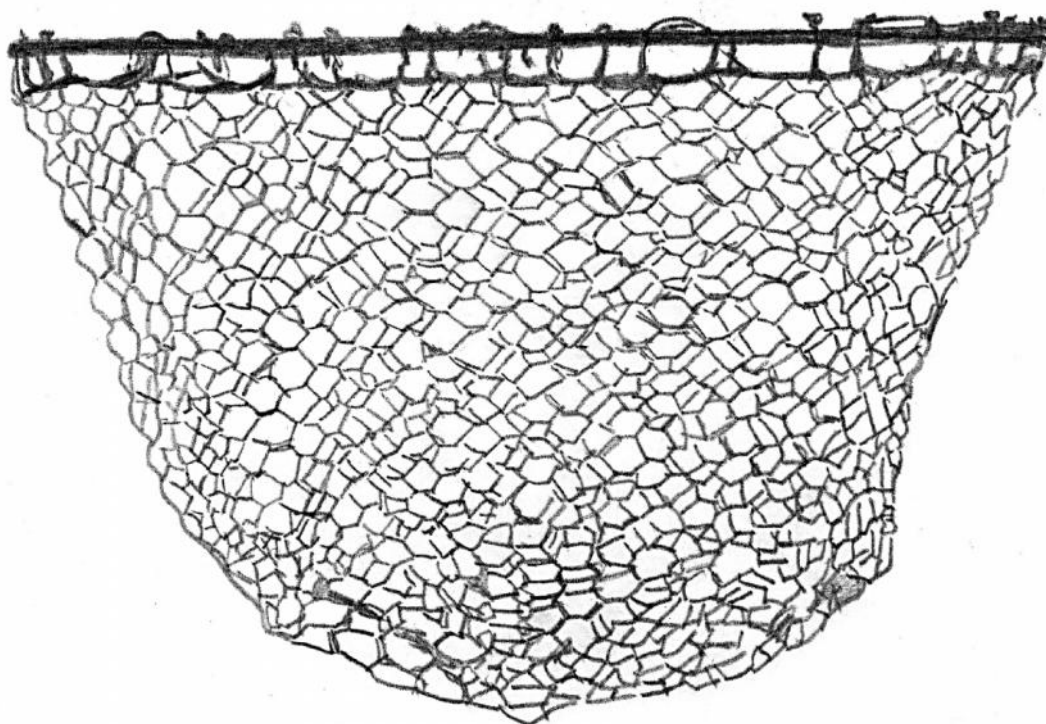


Figura 9. Caito, utilizado en el valle de Chicama.

Nasa: Está compuesta por carrizos que forman una especie de cono (Fig. 10), y se colocaba a contracorriente (“... sea, la corriente viene de sur a norte, se pone contra el sur pues ¿no?” [B]) con la finalidad de que el agua caiga con fuerza, como catarata. También servía para cazar “cascafe” *Brycon atrocaudatus* y “lisa” *Mugil cephalus* (B).



Figura 10. Nasa, usada en el valle de Chicama.

Botella: Se utilizaba una botella de champán con la base rota, y un corcho asegurado con una pita (Fig. 11). Dentro de la botella se ponía arroz cocido como carnada, se tapaba la boca del recipiente con el corcho, y se la colocaba con la boca pendiente arriba y la abertura formada por la base rota, pendiente abajo (B). La utilización de botellas de champán, a las cuales se les rompía el fondo, fue observada por el autor en las décadas de 1.960-1.970, en la acequia principal de la ciudad de Ascope (distrito de Ascope, provincia de Trujillo, valle de Chicama; a 53 Km al norte de Trujillo), cuando se atenuaba la turbulencia de las avenidas en la época de verano y a *posteriori*. En este caso, la boca de la botella era tapada con un corcho, que iba atado al cuello del recipiente para evitar que se pierda, y en el interior se ponía miga de pan como carnada. La boca de la botella era orientada a las nacientes de las aguas; de modo que, al nadar a contracorriente, el “life” ingresaba por la base y quedaba atrapado. Referencias al uso de botella para pescar “life” han sido publicadas por Sabogal (*Op. Cit.*: 331) y Schaedel (*Op. Cit.*: 109).

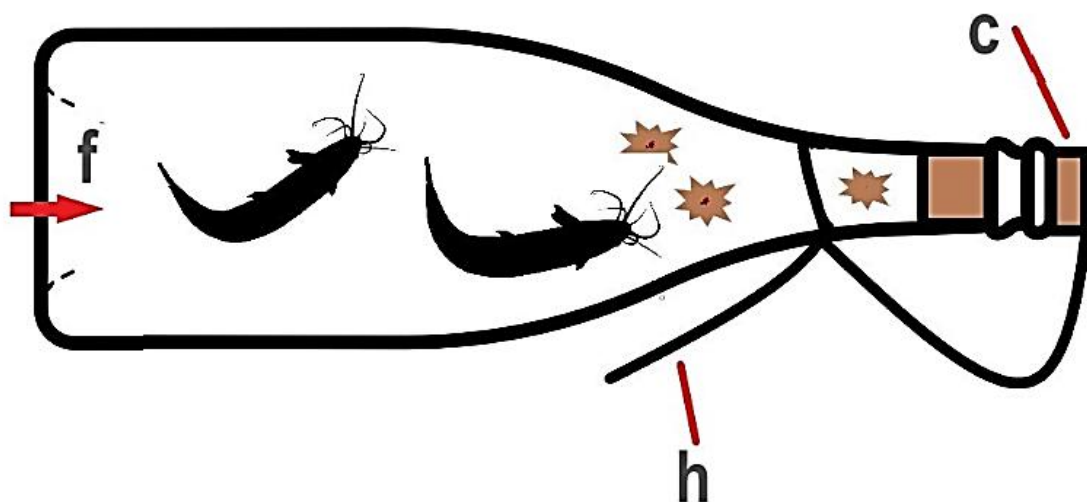


Figura 11. Botella de champán para capturar *Trichomycterus sp.* La flecha indica el ingreso del “life” por el fondo roto (f); el corcho (c), va atado al cuello del recipiente con un hilo (h). La carnada es miga de pan.

Canasta: Es una canasta de carrizo, similar a las registradas por Brüning en Eten (departamento de Lambayeque) (Fig. 12) (Raddatz, 1990: 91); la cual va aprovisionada con carnada de carne de res, e iba fijada a la toma de la acequia mediante un palo (“...Y nosotros ahí en la toma y en la chacra poníamos un palo, así en la toma, y una canasta bajita, y por ahí subía el life fácilmente. Se jalaba limpiquito sin barro [...] Y el palo era ahí, la canasta la poníamos ahí, y ellos iban caminando por el bordo, por la orilla, pero por dentro del agua. Iban subiendo a la canasta y le poníamos carne [...] de comer.” [S]). El uso de este artefacto en el río Jequetepeque ha sido mencionado por Sabogal (*Op. Cit.*: 331),

lo que evidencia varias coincidencias con las técnicas de pesca antes descritas.



Figura 12. Canastas de carrizo (campo inferior derecho), similares a las utilizadas para capturar *Trichomycterus sp.* en Magdalena de Cao. Detalle de una fotografía de Enrique Brüning fechada en 1899 (Fuente: Raddatz, 1990).

Buzo: Este era usado antiguamente, y se trata de un artificio alargado, provisto de una abertura pequeña por donde ingresa el “life”. En este caso es necesario emplear carnada (D).

Continuidad y riesgos

Nuestro informante del valle de Jequetepeque destacó el impacto del represamiento del recurso hídrico en el pez (*“...ha bajo la producción, ha bajado. Con la represa ha bajado la producción del life. Más el camarón si totalmente se está... se está... no hay casi”*), así como el riesgo de la contaminación (*“...Es que cuando los ríos están contaminados de... de la mina, cuando llega la mayor, este... contaminación, ahí se mueren. Con todo pescado. Pero en cambio acá no está muy contaminado. Todavía vive el life, el canguerejo todo, todos los pescaditos.”*). También alude al poco interés de los menores en la captura del “life” (*“Los muchachos... muy haragán. No le gusta pasar mala noche [...]. El muchacho no le interesa, no en la noche voy a estar pasando mi mala noche”*), lo cual es un hecho recurrente en el valle de Chicama. Por consiguiente, la continuidad de la tecnología tradicional asociada a la captura del pez afronta riesgos debido tanto a factores externos como a internos -a nivel de familia y comunidad-; a lo cual se suma la inminencia de la pérdida de la información que es mantenida por las personas mayores en las poblaciones rurales donde hemos realizado nuestra investigación, y en otras localizadas en la costa norte del Perú, debido al limitado interés en el estudio de la tecnología de pesca en agua dulce.

Comentario final

La información documentada a partir de la oralidad es un aporte significativo al mejor conocimiento de las estrategias tradicionales de captura del “life” *Trichomycterus sp.*, en los valles de Jequetepeque y Chicama, en la medida que los antecedentes publicados en la costa norte del Perú, hasta el 2.006, son muy escuetos; lo cual se explica por el hecho que la pesca en agua dulce no ha recibido suficiente atención en los estudios etnográficos. Los datos acerca de la morfología, hábitat y comportamiento de este pez permiten contrastar la información publicada por especialistas, y ofrecen precisiones adicionales resultantes de la experiencia directa, así como de la continua observación a través de generaciones en las áreas rurales. Sin duda, este conocimiento acumulado, que se transmite tanto por medio de la observación de la faena de captura ejecutada por los adultos, como por la transmisión oral, ha servido de base para el desarrollo y aplicación de las estrategias de captura en el espacio (río, acequias, lagunas) y tiempo (en particular la época de avenidas de los ríos Jequetepeque y Chicama) más adecuados.

Por consiguiente, la experiencia es crucial para el éxito de cada jornada de pesca en agua dulce, actividad que no genera un riesgo para el “life”, por la preferencia a seleccionar individuos de mayor tamaño. Si bien restan mayores investigaciones en otros valles de la costa norte, consideramos que la información aportada en nuestro artículo cobra relevancia porque la continuidad de las estrategias de captura tradicionales está en riesgo; tanto por el impacto

en el hábitat del “life” (desección de lagunas, represamiento del recurso hídrico, contaminación), como por la disminución del interés de las nuevas generaciones en mantener la vigencia de esta tecnología a través del tiempo. Más aún, cuando las personas mayores portadoras de este conocimiento ancestral transcurren su vida sin concitar un mayor interés de investigadores y las generaciones actuales por registrar esta memoria.

Agradecimiento

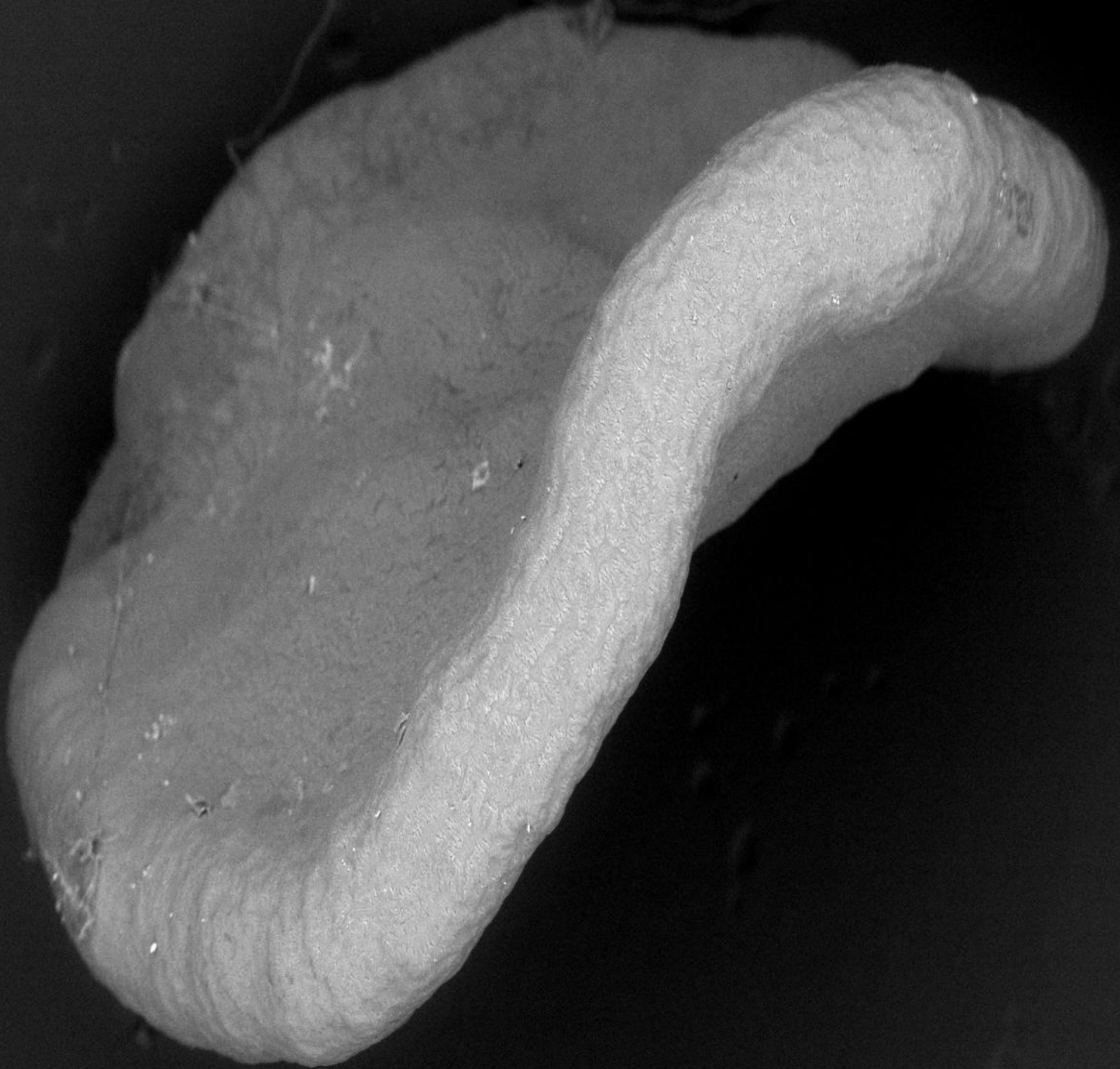
El autor expresa su ilimitado agradecimiento a la Sra. América Sánchez (†) y a los Sres. Elio Barriga y Jesús Díaz por compartir su conocimiento; asimismo al Dr. Víctor Vásquez Sánchez por la revisión crítica del manuscrito. Además, a él y a la Mg. Margarita Mora Costilla por autorizar la publicación de fotografías de *Trichomycterus* sp.

