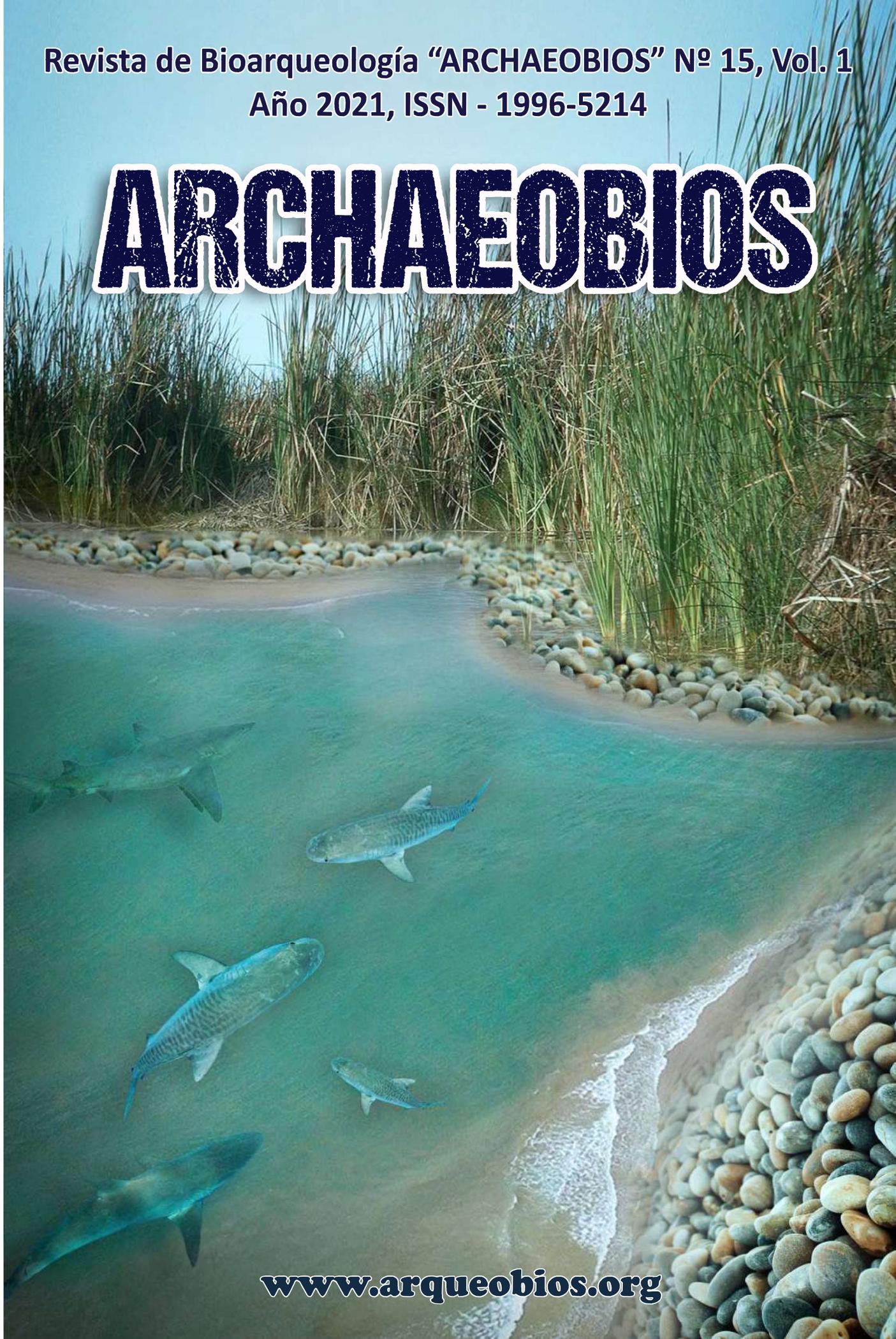


Revista de Bioarqueología "ARCHAEOBIOS" Nº 15, Vol. 1
Año 2021, ISSN - 1996-5214

ARCHAEOBIOS



www.arqueobios.org

REVISTA DE BIOARQUEOLOGÍA “ARCHAEOBIOS” Nº 15 Vol. 1, Año 2021

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)

CARATULA:

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:

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

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”