Referencias bibliográficas

- Abélés M (2008): El campo y el subcampo. *De la etnografía a la antropología reflexiva. Nuevos campos, nuevas prácticas, nuevas apuestas*: 43-52. A. Colombres, director. Buenos Aires.
- Carozzi MJ (1996): La observación participante en ciencias sociales: en busca de los significados del actor. *Boletín de Lecturas Sociales y Económicas*, 3 (13): 40-49. <http://anima.uca.edu.ar/Digital/33/revistas/blse/carozzi5.pdf>
- De Bock E (2012): *Sacrificios humanos para el orden cósmico y la regeneración. Estructura y significado en la iconografía Moche*. Ediciones SIAN. Lima.
- Collazos M (1984): Fecundidad del “life” *Trichomycterus* sp. procedente de la C.A.P Lurifico (Chepén), Trujillo. Informe de prácticas pre-profesionales del Programa académico de Biología Pesquera, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. MS
- Gálvez C, Runcio M (2009): El life (*Trichomycterus* sp.) y su importancia en la iconografía mochica. *Archaeobios*, 3(1):55-87. <http://www.arqueobios.org/ArqueobiosEs/Revista/Edicion2009/Archaeobios2009.pdf>.
- Ghasarian C (2008): Por los caminos de la etnografía reflexiva. En: *De la etnografía a la antropología reflexiva. Nuevos campos, nuevas prácticas, nuevas apuestas*: 9-42. A. Colombres, director. Buenos Aires.
- Huertas L (1999): *La costa peruana vista a través de Sechura. Espacio, arte y tecnología*. Concejo Provincial de Sechura, Instituto Nacional de Cultura, PROMPERU y Universidad Ricardo Palma. Lima.
- Kawulich B (2005): La observación participante como método de recolección de datos. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*,6(2),

- Art.43.https://antroporecursos.files.wordpress.com/2009/02/kawulich_fqs-observacion-participante.pdf
- Losonczy A (2008): Del enigma recíproco al saber compartido y al silencio. En: *De la etnografía a la antropología reflexiva. Nuevos campos, nuevas prácticas, nuevas apuestas*: 75-103. A. Colombres, director. Buenos Aires.
- Mostacero J, Mejía F, Zelada W, Medina C (2007): *Biogeografía del Perú*. Asamblea Nacional de Rectores. Lima.
- Otiniano Y (2016): Diversidad ictiológica de la cuenca baja del río Moche – La Libertad 2015. Tesis de Licenciatura, Escuela de Pesquería, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. MS
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5094/OtinianoTandaypan%2C%20Yolvin%20Marcial.pdf?sequence=1&isAllowed=>
- Raddatz C (Ed.) (1990): *Fotodokumente aus nordperu von Hans Heinrich Brüning (1848-1928) / Documentos fotográficos del norte del Perú de Juan Enrique Brüning (1848-1928)*. Hamburgischen Museumfür Völkerkunde. Bonn..
- Rodríguez J (1985): Hábitos alimentarios del “life” *Trichomycterus sp.*, procedente de la CAP Lurifico (Chepén) durante junio (1984) y enero (1985). Informe de prácticas pre-profesionales de la Escuela Profesional de Biología Pesquera, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. MS
- Sabogal J (2016): *Agricultura tradicional yunga*. Sociedad Geográfica de Lima. Lima.
- Schaedel R (1988): *La etnografía muchik en las fotografías de H. Brüning 1886-1925*. Ediciones COFIDE. Lima
- Sifuentes M (2017): Composición, distribución y ecología de la ictiofauna de la cuenca del río Cañete, Lima, Perú. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas – Unidad de Posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. MS.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6655/Sifuentes_tm.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Vera A, Oyaque E, Castañeda L, Quinteros Z (2013): Hábitos alimentarios del bagre “life” *Trichomycterus punctulatus* (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, siluriformes) en el río Pisco, Perú. *Ecología Aplicada*, 12 (2): 121-131.
<https://www.redalyc.org/pdf/341/34129468007.pdf>
- Zocchi D (Ed.) (2017): *El arca del gusto en el Perú. Productos, saberes e historias del patrimonio gastronómico*. Slow Food Editor Lima.
https://www.fondacioneslowfood.com/wpcontent/uploads/2017/09/ADG_Peru_digital.pdf

ARTÍCULOS DE REVISIÓN



2/28/2019 HV WD Det VacMode Spot
11:08:56 AM 20.0 kV 9.1 mm SSD Low vacuum 5.0

—————1.0mm—————

C.baccatum-B-02

Involvement of nucleic-acid methylation on biology and evolution: from first hominids to modern humans – Review

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

¹ Author for correspondence, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), eMail: <bb1dopeg@uco.es>; ² Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ³ Servicio de Informática, Edificio Ramón y Cajal, Campus Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁴ Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 14004 Córdoba; ⁵ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁶ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena (Córdoba); ⁷ Dep. Radiología y Medicina Física, Unidad de Física Médica, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁸ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Laboratorio de Arqueobiología, Avda. Juan Pablo II s/n, Universidad Nacional de Trujillo, 13011 Trujillo (Peru); ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoeológicas Andinas Arqueobios, C/ Martínez de Compañón 430-Bajo 100, Urbanización San Andrés, 13008 Trujillo (Peru); ¹¹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba.

Abstract

Recent developments in molecular biology, in general, and nucleic-acid sequencing, in particular, have allowed fascinating discoveries. Thus, it is now known that DNA and RNA methylations modulate development of organs, including the brain. That involves both their structure and function, allowing quick adaptation to changing environments. It has been proposed that such epigenetic changes may allow learning and encode memories. Some of these events arose before hominids, but others made us human. Yet, the cerebral cortex evolution not only enhanced learning and memory, but also increased the risk of diseases like cancer and neurodegenerative disorders in humans. Fortunately, technologies like CRISPR have promising potential to edit these epigenetic modifications, to prevent and cure such diseases. The relevance of nucleic-acid methylation is also particularly relevant in bioarchaeology, since both ancient DNA (aDNA) and RNA (aRNA) can be analyzed, revealing unknown paleophysiology.

Key words: Hominini, paleogenomics, paleoepigenomics, proteomics, metabolomics, gene expression, biomarkers, bioinformatics.

Resumen

Los avances recientes en biología molecular, en general, y secuenciación de ácidos nucleicos, en particular, han posibilitado descubrimientos fascinantes. Así, ahora se sabe que las metilaciones de ADN y ARN modulan el desarrollo de órganos, incluido el cerebro. Eso implica tanto su estructura como su función, lo que permite una rápida adaptación a los entornos cambiantes. Se ha propuesto que tales cambios epigenéticos pueden permitir el aprendizaje y codificar recuerdos. Algunos de estos fenómenos surgieron antes que los homínidos, pero otros nos hicieron humanos. Sin embargo, la evolución de la corteza cerebral no solo mejoró el aprendizaje y la memoria, sino que también incrementó el riesgo de enfermedades como el cáncer y los trastornos neurodegenerativos en humanos. Afortunadamente, tecnologías como CRISPR tienen un potencial prometedor para editar estas modificaciones epigenéticas, para prevenir y curar tales enfermedades. La relevancia de la metilación de ácidos nucleicos también es particularmente importante en bioarqueología, ya que se pueden analizar tanto ADN antiguo (ADNa) como ARN antiguo (ARNa), revelando paleofisiologías desconocidas.

Palabras clave: Hominini, paleogenómica, paleoepigenómica, proteómica, metabolómica, expresión génica, biomarcadores, bioinformática.

Introduction

The study of biological evolution is a fascinating topic, in general, and even more when focused on human evolution. As we have reviewed, developments in molecular biology, in general, and nucleic acid sequencing and amplification, in particular, as well as metabolomics and proteomics, have allowed to gain new insights in such areas, even for extinct species (Dorado et al, 2007-2021b). A key question about the latter is: what made us human? As we have reviewed, developments in nucleic-acid sequencing (Dorado et al, 2021a) has revealed interesting and sometimes surprising facts, including: i) Notch Homolog 2 (*NOTCH2*)-derived gene family, named Notch Homolog 2 N-terminal-Like (*NOTCH2NL*). They were generated from partial duplication, repair and conversion of *NOTCH2* (Dorado et al, 2018); and ii) noncoding RNA (Dorado et al, 2020). Both facts were involved in cortical evolution of human brain from first hominids to modern humans.

Further research has also found that nucleic-acid methylation (epigenetic modification) was also involved in the amazing fact of brain development that made us human (Liu et al, 2021a). It was first discovered the involvement of DNA methylation in regulation of gene expression. Then, it was also found the relevance of RNA methylation in such processes. These facts become even more relevant when considering that not only ancient DNA (aDNA), but also ancient RNA (aRNA) can be sequenced with the new technological advancements (Dorado et al, 2021a).

DNA methylation

DNA methylation in promoter regions typically represses gene expression. Interestingly, DNA methylation and demethylation events take place during human development, being different during gamete generation on males and females (Fig. 1)

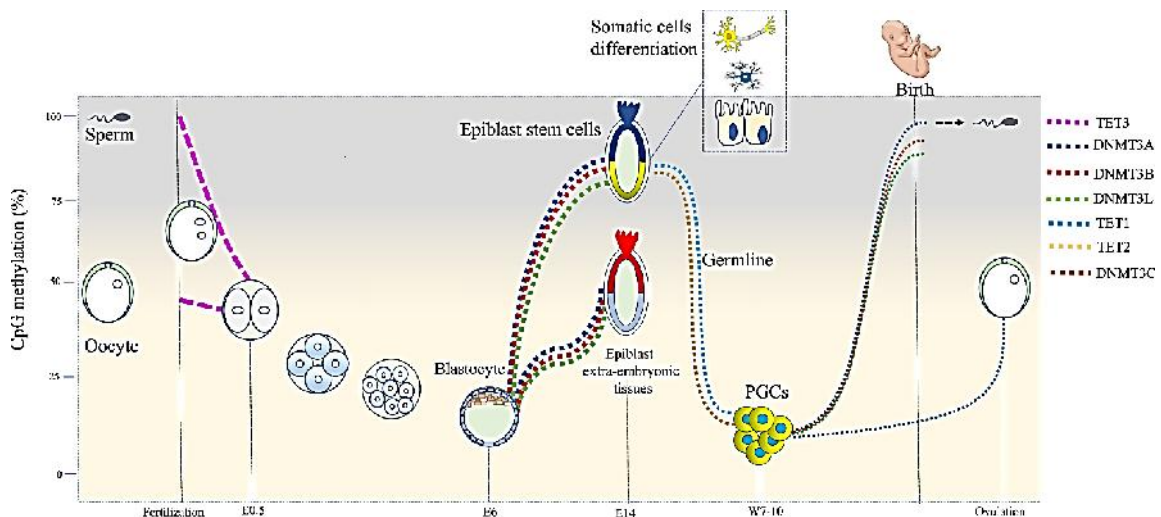


Figure 1. DNA methylation and demethylation events during human development. Such epigenetic changes modulate cellular gene expression, including neurons. Note the significant demethylation after fertilization, methylation after blastocyst, and again significant demethylation in germline and methylation during gametogenesis, with males and females exhibiting different profiles. © Elsevier (Shirvani-Farsani et al, 2021).

(Shirvani-Farsani et al, 2021). On the other hand, neurons are the basis of memories. Indeed, DNA methylation contributes to regulation of brain development, involving structure and function of such organ, allowing quick adaptations to changing environments. Metabolic changes, differences in cellular and synaptic properties, and eventually expansion and reorganization of neural circuits are carried out in the Central Nervous-System (CNS) (Fig. 2) (Sun et al, 2019; Clemens and Gabel, 2020; Pattabiraman et al, 2020; Poon et al, 2020a; Wheeler et al, 2020; Yin et al, 2020; Liu et al, 2021a, b; Niiranen et al, 2022).

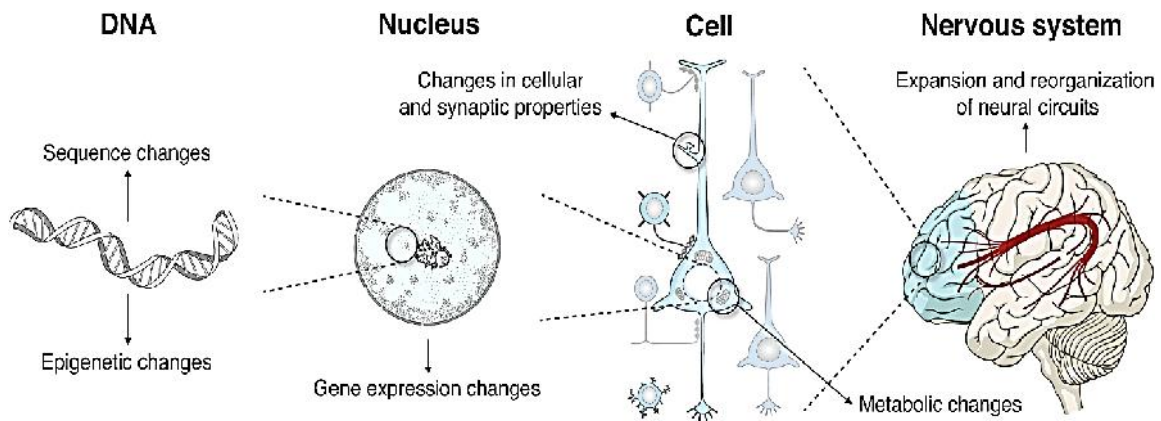


Figure 2. DNA sequence and epigenetic changes in human central nervous-system. Sequence and epigenetic modifications modulate gene expression. That generate changes in cells and CNS. © Elsevier (Pattabiraman et al, 2020).