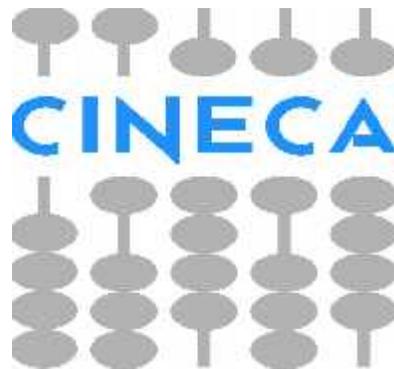
Apartado Postal 595, Trujillo, Perú

Teléfono: +51-44-949838067

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

CARÁTULA: Recreación de un estuario en una playa de canto rodado y cerca a humedales con *Schoenoplectus californicus* “totora” y varios tiburones entrando a este ambiente mixohalino

LA REVISTA "ARCHAEOBIOS ESTA INDEXADA EN:



CiteFactor
Academic Scientific Journals



Dialnet



CONTENIDO

	<u>Páginas</u>
INTRODUCCIÓN	1
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
Huellas de uso en una espátula de hueso de <i>Camelidae</i> de Huaca de la Luna	
Teresa E. Rosales Tham y Víctor F. Vásquez Sánchez	6
REPORTE ETNOGRÁFICO	
Historia de un Pescador tradicional de la comunidad de Huanchaco, Costa Norte del Perú	
Víctor A. Piminchumo Hurtado	26
ARTÍCULOS DE REVISIÓN	
Comment on “Shark fisheries during the second millennium BC in Gramalote, north coast of Peru”	
Víctor F. Vásquez Sánchez, Teresa E. Rosales Tham, P.J. Netherly, and Tom D. Dillehay	30
Comentario sobre “Pesquerías de tiburones durante el segundo milenio antes de Cristo en Gramalote, costa norte de Perú”	
Víctor F. Vásquez Sánchez, Teresa E. Rosales Tham, P.J. Netherly y Tom D. Dillehay	40
Molecular biology to infer phenotypes of forensic and ancient remains in bioarchaeology – Review	
Gabriel Dorado, Fernando Luque, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández	49

Biología molecular para inferir fenotipos de restos forenses y antiguos en bioarqueología – Revisión Gabriel Dorado, Fernando Luque, Plácido Pascual, Inmaculada Jiménez, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Patricia Raya, Jesús Sáiz, Adela Sánchez ⁷ , Teresa E. Rosales, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández	65
Pumas y peces: la iconografía de Cerro Sechín y la construcción del pensamiento cósmico andino Francisco Seoane	81
FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA	
Evidencias arqueobotánicas de frutos de <i>Genipa americana</i> L. Víctor F. Vásquez y Teresa E. Rosales	101
LIBROS PUBLICADOS Y POLÍTICA EDITORIAL	103

Introducción

En mayo del presente año, la revista *The Journal of Island and Coastal Archaeology* (Taylor & Francis, factor de impacto 1,77, actualizado al año 2021), publica el artículo “Shark fisheries during the second millennium BC in Gramalote, north coast of Perú” (Pesquerías de tiburones durante el segundo milenio antes de Cristo en Gramalote, costa norte del Perú), el autor es el arqueólogo Gabriel Prieto Burmester (Universidad Nacional de Trujillo). El aspecto central del artículo trata de demostrar que los pobladores de este sitio realizaron una pesquería extensiva de tiburones, en virtud a restos de vértebras de seis especies de tiburones identificados en este sitio, y el hallazgo de valvas de almejas perforadas a la altura del umbo, las cuales según el autor habrían funcionado como señuelos, al estar sujetos por un cordel de algodón o de alguna *Cyperaceae*, y la ayuda de una posible embarcación, tipo caballito de totora, para la pesca de tiburones (Prieto 2021, página 18, figura 4).

A este artículo, le hicimos una réplica en la misma revista, por las diversas inconsistencias, sensacionalismos sin sustento científico y una infracción ética en su texto, en contra de un coautor de la réplica. Sin embargo, el texto de la réplica estuvo reducido a 1000 palabras, por la política editorial de la revista. Por esta razón y teniendo en cuenta que nuestra revista tiene difusión internacional y el artículo está publicado en español e inglés, ahora publicamos la versión extensa de la réplica al artículo de Prieto (2021).