Thus, human brains show hypomethylated DNA in CG contexts. That way, they upregulate downstream genes. In contrast, DNA hypermethylation of non-CG or CH contexts (H = A, C and T) has increased in human-brain evolution, downregulating genes. It has been proposed that these epigenetic changes may encode memories. Some of such events arose before the segregation of hominoids and catarrhine monkeys, but others arose after separation from chimpanzees. Unfortunately, such human-cortex evolution not only enhanced learning and memory, but also increased the risk of neurodegeneration and neuropsychiatric diseases in humans. They include Alzheimer and Parkinson diseases, schizophrenia, epilepsy and psychosis. Likewise, stroke, ataxia, addiction (including alcohol-use disorder), post-traumatic stress and socio-emotional disorders, depression, suicidality risk and ageing (Hernando-Herraez et al, 2013, 2015; Banerjee et al, 2018, 2019; Pattabiraman et al, 2020; Poon et al, 2020b; Wheeler et al, 2020; Coppede, 2021a,b; 2022; Jeong et al, 2021; Liu et al, 2021a,b; Starnawska and Demontis, 2021; Wei et al, 2021; Wigley et al, 2021; Bernstein, 2022; Dragic et al, 2022; Guemri et al, 2022; Kaplan et al, 2022; Kouter et al, 2022; Lei and Wang, 2022; Lionaki et al, 2022; Panariello et al, 2022; Zhan et al, 2022).

Magnetic Resonance Imaging (MRI) has been used to study DNA methylation in the brain (Lam et al, 2022). Additionally, bioinformatics, artificial intelligence (AI), in general, and machine learning (ML), in particular, have also been used to identify methylation signatures in brains of Alzheimer's disease (Li et al,

2022; Chen et al, 2022a, b). Furthermore, DNA methylation profiles have been proposed as biomarkers of neuropsychiatric disorders (Shirvani-Farsani et al, 2021). Besides, aDNA methylation has been used to infer ancient phenotypes, like Neanderthal and Denisovan faces, as we and others have reviewed (Mathov et al, 2020; Dorado et al, 2021b; Niiranen et al, 2022).

RNA methylation

RNA can be also methylated after transcription (epitranscriptomic modification) of messenger RNA (mRNA), ribosomal RNA (rRNA), transfer RNA (tRNA) and non-coding RNA (ncRNA). As we have previously reviewed, the latter are sometimes translated into micropeptides (Dorado et al, 2020). As expected, RNA methylation is involved in many physiological and pathological states. Thus, methylation of N6 position of adenosine generates N6-methyladenosine (m⁶A or m6A), which plays a key role in brain development. Such epigenetic change is controlled by three types of proteases (writers, readers and erasers), modulating proliferation, differentiation and maturation of neural precursors, including gliogenesis and neurogenesis, allowing brain development. That involves dendritogenesis and axonal growth (axonogenesis), synaptogenesis and synaptic transmission, circadian clock, behavior, learning and memory (Figs. 3 and 4). On the negative side, m6A mRNA methylation is also involved in malignant glioma proliferation (being the most lethal brain tumor) and inflammatory response in microglia (Li et al, 2021; Pan et al, 2021; Sokpor et al, 2021; Yen and Chen, 2021; Sun et al, 2022; Wei et al, 2022; Widagdo et al, 2022; Zhang et al, 2022a, b).

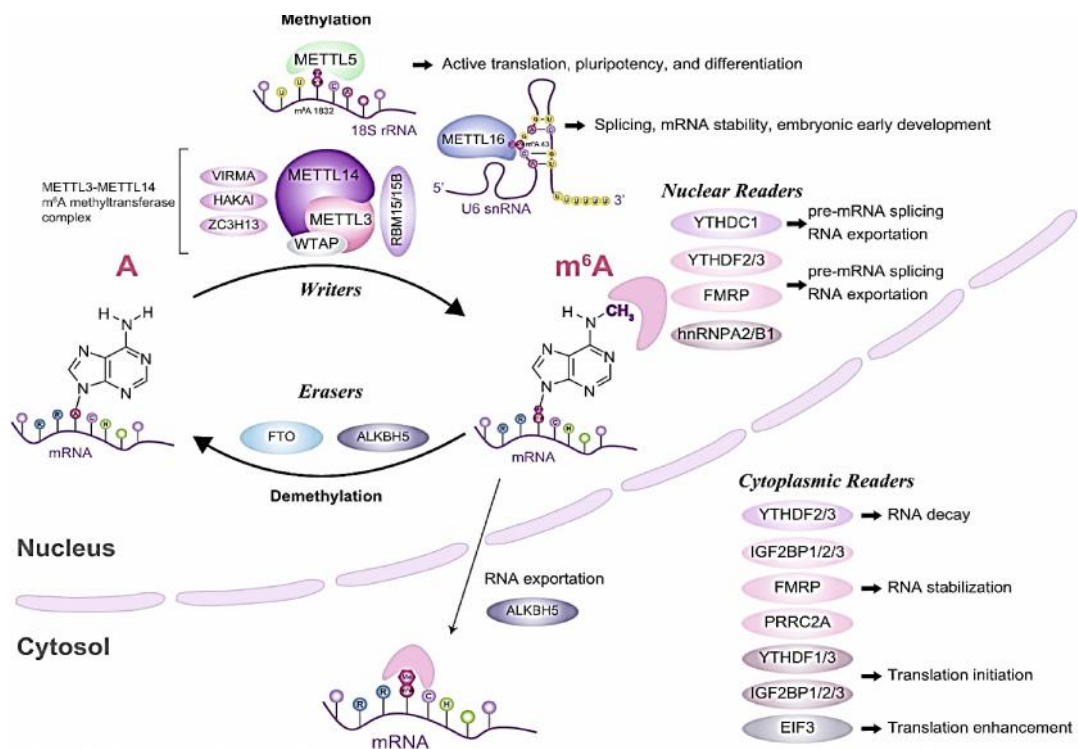


Figure 3. Writers, readers and erasers of m6A mRNA. mRNA is methylated by writers, read by readers and removed by erasers, modulating cell physiology. © BioMed Central (BMC; Yen and Chen, 2021).

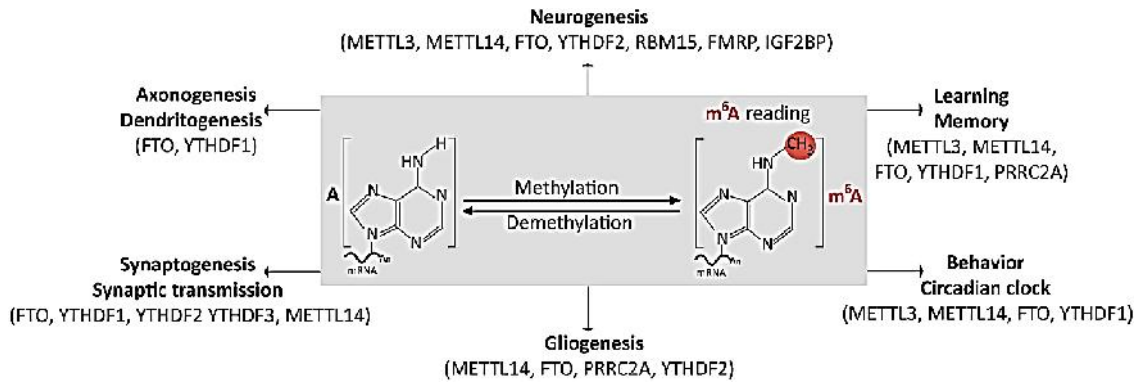


Figure 4. Implication of m6A mRNA in brain physiology. Such epigenetic modifications modulate proliferation and differentiation, including synaptogenesis and synaptic transmission, which are involved in behavior, learning and memory, among other physiological functions. © Frontiers (Sokpor et al, 2021).

It has been found that RNA methylation is involved in learning and long-term memory consolidation, through upregulation of: i) METHylTransferase-Like 3 (*METTL3*); ii) Yeast Two-hybrid 521-B (YT521-B) Homology (YTH) Domain-Family member 1 (*YTHDF1*); and iii) *FTO* [gene name derived from “FaTsO”, due to its large size, deleted by the mouse “Fused Toes” (FT) mutation] (Fig. 5) (Zhou et al, 2020; Widagdo et al, 2022).

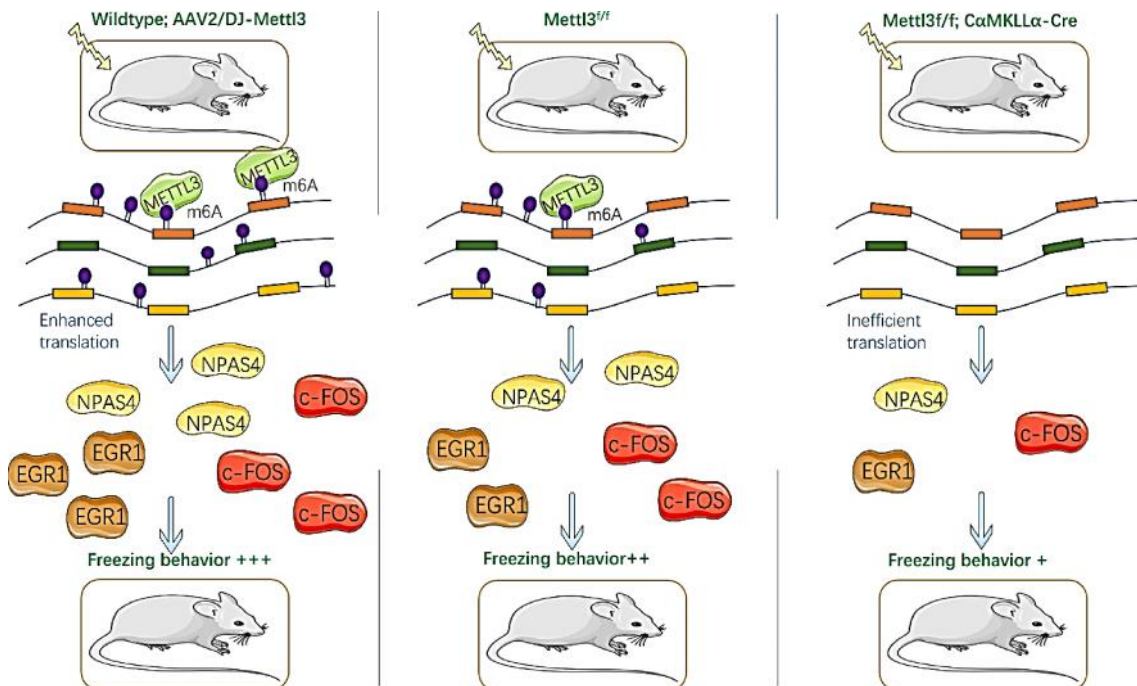


Figure 5. Long-term memory is modulated by *METTL3*. Mice with overexpression (left), normal expression (middle) and knockdown of *METTL3* are shown. The former exhibits increased translation of *EGR1*, *npas4* and *c-FOS*. That enhanced long-term memory ability of such mice, in relation to the ones with normal expression and –mostly– the knockdown ones. © Elsevier (Zhou et al, 2020).

Interestingly, while gene regulation is usually carried out in a binary induction/repression way, m6A methylation fine-tunes it. That is accomplished through different processes, including splicing, export, translation, stability and degradation of mRNA. Curiously, m6A mRNA methylation is highest in the brain than in other human organs. As said before, it modulates neurogenesis, including axonogenesis, and gliogenesis, during brain development. Later on, it is involved in brain health through synaptic plasticity, circadian rhythm, stress response and cognitive function. On the other hand, m6A methylation imbalance and dysregulation may lead to different pathologies, like chronic neurodegeneration, acute brain injury, neuropsychiatric disorders and brain cancer (Fig. 6) (Chokkalla et al, 2020, 2022; Park et al, 2020; Sokpor et al, 2021; Yen and Chen, 2021; Sun et al, 2022; Wei et al, 2022; Zhang et al, 2022a, b).

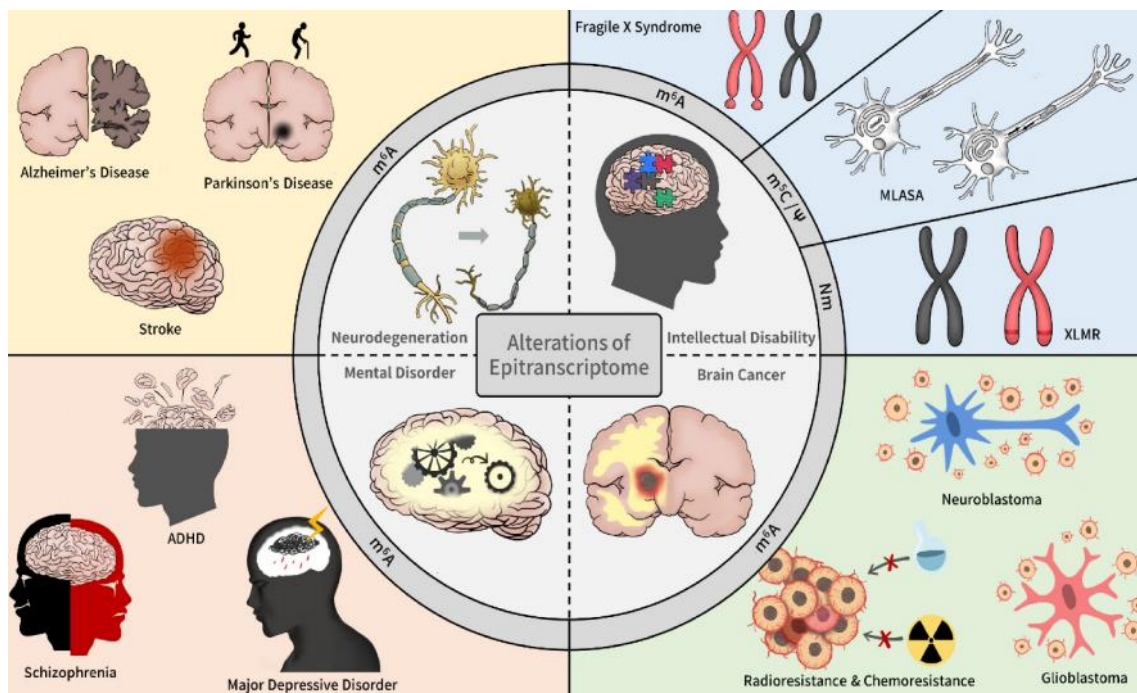


Figure 6. RNA epitranscriptomic alterations and brain disorders. Such diseases may involve neurodegeneration, intellectual disability, mental disorder and brain cancer. © The Korean Society for Biochemistry and Molecular Biology (Park et al, 2020). See also the modulation of brain physiology by m6A mRNA at <https://img.inotgo.com/imagesLocal/202208/10/202208101553342913_6.jpg> or <https://pic4.zhimg.com/80/v2-582705027d88c88525ca79e182d37eef_1440w.jpg>. Such epitranscriptomic modification is involved in brain development, its health and disease (Chokkalla et al, 2020).