Aunque en la réplica de nuestro artículo, que hoy publicamos en este número 15, hay argumentos suficientes para cuestionar la “Pesquería de tiburones en Gramalote en el segundo milenio antes de cristo”, voy a utilizar este espacio para añadir fundamentos extraídos de las leyes de Newton y para comentar las “modificaciones” a la Alometría, que ha realizado Prieto, donde es notorio el desconocimiento de cómo funciona esta técnica estadística, y también porque desconoce que existen varios tipos de Alometría, tales como la Ontogenética, que se refiere a crecimiento relativo en los individuos; la Filogenética, referida a las tasas de crecimiento diferencial en los linajes; Intraespecífica, referida a los individuos adultos de una especie o población local; y Interespecífica, que está referida entre especies relacionadas. ¿Cuál utilizó? Pero lo más grave viene cuando hace sus extrapolaciones, sin mediar ninguna ecuación alométrica que le permita predecir de forma estadística el peso de los tiburones capturados mediante “pesquerías especializadas”, según las variables predictoras del peso para cada especie de tiburón identificada, la cual debe estar asociada a su símil moderno, es decir medir vértebras de las especies modernas según tallas y pesos, y hacer el modelo de predictibilidad para asociarlo al material arqueológico.

Prieto (2021) hace un cálculo de la biomasa de los tiburones en función del peso fijo de éstos, que ha sido publicado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) e indica que hicieron mediciones “preliminares” de las vértebras (centrum) de los tiburones de Gramalote, información importante que no figura en el artículo (Prieto, 2021). Con estas medidas ausentes en el artículo, y a partir de estas supuestas medidas, indica una mediana de 30 a 35 mm de diámetro de los centrum de los tiburones de Gramalote. Hay que indicar que en

su “modelo alométrico”, no indica que haya utilizado un análisis de regresión donde haya considerado un modelo con variables predictoras y variables dependientes, que se debe utilizar para cada especie moderna de tiburón, que correlacione con las especies identificadas en el sitio, y menos aún las medidas estándares, que se utilizan para las vértebras de tiburones, es decir las variables: longitud cráneo-caudal y el ancho medio lateral de cada vértebra. Con todas estas omisiones tan importantes en alometría, propone que las medidas preliminares, correlacionan con especímenes juveniles y adultos jóvenes (¿?) actuales de *Carcharhinidae*, a lo largo de la costa del Perú (Prieto 2021:10).

Como no hay medidas de las variables utilizadas en la osteometría de estas vértebras (ver Kozuch y Fitzgerald 1989) y tampoco un análisis estadístico aplicado a una técnica que permita predecir la biomasa de los tiburones, los datos que describe, no sirven para realizar interpretaciones valederas. Los mismos errores de “sensacionalismo” comete en su tesis doctoral, la cual ya fue comentada en ARCHAEOBIOS N° 11 (Vásquez et al, 2017: 164-178), y que ahora ha tratado en su artículo de mejorarlo (por ejemplo, aceptar que el NMI en peces cartilaginosos es problemático, aunque fue aceptado en su tesis doctoral como verdadero, utilizando una técnica arbitraria), pero nunca lo ha adecuado a la verdad científica y nuevamente toda la información se decanta en errores graves y sensacionalismo.

Sin embargo, la parte más crítica de la propuesta de Prieto (2021), es la técnica de pesca de los tiburones. Al no tener evidencias de anzuelos, recurre a describir una técnica del sedal con un señuelo de valva de molusco, con la ayuda de una embarcación tipo caballito de totora. Aquí hay que comentar como las leyes de la Física demuestran que la propuesta del sedal con señuelo de valva de molusco, no tiene ningún fundamento para la pesca de un tiburón como el *Prionace glauca* “tintorera”, que es la especie más abundante en el sitio Gramalote por NISP y NMI (aunque el NMI es cuestionable en su trabajo).

En el capítulo de Mecánica de la Física, hay una variable conocida como **fuerza de tensión**, la cual es igual a la fuerza de la gravedad ejercida sobre un objeto (masa, para el caso, la tintorera). La aplicación de una fuerza (ejercida por la tintorera) sobre el sedal de algodón, origina una fuerza de tensión, la cual se calcula en Newtons (es la cantidad de fuerza aplicada durante un segundo a una masa de un kilogramo para que esta adquiera la velocidad de un metro por segundo). Según Prieto (2021) y sus extraños cálculos de biomasa para esta especie, los ejemplares de tintorera capturados, tienen un promedio de 40 kg. El peso máximo calculado para *Prionace glauca* y que ha sido publicado, es de 205,9 kg (IGFA, 2001. Database of IGFA angling records until 2001. IGFA, Fort Lauderdale, USA).