Concluding remarks and future prospects

Developments in nucleic-acid sequencing have allowed to discover new biological processes. Among them are nucleic-acid (DNA and RNA) methylation. Identifying individual methylation sites can be expensive and labor intensive. Therefore, bioinformatics approaches have been proposed (Li et al, 2022; Chen et al, 2022a, b). Such epigenetic modifications are involved in regulation of gene expression, including brain development. In summary, partial

duplication, repair and conversion of *NOTCH2* into *NOTCH2NL* genes, as well as noncoding RNA and nucleic-acid methylation were involved in cortical evolution of human brain from first hominids to modern humans. Although there are limitations (Non, 2021; Smith and Non, 2022), these studies have an even greater relevance, when considering that new sequencing technologies allow to sequence aDNA and aRNA, as we and others have reviewed (Dorado et al, 2007, 2009, 2011, 2016, 2021; Lindqvist and Rajora, 2019). Last but not least, Clustered Regularly-Interspaced Short-Palindromic Repeats (CRISPR), that we have also reviewed (Dorado et al, 2017), has promising potential to edit m6A and cure neurological diseases like Alzheimer and Parkinson, increasing incorporation, stability and translation, or activating decay and degradation of specific mRNA molecules (Fig. 7) (Sokpor et al, 2021).

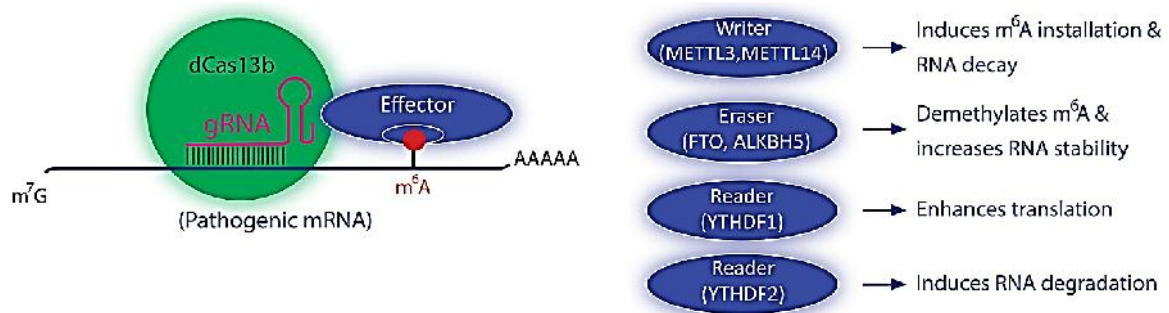


Figure 7. Editing of m6A mRNA by CRISPR. mRNA can be modified, either increasing or decreasing its incorporation, stability and activity. © Frontiers (Sokpor et al, 2021).

Acknowledgements. Supported by “Ministerio de Economía y Competitividad” (MINECO grant BIO2015-64737-R) and “Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria” (MINECO and INIA RF2012-00002-C02-02); “Consejería de Agricultura y Pesca” (041/C/2007, 75/C/2009 and 56/C/2010), “Consejería de Economía, Innovación y Ciencia” (P11-AGR-7322) and “Grupo PAI” (AGR-248) of “Junta de Andalucía”; and “Universidad de Córdoba” (“Ayuda a Grupos”), Spain.

References

- Banerjee N, Polushina T, Bettella F, Giddaluru S, Steen VM, Andreassen OA, Le Hellard S (2018): Recently evolved human-specific methylated regions are enriched in schizophrenia signals. *BMC Ecology and Evolution* 18: 63 (11 pp).
- Banerjee N, Polushina T, Bettella F, Steen VM, Andreassen OA, Le Hellard S (2019): Analysis of differentially methylated regions in great apes and extinct hominids provides support for the evolutionary hypothesis of schizophrenia. *Schizophrenia Research* 206: 209-216.
- Bernstein C (2022): DNA methylation and establishing memory. *Epigenetics Insights* 15: 25168657211072499 (15 pp).

- Chen F, Wang N, He X (2022a): Identification of differential genes of DNA methylation associated with Alzheimer's disease based on integrated bioinformatics and its diagnostic significance. *Frontiers in Aging Neuroscience* 14: 884367 (13 pp).
- Chen L, Li Z, Zhang S, Zhang YH, Huang T, Cai YD (2022b): Predicting RNA 5-methylcytosine sites by using essential sequence features and distributions. *BioMed Research International* 2022: 4035462 (11 pp).
- Chokkalla AK, Mehta SL, Vemuganti R (2020): Epitranscriptomic regulation by m6A RNA methylation in brain development and diseases. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 40: 2331-2349.
- Chokkalla AK, Mehta SL, Vemuganti R (2022): Epitranscriptomic modifications modulate normal and pathological functions in CNS. *Translational Stroke Research* 13: 1-11.
- Clemens AW, Gabel HW (2020): Emerging insights into the distinctive neuronal methylome. *Trends in Genetics* 36: 816-832.
- Coppede F (2021a): Epigenetic regulation in Alzheimer's disease: is it a potential therapeutic target? *Expert Opinion on Therapeutic Targets* 25: 283-298.
- Coppede F (2021b): One-carbon epigenetics and redox biology of neurodegeneration. *Free Radical Biology and Medicine* 170: 19-33.
- Coppede F (2022): Targeting the epigenome to treat neurodegenerative diseases or delay their onset: a perspective. *Neural Regeneration Research* 17: 1745-1747.
- Dorado G, Gálvez S, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021a): Analyzing modern biomolecules: the revolution of nucleic-acid sequencing – Review. *Biomolecules* (section Molecular Genetics) 11: 1111 (18 pp).
- Dorado G, Jiménez I, Rey I, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2013): Genomics and proteomics in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 7: 47-63.
- Dorado G, Luque F, Esteban FJ, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021b): Molecular biology to infer phenotypes of forensic and ancient remains in bioarchaeology – Review. *Archaeobios* 15: 49-64.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2015): Second-generation nucleic-acid sequencing and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 9: 216-230.

- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Martín J, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2016): Sequencing ancient RNA in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 10: 103-111.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF (2017): Clustered Regularly-Interspaced Short-Palindromic Repeats (CRISPR) in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 11: 179-188.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2018): Evolution from first hominids to modern humans: philosophy, bioarchaeology and biology - Review. *Archaeobios* 12: 69-82.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2019): Bioarchaeology to bring back scents from extinct plants - Review. *Archaeobios* 13: 66-75.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2020): Implications of non-coding RNA on biology and evolution: from first hominids to modern humans - Review. *Archaeobios* 14: 107-118.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF (2009): Ancient DNA to decipher the domestication of dog (REVIEW). *Archaeobios* 3: 127-132.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P, Vásquez VF (2010): Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2011): Ancient nucleic acids from maize - A review. *Archaeobios* 5: 21-28.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2012): Isotopes in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 6: 79-91.
- Dorado G, Sánchez-Cañete FJS, Pascual P, Jiménez I, Luque F, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2014): Starch genomics and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 8: 41-50.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P (2008): Sequencing ancient and modern genomes (REVIEW). *Archaeobios* 2: 75-80.

- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Vega JL (2007): Archaeology meets Molecular Biology (REVIEW). *Archaeobios* 1: 1-2.
- Dragic D, Chang SL, Ennour-Idrissi K, Durocher F, Severi G, Diorio C (2022): Association between alcohol consumption and DNA methylation in blood: a systematic review of observational studies. *Epigenomics* 14: 793-810.
- Guemri J, Pierre-Jean M, Brohard S, Oussada N, Horgues C, Bonnet E, Mauger F, Deleuze JF (2022): Methylated ccfDNA from plasma biomarkers of Alzheimer's disease using targeted bisulfite sequencing. *Epigenomics* 14: 451-468.
- Hernando-Herraez I, Garcia-Perez R, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2015): DNA Methylation: insights into human evolution. *PLoS Genetics* 11: e1005661 (12 pp).
- Hernando-Herraez I, Prado-Martinez J, Garg P, Fernandez-Callejo M, Heyn H, Hvilsom C, Navarro A, Esteller M, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2013): Dynamics of DNA methylation in recent human and great ape evolution. *PLoS Genetics* 9: e1003763 (12 pp).
- Jeong H, Mendizabal I, Berto S, Chatterjee P, Layman T, Usui N, Toriumi K, Douglas C, Singh D, Huh I, Preuss TM, Konopka G, Yi SV (2021): Evolution of DNA methylation in the human brain. *Nature Communications* 12: 2021 (12 pp).
- Kaplan G, Xu H, Abreu K, Feng J (2022): DNA epigenetics in addiction susceptibility. *Frontiers in Genetics* 13: 806685 (18 pp).
- Kouter K, Zupanc T, Videtic Paska A (2022): Targeted sequencing approach: comprehensive analysis of DNA methylation and gene expression across blood and brain regions in suicide victims. *World Journal of Biological Psychiatry* 9: 1-12.
- Lam F, Chu J, Choi JS, Cao C, Hitchens TK, Silverman SK, Liang ZP, Dilger RN, Robinson GE, Li KC (2022): Epigenetic MRI: noninvasive imaging of DNA methylation in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 119: e2119891119 (9 pp).
- Lei C, Wang Q (2022): The progression of N6-methyladenosine study and its role in neuropsychiatric disorders. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 5922 (18 pp).
- Li Q, Wen S, Ye W, Zhao S, Liu X (2021): The potential roles of m6A modification in regulating the inflammatory response in microglia. *Journal of Neuroinflammation* 18: 149 (16 pp).

- Li Z, Guo W, Zeng T, Yin J, Feng K, Huang T, Cai YD (2022): Detecting brain structure-specific methylation signatures and rules for Alzheimer's disease. *Frontiers in Neuroscience* 16: 895181 (11 pp).
- Lindqvist C, Rajora OP (2019): *Paleogenomics - Genome-Scale Analysis of Ancient DNA*. Springer (New York, NY, USA).
- Lionaki E, Ploumi C, Tavernarakis N (2022): One-carbon metabolism: pulling the strings behind aging and neurodegeneration. *Cells* 11: 214 (26 pp).
- Liu J, Mosti F, Silver DL (2021a): Human brain evolution: emerging roles for regulatory DNA and RNA. *Current Opinion in Neurobiology* 71: 170-177.
- Liu W, Wu G, Xiong F, Chen Y (2021b): Advances in the DNA methylation hydroxylase TET1. *Biomarker Research* 9: 76 (12 pp).
- Mathov Y, Batyrev D, Meshorer E, Carmel L (2020): Harnessing epigenetics to study human evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 23-29.
- Niiranen L, Leciej D, Edlund H, Bernhardsson C, Fraser M, Quinto FS, Herzig KH, Jakobsson M, Walkowiak J, Thalmann O (2022): Epigenomic modifications in modern and ancient genomes. *Genes* 13: 178 (16 pp).
- Non AL (2021): Social epigenomics: are we at an impasse? *Epigenomics* 13: 1747-1759.
- Pan T, Wu F, Li L, Wu S, Zhou F, Zhang P, Sun C, Xia L (2021): The role m6A RNA methylation is CNS development and glioma pathogenesis. *Molecular Brain* 14: 119 (9 pp).
- Panariello F, Fanelli G, Fabbri C, Atti AR, De Ronchi D, Serretti A (2022): Epigenetic basis of psychiatric disorders: a narrative review. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets* 21: 302-315.
- Park CW, Lee SM, Yoon KJ (2020): Epitranscriptomic regulation of transcriptome plasticity in development and diseases of the brain. *BMB Reports* 53: 551-564.
- Pattabiraman K, Muchnik SK, Sestan N (2020): The evolution of the human brain and disease susceptibility. *Current Opinion in Genetics & Development* 65: 91-97.
- Poon CH, Chan YS, Fung ML, Lim LW (2020a): Memory and neuromodulation: a perspective of DNA methylation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 111: 57-68.
- Poon CH, Tse LSR, Lim LW (2020b): DNA methylation in the pathology of Alzheimer's disease: from gene to cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1475: 15-33.

- Shirvani-Farsani Z, Maloum Z, Bagheri-Hosseiniabadi Z, Vilor-Tejedor N, Sadeghi I (2021): DNA methylation signature as a biomarker of major neuropsychiatric disorders. *Journal of Psychiatric Research* 141: 34-49.
- Smith RW, Non AL (2022): Assessing the achievements and uncertain future of paleoepigenomics. *Epigenomics* 14: 167-173.
- Sokpor G, Xie Y, Nguyen HP, Tuoc T (2021): Emerging role of m6A methylome in brain development: implications for neurological disorders and potential treatment. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 9: 656849 (24 pp).
- Starnawska A, Demontis D (2021): Role of DNA methylation in mediating genetic risk of psychiatric disorders. *Frontiers in Psychiatry* 12: 596821 (10 pp).
- Sun J, Cheng B, Su Y, Li M, Ma S, Zhang Y, Zhang A, Cai S, Bao Q, Wang S, Zhu P (2022): The potential role of m6A RNA methylation in the aging process and aging-associated diseases. *Frontiers in Genetics* 13: 869950 (18 pp).
- Sun Z, Xu X, He J, Murray A, Sun MA, Wei X, Wang X, McCoig E, Xie E, Jiang X, Li L, Zhu J, Chen J, Morozov A, Pickrell AM, Theus MH, Xie H (2019): EGR1 recruits TET1 to shape the brain methylome during development and upon neuronal activity. *Nature Communications* 10: 3892 (12 pp).
- Wei B, Zeng M, Yang J, Li S, Zhang J, Ding N, Jiang Z (2022): N6-methyladenosine RNA modification: a potential regulator of stem cell proliferation and differentiation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 10: 835205 (13 pp).
- Wei X, Du P, Zhao Z (2021): Impacts of DNA methylation on Tau protein related genes in the brains of patients with Alzheimer's disease. *Neuroscience Letters* 763: 136196 (5 pp).
- Wheater ENW, Stoye DQ, Cox SR, Wardlaw JM, Drake AJ, Bastin ME, Boardman JP (2020): DNA methylation and brain structure and function across the life course: a systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 113: 133-156.
- Widagdo J, Wong JJ, Anggono V (2022): The m6A-epitranscriptome in brain plasticity, learning and memory. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 125: 110-121.
- Wigley ILCM, Mascheroni E, Peruzzo D, Giorda R, Bonichini S, Montirosso R (2021): Neuroimaging and DNA Methylation: an innovative approach to study the effects of early life stress on developmental plasticity. *Frontiers in Psychology* 12: 672786 (13 pp).

- Yen YP, Chen JA (2021): The m6A epitranscriptome on neural development and degeneration. *Journal of Biomedical Science* 28: 40 (11 pp).
- Yin L, Banerjee S, Fan J, He J, Lu X, Xie H (2020): Epigenetic regulation of neuronal cell specification inferred with single cell “Omics” data. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 18: 942-952.
- Zhan W, Li Y, Yuan J, Zhi N, Huang Y, Liu Y, Zhang M, Wu S, Zhao X (2022): New insights into TETs in psychiatric disorders. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 4909 (12 pp).
- Zhang N, Ding C, Zuo Y, Peng Y, Zuo L (2022a): N6-methyladenosine and neurological diseases. *Molecular Neurobiology* 59: 1925-1937.
- Zhang R, Zhang Y, Guo F, Li S, Cui H (2022b): RNA N6-methyladenosine modifications and its roles in Alzheimer’s disease. *Frontiers in Cellular Neuroscience* 16: 820378 (14 pp).
- Zhou Y, Kong Y, Fan W, Tao T, Xiao Q, Li N, Zhu X (2020): Principles of RNA methylation and their implications for biology and medicine. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 131: 110731 (22 pp).



Implicación de la metilación de ácidos nucleicos en biología y evolución: desde los primeros homínidos hasta los humanos modernos – Revisión

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

¹ Autor para correspondencia, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), CE: <bb1dopeg@uco.es>; ² Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ³ Servicio de Informática, Edificio Ramón y Cajal, Campus Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁴ Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 14004 Córdoba; ⁵ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁶ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena (Córdoba); ⁷ Dep. Radiología y Medicina Física, Unidad de Física Médica, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁸ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Laboratorio de Arqueobiología, Avda. Juan Pablo II s/n, Universidad Nacional de Trujillo, 13011 Trujillo (Perú); ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas Arqueobios, C/. Martínez de Compañón 430-Bajo 100, Urbanización San Andrés, 13008 Trujillo (Perú); ¹¹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba.

Resumen

Los avances recientes en biología molecular, en general, y secuenciación de ácidos nucleicos, en particular, han posibilitado descubrimientos fascinantes. Así, ahora se sabe que las metilaciones de ADN y ARN modulan el desarrollo de órganos, incluido el cerebro. Eso implica tanto su estructura como su función, lo que permite una rápida adaptación a los entornos cambiantes. Se ha propuesto que tales cambios epigenéticos pueden permitir el aprendizaje y codificar recuerdos. Algunos de estos fenómenos surgieron antes que los homínidos, pero otros nos hicieron humanos. Sin embargo, la evolución de la corteza cerebral no solo mejoró el aprendizaje y la memoria, sino que también incrementó el riesgo de enfermedades como el cáncer y los trastornos neurodegenerativos en humanos. Afortunadamente, tecnologías como CRISPR tienen un potencial prometedor para editar estas modificaciones epigenéticas, para prevenir y curar tales enfermedades. La relevancia de la metilación de ácidos nucleicos también es particularmente importante en bioarqueología, ya que se pueden analizar tanto ADN antiguo (ADNa) como ARN antiguo (ARNa), revelando paleofisiologías desconocidas.

Palabras clave: Hominini, paleogenómica, paleoepigenómica, proteómica, metabolómica, expresión génica, biomarcadores, bioinformática.

Abstract

Recent developments in molecular biology, in general, and nucleic-acid sequencing, in particular, have allowed fascinating discoveries. DNA and RNA methylation modulate development of organs, including the brain. That involves both structure and function, allowing quick adaptation to changing environments. It has been proposed that such epigenetic changes may allow learning and encode memories. Some of these events arose before hominids, but others made us human. Yet, the cerebral cortex evolution not only enhanced learning and memory, but also increased the risk of diseases like cancer and neurodegenerative disorders in humans. Fortunately, technologies like CRISPR have promising potential to edit these epigenetic modifications, to prevent and cure such diseases. The relevance of nucleic-acid methylation is also particularly relevant in bioarchaeology, since both ancient DNA (aDNA) and RNA (aRNA) can be analyzed, revealing unknown paleophysiology.

Key words: Hominini, paleogenomics, paleoepigenomics, proteomics, metabolomics, gene expression, biomarkers, bioinformatics.

Introducción

El estudio de la evolución biológica es un tema fascinante, en general, y más cuando se enfoca en la evolución humana. Como hemos revisado, los desarrollos en biología molecular, en general, y secuenciación y amplificación de ácidos nucleicos, en particular, así como en metabolómica y proteómica, han permitido obtener nuevos conocimientos en dichas áreas, incluso para especies extintas (Dorado et al, 2007-2021b). Una pregunta clave sobre esto último es: ¿qué nos hizo humanos? Como hemos revisado, los desarrollos en la secuenciación de ácidos nucleicos (Dorado et al, 2021a) han revelado hechos interesantes y, a veces, sorprendentes, que incluyen: i) familia de genes derivados de homólogos de muesca 2 (*NOTCH2*; del inglés, “Notch Homolog 2”) en genes similares a N terminal de homólogos de muesca 2 (*NOTCH2NL*; del inglés, “Notch Homolog 2 N-terminal-Like”), denominados genes similares a N terminal de homólogos de muesca 2 (*NOTCH2NL*; del inglés, “Notch Homolog 2 N-terminal-Like”). Se generaron a partir de la duplicación parcial, reparación y conversión de *NOTCH2* (Dorado et al, 2018); y ii) ARN no codificante (Dorado et al, 2020). Ambos hechos estuvieron involucrados en la evolución cortical del cerebro humano desde los primeros homínidos hasta los humanos modernos.

Investigaciones posteriores también han encontrado que la metilación de ácidos nucleicos (modificación epigenética) también estuvo involucrada en el sorprendente hecho del desarrollo del cerebro que nos hizo humanos (Liu et al, 2021a). Primero se descubrió la participación de la metilación del ADN en la regulación de la expresión génica. Luego, también se encontró la relevancia de la metilación del ARN en tales procesos. Estos hechos se vuelven aún más relevantes cuando se considera que no solo el ADN antiguo (ADNa), sino también el ARN antiguo (ARNa) se pueden secuenciar con los nuevos avances tecnológicos (Dorado et al, 2021a).

Metilación del ADN

La metilación del ADN en las regiones promotoras suele reprimir la expresión génica. Curiosamente, los eventos de metilación y desmetilación del ADN tienen lugar durante el desarrollo humano, siendo diferentes durante la generación de gametos en machos y hembras (Fig. 1)

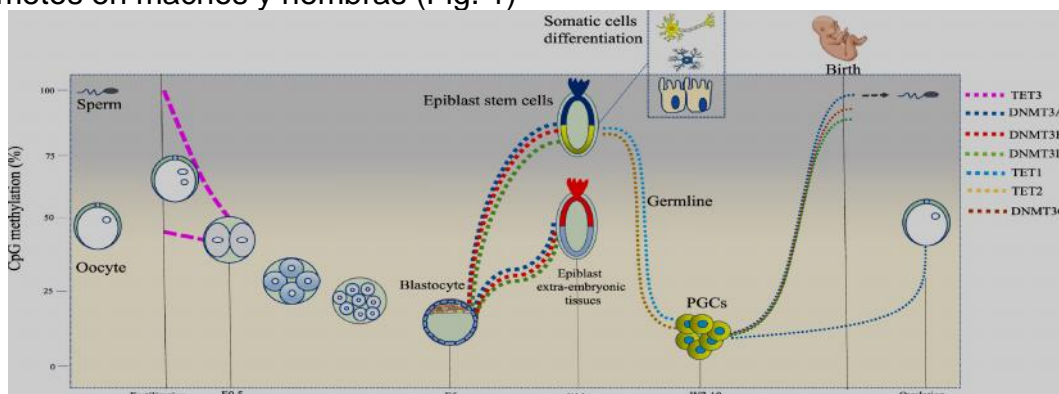


Figura 1. Eventos de metilación y desmetilación del ADN durante el desarrollo humano. Dichos cambios epigenéticos modulan la expresión génica celular, incluidas las neuronas. Téngase en cuenta la desmetilación significativa después de la fertilización, la metilación después del blastocito y nuevamente la desmetilación significativa en la línea germinal y la metilación durante la gametogénesis, con machos y hembras que exhiben diferentes perfiles. © Elsevier (Shirvani-Farsani et al, 2021).

(Shirvani-Farsani et al, 2021). Por otro lado, las neuronas son la base de los recuerdos. De hecho, la metilación del ADN contribuye a la regulación del desarrollo del cerebro, involucrando la estructura y función de dicho órgano, lo que permite adaptaciones rápidas a entornos cambiantes. Los cambios metabólicos, las diferencias en las propiedades celulares y sinápticas y, eventualmente, la expansión y reorganización de los circuitos neuronales se llevan a cabo en el Sistema Nervioso Central (SNC) (Fig. 2) (Sun et al, 2019; Clemens y Gabel, 2020; Pattabiraman et al, 2020; Poon et al, 2020a; Wheeler et al, 2020; Yin et al, 2020; Liu et al 2021a, b; Niiranen et al, 2022).

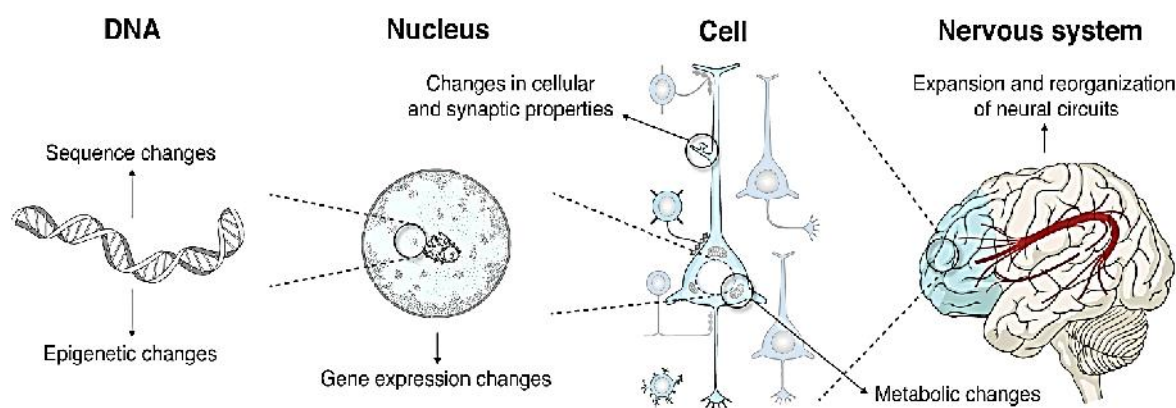


Figura 2. Secuencia de ADN y cambios epigenéticos en el sistema nervioso central humano. Las modificaciones epigenéticas y de secuencia modulan la expresión génica. Ello genera cambios en las células y el SNC. © Elsevier (Pattabiraman et al, 2020).

Por lo tanto, los cerebros humanos muestran ADN hipometilado en contextos CG. De esa manera, regulan al alza los genes secuencia abajo. Por el contrario, la hipermetilación del ADN en contextos sin CG o CH (H = A, C y T) ha aumentado en la evolución del cerebro humano, reprimiendo genes. Se ha propuesto que estos cambios epigenéticos pueden codificar recuerdos. Algunos de estos eventos surgieron antes de la segregación de los homínidos y monos catarrinos, pero otros surgieron después de la separación de los chimpancés. Desafortunadamente, tal evolución de la corteza humana no solo mejoró el aprendizaje y la memoria, sino que también aumentó el riesgo de neurodegeneración y enfermedades neuropsiquiátricas en humanos. Incluyen las enfermedades de Alzheimer y Parkinson, esquizofrenia, epilepsia y psicosis. Asimismo, accidente cerebrovascular, ataxia, adicción (incluido el trastorno por consumo de alcohol), estrés postraumático y trastornos socioemocionales, depresión, riesgo de suicidio y envejecimiento (Hernando-Herraez et al, 2013, 2015; Banerjee et al, 2018, 2019; Pattabiraman et al, 2020; Poon et al, 2020b; Wheeler et al, 2020; Coppede, 2021a,b; 2022; Jeong et al, 2021; Liu et al 2021a,b; Starnawska y Demontis, 2021; Wei et al, 2021; Wigley et al, 2021; Bernstein, 2022; Dragic et al, 2022; Guemri et al, 2022; Kaplan et al, 2022; Kouter et al, 2022; Lei y Wang, 2022; Lionaki et al, 2022; Panariello et al, 2022; Zhan et al, 2022c).