Si asumimos que el promedio calculado de 40 kg es correcto para estos tiburones del sitio Gramalote, tenemos que éstos 40 kg equivalen a 392,3 newton, los cuales equivalen a 777,7 kilogramos de fuerza de tensión que alcanza *Prionace glauca*, que las obtiene con una velocidad de 70 km/h (Campeones todo terreno. Los animales más rápidos Elsa ediciones [Kingfisher Publications Plc]. 1998, ISBN 2-7452-0160-3, p.52). Para el caso del sedal de

Gossypium barbadense “algodón”, una cuerda de diámetro de 8 mm, tiene una resistencia a la rotura de 200 kg en estado de equilibrio (<http://www.gaetani.com.ar/producto/soga-de-algodon-retorcida/>). Prieto (2021) no menciona en ninguna parte de su artículo cual fue el diámetro de sus fragmentos de sedal recuperados, y en el caso que tuvieran 14 mm de diámetro, estos soportarían 600 kilogramos, y se romperían fácilmente. Su propuesta no tiene ningún asidero desde el punto de vista de la física.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos mediante las leyes de Newton y los cálculos de biomasa sin fundamento estadístico realizados por Prieto (2021), no queda duda que este trabajo, solo cumple estándares de sensacionalismo, con escasa seriedad científica, por tanto, tienen como consecuencia la distorsión de la historia de la pesca prehispánica de la costa peruana. En este contexto, he considerado un deber aclarar este tema, con la perspectiva de las técnicas que proporciona la Estadística, y las leyes exactas de la Física. Esto nos alerta a que se debe seguir investigando de manera seria y utilizando todas las herramientas de las ciencias para obtener resultados válidos para una correcta interpretación, y no tratar de confundir a la comunidad arqueológica y especialistas que siempre estamos atentos a reconocer este tipo de información distorsionada.

Pasando al tema del contenido de la revista, para este número tenemos otros aportes interesantes, así en los artículos de investigación, se presenta los resultados de una investigación realizada sobre una herramienta ósea (una espátula) recuperada del Núcleo Urbano Moche (NUM) en el complejo arqueológico Huacas del Sol y de la Luna. Con la combinación de dos técnicas microscópicas y una sonda EDS, se ha llegado a determinar que la espátula tenía huellas de uso y residuos adheridos, asociados a actividades alfareras. Otras tres espátulas del mismo sitio (NUM), también presentaron las mismas huellas de uso asociadas a actividades alfareras. Los datos obtenidos sobre la herramienta arqueológica de la época Moche, fueron contrastados con espátulas modernas que fueron sometidas a un programa experimental, para este caso contrasta muy bien con aquellas utilizadas para trabajos con arcilla.

En este número estamos inaugurando una sección que la hemos denominado Reportes Etnográficos, y estamos publicando un reporte del Arqueólogo Víctor Piminchumo Hurtado, del Ministerio de Cultura, Dirección Desconcentrada de Cultura de La Libertad, sobre la historia de un pescador tradicional de la comunidad de Huanchaco. Piminchumo nos relata en su reporte, la historia de los pescadores tradicionales de Huanchaco y en especial la del Señor Juan Piminchumo Chilmaza, y su experiencia con el encuentro con el “tiburón tintorera” *Prionace glauca*. Precisamente esta especie es la más común en los restos del sitio Gramalote, adyacente a las playas de Huanchaco.

El relato es tan vivencial, que nos alerta a pensar de cómo habría sido la “pesquería de tiburones” que Prieto (2021) propone muy audazmente en su tesis (Prieto 2015) y su nueva propuesta en este año 2021. La pericia y juventud del Sr. Piminchumo, no permitió que haya salido herido de esa confrontación con la tintorera, pero surge la pregunta: ¿Por qué no hay osamentas en Gramalote que presenten evidencias de ataques de tiburones?

¿Los pescadores de Gramalote fueron tan expertos, que evitaron el ataque de estos tiburones? Prieto propuso en el diario El Comercio (Sábado 22 Octubre de 2011, Domingo 20 de Julio de 2014) que los pescadores de Gramalote se aplicaban un pigmento rojo para entrar al mar a pescar tiburones y así estos no pudieran visualizarlos. Nunca se enteró que los tiburones tienen visión en blanco y negro (<https://www.nationalgeographic.es/animales/un-estudio-de-la-retina-afirma-que-los-tiburones-son-daltónicos>). El lector podrá observar y comprobar que la propuesta de pesca de tiburones en el segundo milenio antes de Cristo, solo distorsiona la historia de las pesquerías prehispánicas de la costa peruana.

En la sección de artículos de revisión, Gabriel Dorado y colaboradores, presentan los aportes de la Biología Molecular que mediante el estudio de los ácidos nucleicos se está permitiendo determinar el fenotipo (características físicas, bioquímicas y de comportamiento de un individuo) a partir de datos genotípicos. Estas técnicas están permitiendo una aplicación a campos de la medicina, ciencias forenses y control del cumplimiento de la ley. Se han obtenido resultados muy interesantes como la predicción de los rostros de los neandertales y denisovanos, y también del color del cabello (rojizo) en el caso de los neandertales. Actualmente estas investigaciones tienen un futuro prometedor porque se están implementando nuevas estrategias con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático.

El arqueólogo Francisco Seoane, presenta un artículo sobre las escenas iconográficas policromas de un pez de las fases arquitectónicas tempranas de Cerro Sechín. Tomando en cuenta interpretaciones arqueoastronómicas, mitológicas y etnográficas de esta temática, sugiere una gradual transición a unas formas de culto enfocadas principalmente en la naturaleza de la comunicación entre los mundos de lo natural y sobrenatural. Una parte interesante de la representación de este pez, se aprecia en la figura 6, que el autor lo asocia a peces carnívoros de fondos rocosos, posiblemente peces de la familia *Serranidae*, los cuales son carnívoros mayoritariamente. Esta interpretación ha sido sugerida por otro autor, como una escena de sacrificio humano, donde personas habrían sido arrojadas al mar para ser devoradas por los peces.

Finalmente tenemos en la sección Fotogalería de Bioarqueología, una fotografía de un fruto de origen arqueológico de *Genipa americana* “jagua” “huito”, recuperado de un contexto arqueológico en Chan Chan. Esta evidencia y aquellas encontradas en un cementerio Chimú en Huacho, constituyen las evidencias de frutos amazónicos con características tintóreas y utilizadas en textilera y posiblemente en actividades de tatuaje.

Este es el segundo número de la revista dentro del contexto de la pandemia del SARS CoV-2 que origina la enfermedad conocida como COVID19. La actuación en la fabricación de las vacunas, ha sido fantástica, especialmente aquellas relacionadas con las tecnologías de ARN mensajero. El futuro que auguran los especialistas, es que el virus seguirá en convivencia con la humanidad, y su futuro es convertirse en una epidemia estacional con

infecciones leves, tal como es otro coronavirus conocido como influenza (gripe común).

En la historia de la humanidad hubo infecciones con estos coronavirus, especialmente en Asia, donde las poblaciones de China, Taiwán y otros países asiáticos, demuestran actualmente una mayor resistencia a las infecciones por el SARS CoV-2, en virtud de anticuerpos obtenidos de forma ancestral.

El Director



ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Huellas de uso en una espátula de hueso de *Camelidae* de Huaca de la Luna

Teresa E. Rosales Tham y Víctor F. Vásquez Sánchez

Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas, ARQUEOBIOS, Apartado Postal 595, Trujillo-Perú

Resumen

Se presenta el estudio de una herramienta ósea que corresponde según la tipología, a un útil romo, tipo espátula, subtipo sección plana. Este se recuperó de las excavaciones en el Conjunto Arquitectónico 9, Ambiente 19, durante la temporada 1998 en el Núcleo Urbano Moche en el Complejo Arqueológico Huacas del Sol y de la Luna (valle de Moche). Las técnicas utilizadas para este estudio han sido tomadas de Rosales (2015), la que comprende su estudio tipológico y traceológico, donde se introduce la aplicación de un programa experimental de traceología sobre hueso, el empleo de microscopía de luz simple, microscopía electrónica de barrido y la aplicación de un análisis microquímico mediante una sonda EDX. Los resultados permiten señalar la funcionalidad de esta espátula dentro de la cadena operativa asociada a la elaboración de la cerámica.