La resonancia magnética nuclear (RMN) se ha utilizado para estudiar la metilación del ADN en el cerebro (Lam et al, 2022). Además, la bioinformática, la Inteligencia Artificial [IA; del inglés, "Artificial Intelligence" (AI)], en general, y el Aprendizaje de Máquinas [AM; del inglés, "Machine Learning" (ML)], en

particular, también se han utilizado para identificar firmas de metilación en cerebros con enfermedad de Alzheimer (Li et al, 2022; Chen et al, 2022a, b). Además, los perfiles de metilación del ADN se han considerado biomarcadores de trastornos neuropsiquiátricos (Shirvani-Farsani et al, 2021). También, la metilación del ADN se ha utilizado para inferir fenotipos antiguos, como caras de neandertal y denisovano, como hemos revisado nosotros y otros (Mathov et al, 2020; Dorado et al, 2021b; Niiranen et al, 2022).

Metilación del ARN

El ARN también puede metilarse después de la transcripción (modificación epitranscriptómica) de ARN mensajero (ARNm), ARN ribosómico (ARNr), ARN de transferencia (ARNt) y ARN no codificante (ARNnc). Como hemos revisado anteriormente, estos últimos a veces se traducen en micropéptidos (Dorado et al, 2020). Como era de esperar, la metilación del ARN está involucrada en muchos estados fisiológicos y patológicos. Así, la metilación de la posición N6 de la adenosina genera N6-metiladenosina (m⁶A o m6A), que desempeña un papel clave en el desarrollo del cerebro. Dicho cambio epigenético está controlado por tres tipos de proteasas (escritoras, lectoras y borradoras), que modulan la proliferación, diferenciación y maduración de los precursores neuronales, incluidas la gliogénesis y neurogénesis, lo que permite el desarrollo del cerebro. Esto involucra dendritogénesis y crecimiento axonal (axonogénesis), sinaptogénesis y transmisión sináptica, reloj circadiano, comportamiento, aprendizaje y memoria (Figs. 3 y 4). En el lado negativo, la metilación m6A del ARNm también está involucrada en la proliferación de gliomas malignos (siendo el tumor cerebral más letal) y la respuesta inflamatoria en la microglía (Li et al, 2021; Pan et al, 2021; Sokpor et al, 2021; Yen y Chen, 2021; Sun et al, 2022; Wei et al, 2022; Widagdo et al, 2022; Zhang et al, 2022a, b).

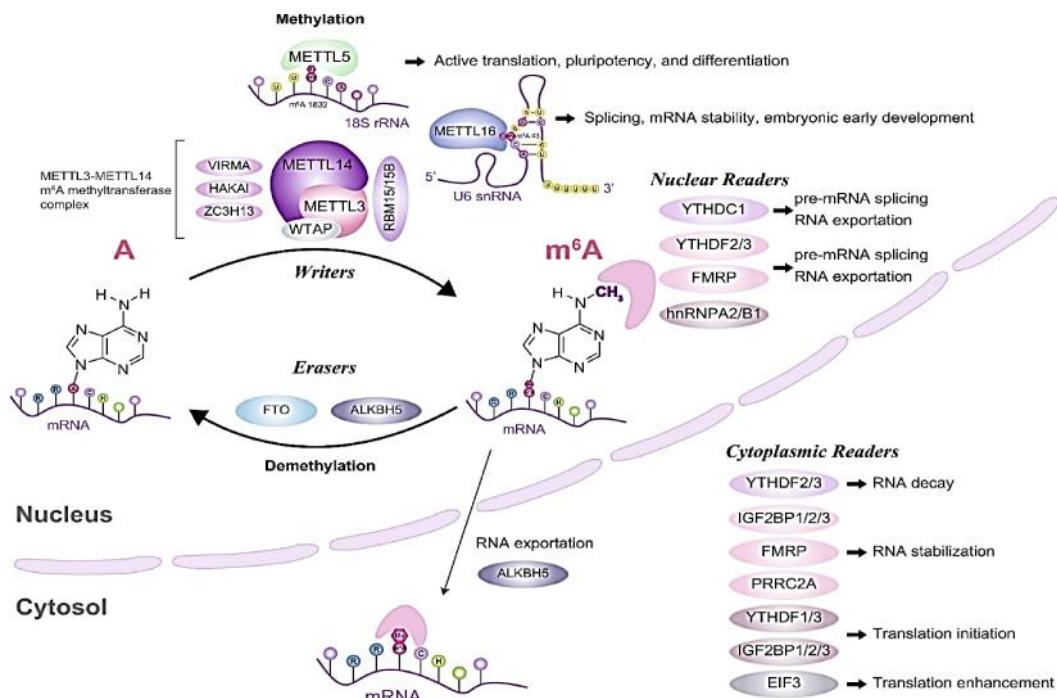


Figura 3. Escritores, lectores y borradores de ARNm m⁶A. El ARNm es metilado por escritores, leído por lectores y eliminado por borradores, modulando la fisiología celular. © BioMed Central (BMC; Yen and Chen, 2021).

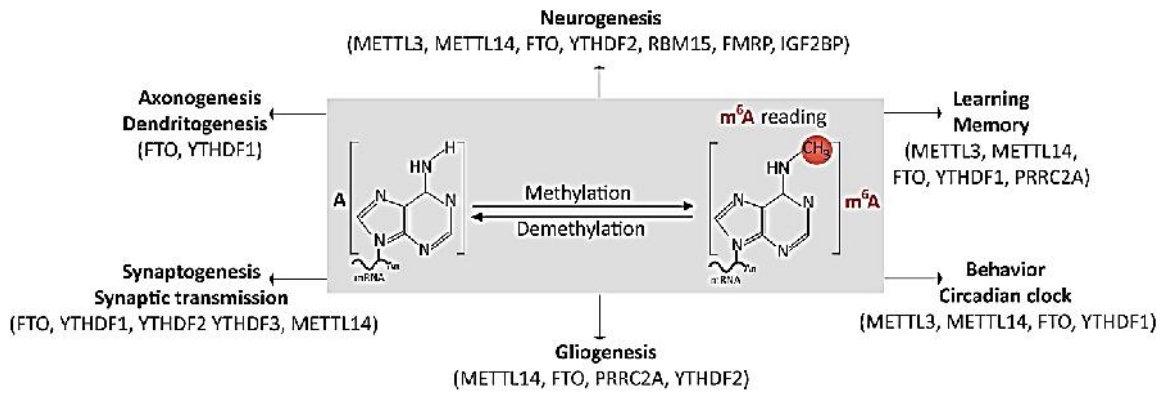


Figura 4. Implicación del ARNm m⁶A en la fisiología cerebral. Tales modificaciones epigenéticas modulan la proliferación y la diferenciación, incluidas la sinaptogénesis y la transmisión sináptica, que están involucradas en el comportamiento, aprendizaje y memoria, entre otras funciones fisiológicas. © Frontiers (Sokpor et al, 2021).

Se ha encontrado que la metilación del ARN está involucrada en el aprendizaje y la consolidación de la memoria a largo plazo, a través de la regulación positiva de: i) metiltransferasa 3 (*METTL3*); ii) miembros de la familia de dominio 1 (YTHDF1) con homología de doble híbrido en levadura 521-B (*YT521-B*) (YTH) dominio-miembro de familia 1 (*YTHDF1*); y iii) *FTO* {nombre del gen derivado de “FaTsO”, debido a su gran tamaño, deletado por la mutación de ratón denominada “dedos de las patas fusionados” [del inglés, “Fused Toes” (FT)]} (Fig. 5) (Zhou et al, 2020; Widagdo et al, 2022).

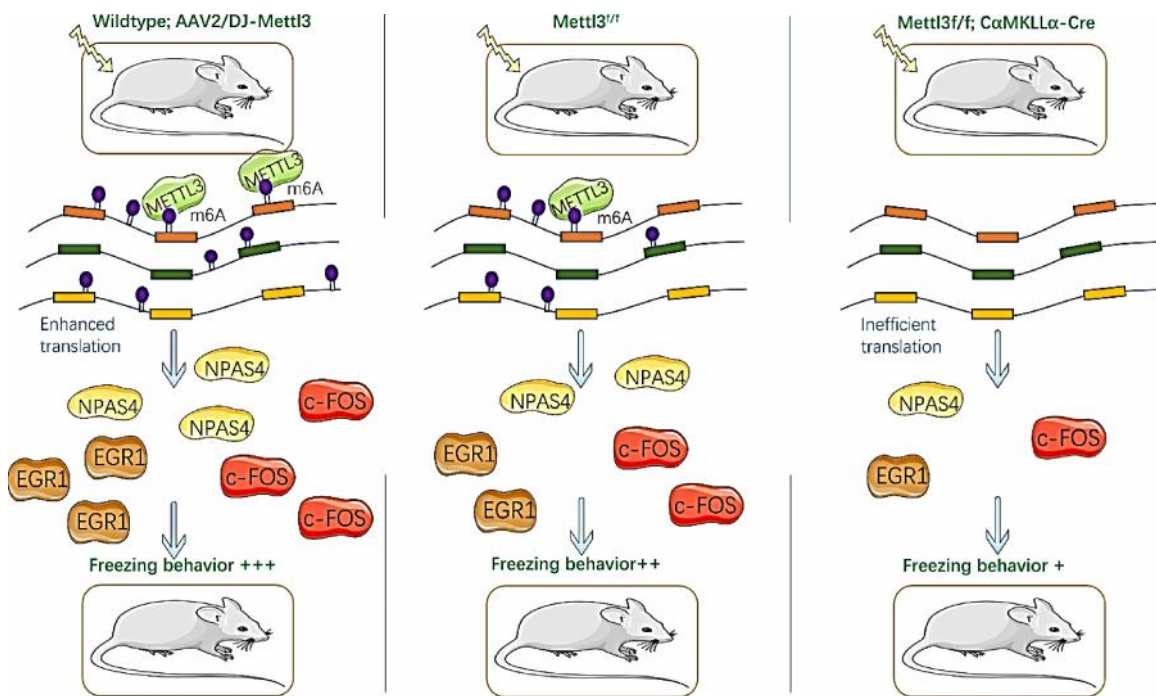


Figura 5. La memoria a largo plazo está modulada por METTL3. Se muestran ratones con sobreexpresión (izquierda), expresión normal (centro) y reducida (de inglés, “knockdown”) de *METTL3*. El primero exhibe una mayor traducción de *EGR1*, *npas4* y *c-FOS*. Eso mejoró la capacidad de memoria a largo plazo de dichos ratones, en relación con los de expresión normal y –principalmente– en relación con los que tenían expresión reducida. © Elsevier (Zhou et al, 2020).

Curiosamente, mientras que la regulación génica generalmente se lleva a cabo de una manera binaria de inducción/represión, la metilación de m6A la afina. Eso se logra a través de diferentes procesos, incluidos el ajustamiento, la exportación, la traducción, la estabilidad y la degradación del ARNm. Curiosamente, la metilación del ARNm m6A es más alta en el cerebro que en otros órganos humanos. Como se indicó antes, modula la neurogénesis, incluida la axonogénesis y gliogénesis, durante el desarrollo del cerebro. Posteriormente, se involucra en la salud del cerebro a través de la plasticidad sináptica, ritmo circadiano, respuesta al estrés y función cognitiva. Por otro lado, el desequilibrio y la desregulación de la metilación de m6A pueden conducir a diferentes patologías, como neurodegeneración crónica, lesión cerebral aguda, trastornos neuropsiquiátricos y cáncer cerebral (Fig. 6) (Chokkalla et al, 2020, 2022; Park et al, 2020; Sokpor et al, 2021; Yen y Chen, 2021; Sun et al, 2022; Wei et al, 2022; Zhang et al, 2022a, b).

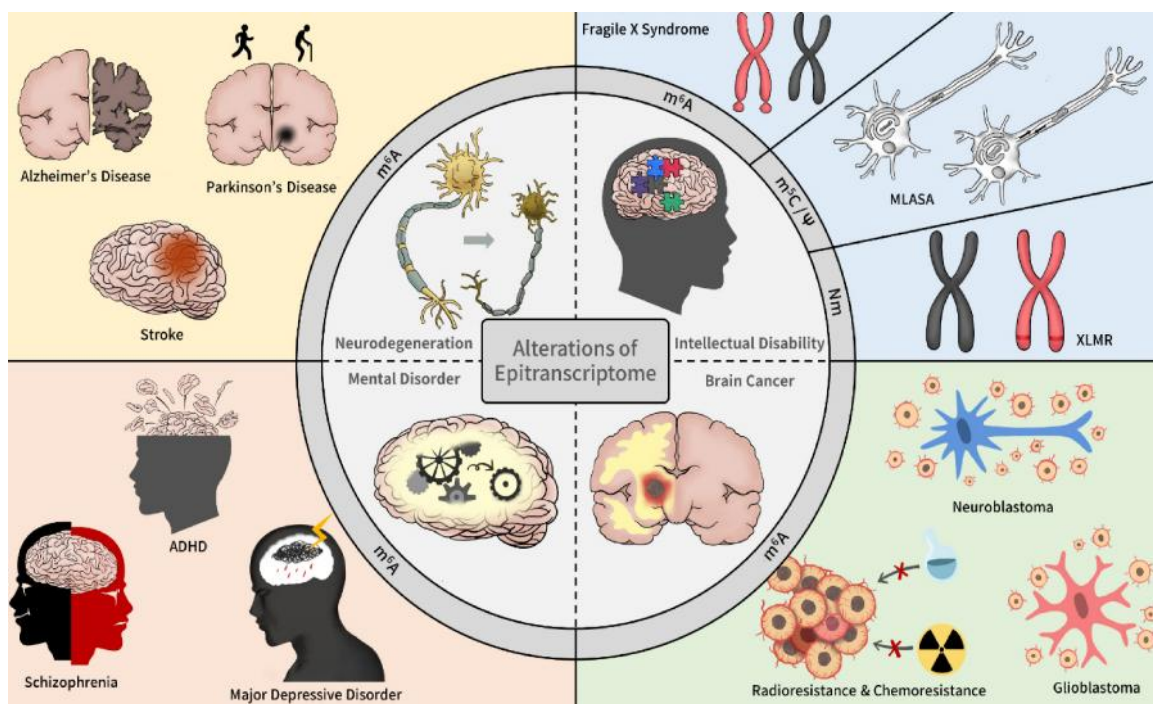


Figura 6. Alteraciones epitranscriptómicas del ARN y trastornos cerebrales. Dichas enfermedades pueden incluir neurodegeneración, discapacidad intelectual, trastorno mental y cáncer cerebral. Ver también la modulación de la fisiología cerebral por ARNm m6A en https://img.inotgo.com/imagesLocal/202208/10/202208101553342913_6.jpg o https://pic4.zhimg.com/80/v2-582705027d88c88525ca79e182d37eef_1440w.jpg. Tal modificación epitranscriptómica está involucrada en el desarrollo del cerebro, su salud y enfermedad (Chokkalla et al, 2020).

Conclusiones finales y perspectivas de futuro

Los avances en la secuenciación de ácidos nucleicos han permitido descubrir nuevos procesos biológicos. Entre ellos se encuentran la metilación de ácidos nucleicos (ADN y ARN). La identificación de sitios de metilación individuales puede ser costosa y laboriosa. Por lo tanto, se han propuesto enfoques bioinformáticos (Li et al, 2022; Chen et al, 2022a, b). Tales modificaciones epigenéticas están involucradas en la regulación de la expresión génica, incluido el desarrollo del cerebro. En resumen, la duplicación parcial, la reparación y la

conversión de los genes *NOTCH2* en *NOTCH2NL*, así como el ARN no codificante y la metilación de ácidos nucleicos estuvieron involucrados en la evolución cortical del cerebro humano desde los primeros homínidos hasta los humanos modernos. Si bien existen limitaciones (Non, 2021; Smith y Non, 2022), estos estudios tienen una relevancia aún mayor, si se considera que las nuevas tecnologías de secuenciación permiten secuenciar ADN y ARN, como nosotros y otros hemos revisado (Dorado et al, 2007, 2009, 2011, 2016, 2021a; Lindqvist y Rajora, 2019). Por último, pero no menos importante, las repeticiones palindrómicas cortas agrupadas regularmente interespaciadas (CRISPR; del inglés, “Clustered Regularly-Interspaced Short-Palindromic Repeats”), que también hemos revisado (Dorado et al, 2017), tienen un potencial prometedor para editar m⁶A y curar enfermedades neurológicas como el Alzheimer y el Parkinson, aumentando la incorporación, estabilidad y traducción, o activando el decaimiento y degradación de moléculas de ARNm específicas (Fig. 7) (Sokpor et al, 2021).

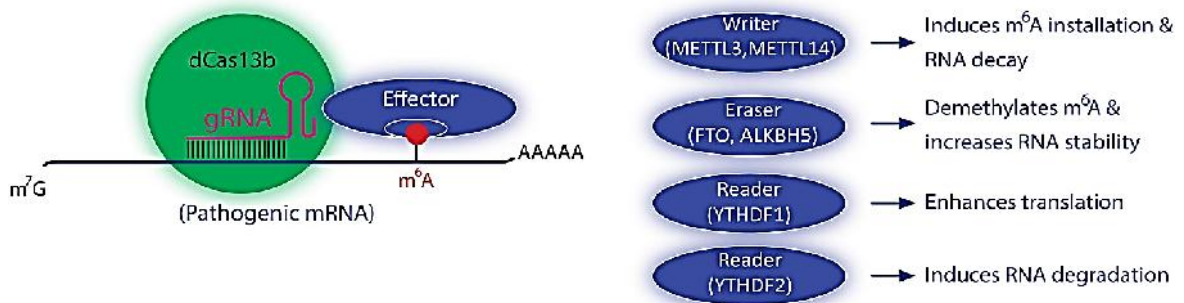


Figure 7. Edición de ARNm m⁶A por CRISPR. El ARNm puede modificarse, ya sea aumentando o disminuyendo su incorporación, estabilidad y actividad. © Frontiers (Sokpor et al, 2021).

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

Referencias

- Banerjee N, Polushina T, Bettella F, Giddaluru S, Steen VM, Andreassen OA, Le Hellard S (2018): Recently evolved human-specific methylated regions are enriched in schizophrenia signals. *BMC Ecology and Evolution* 18: 63 (11 pp).
- Banerjee N, Polushina T, Bettella F, Steen VM, Andreassen OA, Le Hellard S (2019): Analysis of differentially methylated regions in great apes and extinct hominids provides support for the evolutionary hypothesis of schizophrenia. *Schizophrenia Research* 206: 209-216.

- Bernstein C (2022): DNA methylation and establishing memory. *Epigenetics Insights* 15: 25168657211072499 (15 pp).
- Chen F, Wang N, He X (2022a): Identification of differential genes of DNA methylation associated with Alzheimer's disease based on integrated bioinformatics and its diagnostic significance. *Frontiers in Aging Neuroscience* 14: 884367 (13 pp).
- Chen L, Li Z, Zhang S, Zhang YH, Huang T, Cai YD (2022b): Predicting RNA 5-methylcytosine sites by using essential sequence features and distributions. *BioMed Research International* 2022: 4035462 (11 pp).
- Chokkalla AK, Mehta SL, Vemuganti R (2020): Epitranscriptomic regulation by m6A RNA methylation in brain development and diseases. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 40: 2331-2349.
- Chokkalla AK, Mehta SL, Vemuganti R (2022): Epitranscriptomic modifications modulate normal and pathological functions in CNS. *Translational Stroke Research* 13: 1-11.
- Clemens AW, Gabel HW (2020): Emerging insights into the distinctive neuronal methylome. *Trends in Genetics* 36: 816-832.
- Coppede F (2021a): Epigenetic regulation in Alzheimer's disease: is it a potential therapeutic target? *Expert Opinion on Therapeutic Targets* 25: 283-298.
- Coppede F (2021b): One-carbon epigenetics and redox biology of neurodegeneration. *Free Radical Biology and Medicine* 170: 19-33.
- Coppede F (2022): Targeting the epigenome to treat neurodegenerative diseases or delay their onset: a perspective. *Neural Regeneration Research* 17: 1745-1747.
- Dorado G, Gálvez S, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021a): Analyzing modern biomolecules: the revolution of nucleic-acid sequencing – Review. *Biomolecules* (section Molecular Genetics) 11: 1111 (18 pp).
- Dorado G, Jiménez I, Rey I, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2013): Genomics and proteomics in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 7: 47-63.
- Dorado G, Luque F, Esteban FJ, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021b): Molecular biology to infer phenotypes of forensic and ancient remains in bioarchaeology – Review. *Archaeobios* 15: 49-64.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2015): Second-generation nucleic-acid sequencing and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 9: 216-230.

- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Pérez-Jiménez M, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Martín J, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2016): Sequencing ancient RNA in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 10: 103-111.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF (2017): Clustered Regularly-Interspaced Short-Palindromic Repeats (CRISPR) in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 11: 179-188.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2018): Evolution from first hominids to modern humans: philosophy, bioarchaeology and biology - Review. *Archaeobios* 12: 69-82.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2019): Bioarchaeology to bring back scents from extinct plants - Review. *Archaeobios* 13: 66-75.
- Dorado G, Luque F, Pascual P, Jiménez I, Sánchez-Cañete FJS, Raya P, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2020): Implications of non-coding RNA on biology and evolution: from first hominids to modern humans - Review. *Archaeobios* 14: 107-118.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF (2009): Ancient DNA to decipher the domestication of dog (REVIEW). *Archaeobios* 3: 127-132.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P, Vásquez VF (2010): Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2011): Ancient nucleic acids from maize - A review. *Archaeobios* 5: 21-28.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P (2012): Isotopes in bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 6: 79-91.
- Dorado G, Sánchez-Cañete FJS, Pascual P, Jiménez I, Luque F, Pérez-Jiménez M, Raya P, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2014): Starch genomics and bioarchaeology - Review. *Archaeobios* 8: 41-50.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P (2008): Sequencing ancient and modern genomes (REVIEW). *Archaeobios* 2: 75-80.

- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Vega JL (2007): Archaeology meets Molecular Biology (REVIEW). *Archaeobios* 1: 1-2.
- Dragic D, Chang SL, Ennour-Idrissi K, Durocher F, Severi G, Diorio C (2022): Association between alcohol consumption and DNA methylation in blood: a systematic review of observational studies. *Epigenomics* 14: 793-810.
- Guemri J, Pierre-Jean M, Brohard S, Oussada N, Horgues C, Bonnet E, Mauger F, Deleuze JF (2022): Methylated ccfDNA from plasma biomarkers of Alzheimer's disease using targeted bisulfite sequencing. *Epigenomics* 14: 451-468.
- Hernando-Herraez I, Garcia-Perez R, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2015): DNA Methylation: insights into human evolution. *PLoS Genetics* 11: e1005661 (12 pp).
- Hernando-Herraez I, Prado-Martinez J, Garg P, Fernandez-Callejo M, Heyn H, Hvilsom C, Navarro A, Esteller M, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2013): Dynamics of DNA methylation in recent human and great ape evolution. *PLoS Genetics* 9: e1003763 (12 pp).
- Jeong H, Mendizabal I, Berto S, Chatterjee P, Layman T, Usui N, Toriumi K, Douglas C, Singh D, Huh I, Preuss TM, Konopka G, Yi SV (2021): Evolution of DNA methylation in the human brain. *Nature Communications* 12: 2021 (12 pp).
- Kaplan G, Xu H, Abreu K, Feng J (2022): DNA epigenetics in addiction susceptibility. *Frontiers in Genetics* 13: 806685 (18 pp).
- Kouter K, Zupanc T, Videtic Paska A (2022): Targeted sequencing approach: comprehensive analysis of DNA methylation and gene expression across blood and brain regions in suicide victims. *World Journal of Biological Psychiatry* 9: 1-12.
- Lam F, Chu J, Choi JS, Cao C, Hitchens TK, Silverman SK, Liang ZP, Dilger RN, Robinson GE, Li KC (2022): Epigenetic MRI: noninvasive imaging of DNA methylation in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 119: e2119891119 (9 pp).
- Lei C, Wang Q (2022): The progression of N6-methyladenosine study and its role in neuropsychiatric disorders. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 5922 (18 pp).
- Li Q, Wen S, Ye W, Zhao S, Liu X (2021): The potential roles of m6A modification in regulating the inflammatory response in microglia. *Journal of Neuroinflammation* 18: 149 (16 pp).
- Li Z, Guo W, Zeng T, Yin J, Feng K, Huang T, Cai YD (2022): Detecting brain structure-specific methylation signatures and rules for Alzheimer's disease. *Frontiers in Neuroscience* 16: 895181 (11 pp).

- Lindqvist C, Rajora OP (2019): *Paleogenomics - Genome-Scale Analysis of Ancient DNA*. Springer (New York, NY, USA).
- Lionaki E, Ploumi C, Tavernarakis N (2022): One-carbon metabolism: pulling the strings behind aging and neurodegeneration. *Cells* 11: 214 (26 pp).
- Liu J, Mosti F, Silver DL (2021a): Human brain evolution: emerging roles for regulatory DNA and RNA. *Current Opinion in Neurobiology* 71: 170-177.
- Liu W, Wu G, Xiong F, Chen Y (2021b): Advances in the DNA methylation hydroxylase TET1. *Biomarker Research* 9: 76 (12 pp).
- Mathov Y, Batyrev D, Meshorer E, Carmel L (2020): Harnessing epigenetics to study human evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 23-29.
- Niiranen L, Leciej D, Edlund H, Bernhardsson C, Fraser M, Quinto FS, Herzig KH, Jakobsson M, Walkowiak J, Thalmann O (2022): Epigenomic modifications in modern and ancient genomes. *Genes* 13: 178 (16 pp).
- Non AL (2021): Social epigenomics: are we at an impasse? *Epigenomics* 13: 1747-1759.
- Pan T, Wu F, Li L, Wu S, Zhou F, Zhang P, Sun C, Xia L (2021): The role m6A RNA methylation is CNS development and glioma pathogenesis. *Molecular Brain* 14: 119 (9 pp).
- Panariello F, Fanelli G, Fabbri C, Atti AR, De Ronchi D, Serretti A (2022): Epigenetic basis of psychiatric disorders: a narrative review. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets* 21: 302-315.
- Park CW, Lee SM, Yoon KJ (2020): Epitranscriptomic regulation of transcriptome plasticity in development and diseases of the brain. *BMB Reports* 53: 551-564.
- Pattabiraman K, Muchnik SK, Sestan N (2020): The evolution of the human brain and disease susceptibility. *Current Opinion in Genetics & Development* 65: 91-97.
- Poon CH, Chan YS, Fung ML, Lim LW (2020a): Memory and neuromodulation: a perspective of DNA methylation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 111: 57-68.
- Poon CH, Tse LSR, Lim LW (2020b): DNA methylation in the pathology of Alzheimer's disease: from gene to cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1475: 15-33.

- Shirvani-Farsani Z, Maloum Z, Bagheri-Hosseini Z, Vilor-Tejedor N, Sadeghi I (2021): DNA methylation signature as a biomarker of major neuropsychiatric disorders. *Journal of Psychiatric Research* 141: 34-49.
- Smith RW, Non AL (2022): Assessing the achievements and uncertain future of paleoepigenomics. *Epigenomics* 14: 167-173.
- Sokpor G, Xie Y, Nguyen HP, Tuoc T (2021): Emerging role of m6A methylome in brain development: implications for neurological disorders and potential treatment. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 9: 656849 (24 pp).
- Starnawska A, Demontis D (2021): Role of DNA methylation in mediating genetic risk of psychiatric disorders. *Frontiers in Psychiatry* 12: 596821 (10 pp).
- Sun J, Cheng B, Su Y, Li M, Ma S, Zhang Y, Zhang A, Cai S, Bao Q, Wang S, Zhu P (2022): The potential role of m6A RNA methylation in the aging process and aging-associated diseases. *Frontiers in Genetics* 13: 869950 (18 pp).
- Sun Z, Xu X, He J, Murray A, Sun MA, Wei X, Wang X, McCoig E, Xie E, Jiang X, Li L, Zhu J, Chen J, Morozov A, Pickrell AM, Theus MH, Xie H (2019): EGR1 recruits TET1 to shape the brain methylome during development and upon neuronal activity. *Nature Communications* 10: 3892 (12 pp).
- Wei B, Zeng M, Yang J, Li S, Zhang J, Ding N, Jiang Z (2022): N6-methyladenosine RNA modification: a potential regulator of stem cell proliferation and differentiation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 10: 835205 (13 pp).
- Wei X, Du P, Zhao Z (2021): Impacts of DNA methylation on Tau protein related genes in the brains of patients with Alzheimer's disease. *Neuroscience Letters* 763: 136196 (5 pp).
- Wheater ENW, Stoye DQ, Cox SR, Wardlaw JM, Drake AJ, Bastin ME, Boardman JP (2020): DNA methylation and brain structure and function across the life course: a systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 113: 133-156.
- Widagdo J, Wong JJ, Anggono V (2022): The m6A-epitranscriptome in brain plasticity, learning and memory. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 125: 110-121.
- Wigley ILCM, Mascheroni E, Peruzzo D, Giorda R, Bonichini S, Montirosso R (2021): Neuroimaging and DNA Methylation: an innovative approach to study the effects of early life stress on developmental plasticity. *Frontiers in Psychology* 12: 672786 (13 pp).
- Yen YP, Chen JA (2021): The m6A epitranscriptome on neural development and degeneration. *Journal of Biomedical Science* 28: 40 (11 pp).

- Yin L, Banerjee S, Fan J, He J, Lu X, Xie H (2020): Epigenetic regulation of neuronal cell specification inferred with single cell “Omics” data. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 18: 942-952.
- Zhan W, Li Y, Yuan J, Zhi N, Huang Y, Liu Y, Zhang M, Wu S, Zhao X (2022): New insights into TETs in psychiatric disorders. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 4909 (12 pp).
- Zhang N, Ding C, Zuo Y, Peng Y, Zuo L (2022a): N6-methyladenosine and neurological diseases. *Molecular Neurobiology* 59: 1925-1937.
- Zhang R, Zhang Y, Guo F, Li S, Cui H (2022b): RNA N6-methyladenosine modifications and its roles in Alzheimer's disease. *Frontiers in Cellular Neuroscience* 16: 820378 (14 pp).
- Zhou Y, Kong Y, Fan W, Tao T, Xiao Q, Li N, Zhu X (2020): Principles of RNA methylation and their implications for biology and medicine. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 131: 110731 (22 pp).



FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA

Características de las semillas de *Capsicum pubescens* “rocoto” mediante imágenes MEB

Víctor F. Vásquez Sánchez y Teresa E. Rosales Tham

El “rocoto” *Capsicum pubescens* Ruiz et Pavón, 1799, es una planta pubescente, leñosa, perenne, con tallos angulados que frecuentemente son de color morado en los nudos. Frutos globosos a largados, o cónicos, de 3,5 a 8 cm de largo y 3,2 a 4,2 cm de ancho, de color rojos, anaranjados, amarillo-anaranjados, amarillo-limón o marrones, casi siempre translúcidos, colgantes o rara vez erectos. Las semillas son curvadas o rugosas, negras a marrones oscuras, prominentemente reticuladas, márgenes muy gruesos y con una superficie altamente reticulada, de tipo ondulado y rugoso, con una particular reticulación alrededor del margen de la semilla. Además, *C. pubescens* muestra escasa o ninguna saliente del pico, su forma generalmente se asemeja a la de un óvalo o la letra “D” (Ugent y Ochoa, 2006; Chiou y Hastorf, 2012).

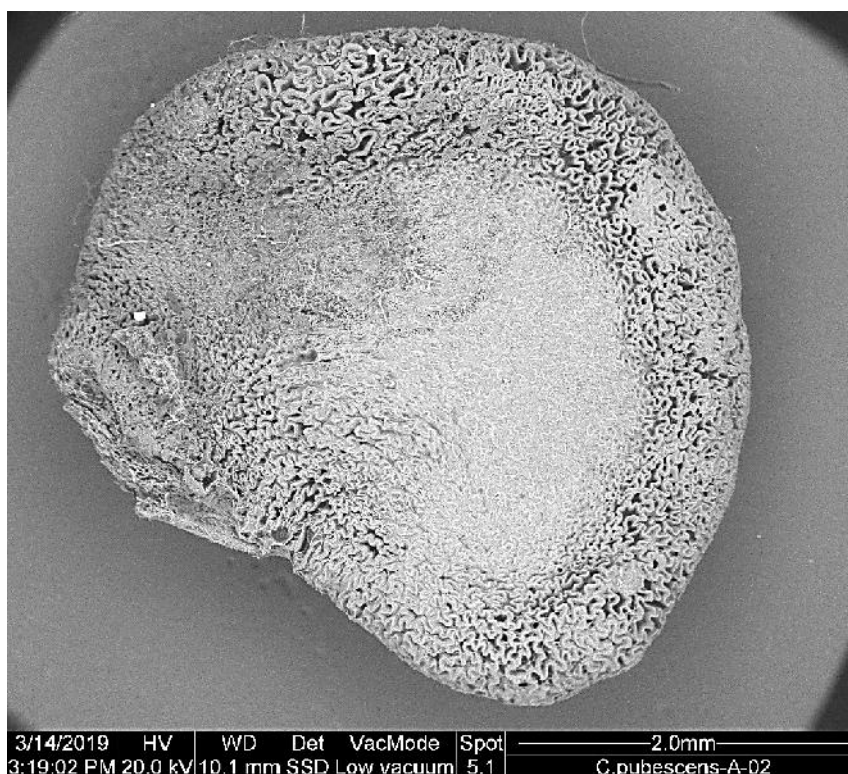


Figura 1. Semilla de *Capsicum pubescens* “rocoto”, en forma de “D”, con ninguna saliente de pico, mostrando los márgenes fuertemente reticulados. Captura con microscopía electrónica de barrido a 50X (Derechos reservados, propiedad de ARQUEOBIOS 2022)

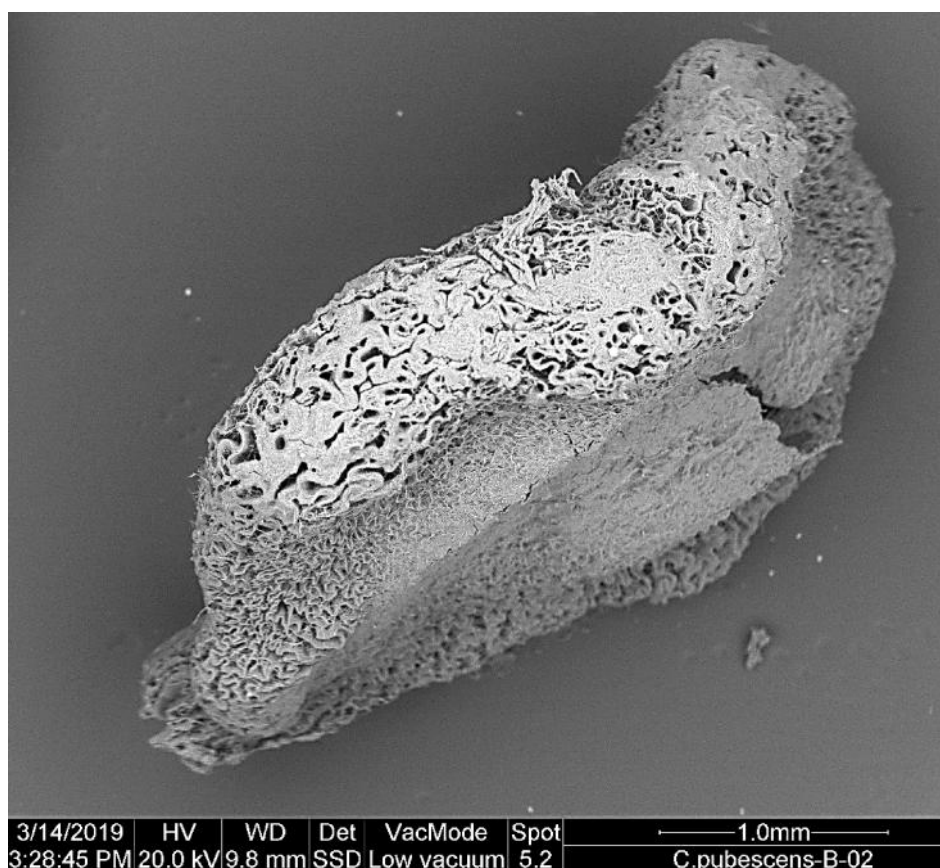


Figura 2. Morfometría de la sección transversal de la testa de la semilla de *Capsicum pubescens* “rocoto”, mostrando los márgenes fuertemente reticulados, captura a 80X con MEB (Derechos reservados, propiedad de ARQUEOBIOS 2022).

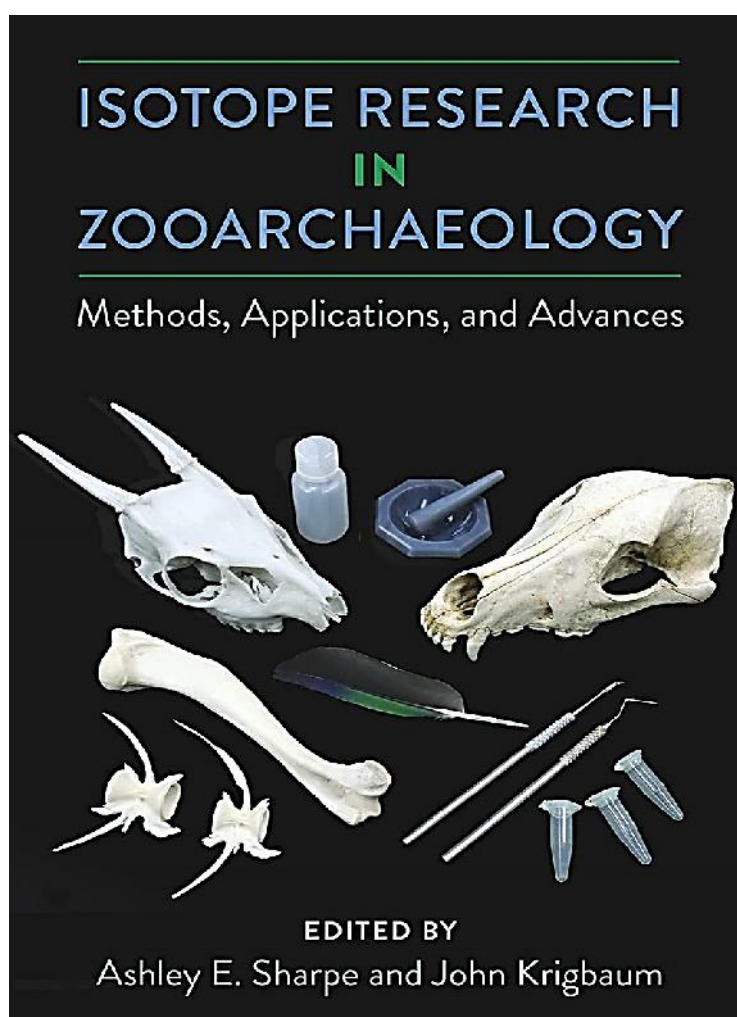
Los restos de *Capsicum pubescens* “rocoto”, principalmente semillas, han sido reportados desde el precerámico. En el sitio Huaca Prieta, en la fase 2 y fase 4, se identificaron semillas de esta especie (Chiou y Hastorf, 2012). La metodología utilizada fue mediante microscopía y tratamiento estadístico de todas las variables que asignaron a las semillas. Para el periodo intermedio temprano (400 años a.C. a 450 años d.C. se menciona un recipiente de la cultura Nasca con representación de una sarta de rocotos sostenida en las manos de un hombre (Ugent y Ochoa, 2006).

En el período intermedio tardío (900 años d.C. a 1.450 años d.C.) en la Necrópolis de Ancón (ca. 1.300 años d.C.), frutos conservados de esta especie fueron recuperados en un tazón que incorpora los adornos del diseño del rocoto, pieza que se encuentra en un museo en Ica. Finalmente, otra evidencia de restos de rocoto, se reportan como una pintura en un vaso ceremonial de madera, o Inca *kkero*, del Cusco (Ugent y Ochoa, 2006).

Esta especie es cultivada actualmente entre 1.500 y 2.800 msnm, por lo tanto, la presencia de sus restos en contextos arqueológicos de la costa peruana, constituyen otra evidencia, en este caso de tipo arqueobotánica,

de los contactos entre la sierra y la costa desde tiempos precerámicos, como lo indican los restos recuperados e identificados en Huaca Prieta.



LIBROS PUBLICADOS

El libro trata sobre estudios de casos de restos de fauna de la Gran Bretaña romana, el sudeste asiático prehistórico, antiguas culturas pastoriles africanas, ilustrando algunas de las formas en que el análisis de isótopos estables de animales antiguos puede abordar cuestiones clave en la prehistoria humana. Se utiliza un conjunto diverso de técnicas isotópicas para investigar temas sociales y biológicos, incluidas las paleodietas humanas y las formas de alimentación, las estrategias de caza y adquisición, los patrones de intercambio, la cría de animales y las consecuencias genéticas de la domesticación, y el cambio ambiental a corto y largo plazo. El contenido del libro demuestra cómo se pueden usar diferentes isótopos solos o en conjunto para abordar cuestiones de dieta, movimiento, ecología y manejo de animales. Los estudios también examinan cómo las estrategias de muestreo, las técnicas estadísticas y las consideraciones regionales y temporales pueden influir en los resultados e interpretaciones isotópicas. Al aplicar estos nuevos métodos junto con los análisis zooarqueológicos tradicionales, los arqueólogos pueden explorar preguntas sobre la ecología humana y la arqueología ambiental que antes se consideraban inaccesibles.

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 y/o al 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 resaltan 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 en alta resolución (2 mb como mínimo), 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.