Palabras clave: traceología, herramientas de hueso, camélidos, Huaca de la Luna

Abstract

The study of a bone tool that corresponds, according to the typology, to a blunt tool, spatula type, flat section subtype, is presented. This was recovered from excavations in the Architectural Complex 9, ambiente 19, during the 1998 season in the Moche Urban Center in the Huacas del Sol y de la Luna Archaeological Complex (Moche Valley). The techniques used for this study have been taken from Rosales (2015), which includes his typological and traceological study, where the application of an experimental program of traceology on bone is introduced, the use of simple light microscopy, scanning electron microscopy and the application of a microchemical analysis using an EDX probe. The results make it possible to indicate the functionality of this spatula within the operational chain associated with the elaboration of ceramics.

Keywords: traceology, bone tools, camelids, Huaca de la Luna

Introducción

En épocas prehispánicas en el área andina se ha registrado evidencias que muestran una larga tradición de trabajo en material óseo, el que se puede denominar como *industria ósea*. Aquí se agrupa a todo útil elaborado a partir de cualquier materia dura de procedencia animal y que el hombre llega a transformarlo de diversas formas para obtener un provecho. De esta manera logra confeccionar útiles (agujas, alfileres, punzones, espátulas, tubos, receptores, etc.), instrumentos variados (instrumentos musicales, instrumentos agrícolas, entre otros) y ornamentos para uso personal (cuentas, pendientes, placas, tupus) y objetos variados (inhaladores, mangos para estófica, punzones decorados, etc.).

Con esta base, se estaría aceptando la existencia de un proceso de producción en la industria ósea que empieza por la obtención de la materia prima, elección de la matriz base, la fabricación y los acabados, logrando diversidad de objetos los cuales han dejado evidencias desde épocas tempranas a tardías, constituyéndose en indicadores importantes en el desarrollo de las sociedades y junto con la piedra, han sido utilizados de manera continua en diversas culturas por todo el mundo.

Dilucidar aspectos tales como ¿para qué fueron utilizados los útiles óseos? ¿Cómo los fabricaban? Son interrogantes que han acompañado el devenir de la Arqueología como ciencia y en este intento se tomó casos de la Etnografía buscando comparación de los útiles, tenemos los trabajos de Nilsson (1838), Lubbock (1872) o Pfeifer (1912) que son los pioneros que presentan ejemplos de paralelos etnográficos como medio de aproximación a la funcionalidad de los útiles óseos.

En este contexto, el registro del utillaje óseo en el Núcleo Urbano Moche (NUM) ha sido productivo y destaca la buena conservación, lo que es una ventaja para realizar investigación. En este sentido se ha tomado para la presente investigación, una espátula para estudiarla mediante técnicas empleadas en la *traceología*, especialmente en la parte activa de la herramienta, para finalmente concluir sobre su funcionalidad con pruebas contundentes.

El Contexto Arqueológico

El Núcleo Urbano Moche (NUM) es un asentamiento de la sociedad Moche (Figura 1) que presenta planificación urbanística y en todo su conjunto posee características de ciudad. Su orden espacial tiene una distribución arquitectónica que se maneja por ejes articulados que indican comunicación interna y su orden

cronológico se ubica para la fase Moche III y IV (período intermedio temprano). Este se ubica en el complejo arqueológico Huacas del Sol y de la Luna, valle de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

La muestra analizada procede del NUM, exactamente del Conjunto Arquitectónico 9, Ambiente 19 excavada en la temporada 1997-1998 (Uceda et al., 2000; Uceda et al., 2004). Este Conjunto Arquitectónico 9 (CA 9) tiene una planta rectangular, abarca un área aproximada de 656 m². Está constituido ambientes que van desde 9-1 a 9-45 (Figura 2), presenta accesos independientes, un espacio abierto central que se denomina patio con presencia de banquetas y áreas domésticas. El CA 9 se ubica en la parte central de la planicie, en los cuadros H2-H3, I2-I3 y J3. Por el norte limita con el Conjunto Arquitectónico 10 y el corredor 9N; por el sur con el Conjunto Arquitectónico 7, separado por el callejón 9S; por el lado oeste limita con el Conjunto Arquitectónico 12 y hacia el este con el callejón 9E, el mismo que lo separa de un nuevo conjunto arquitectónico.

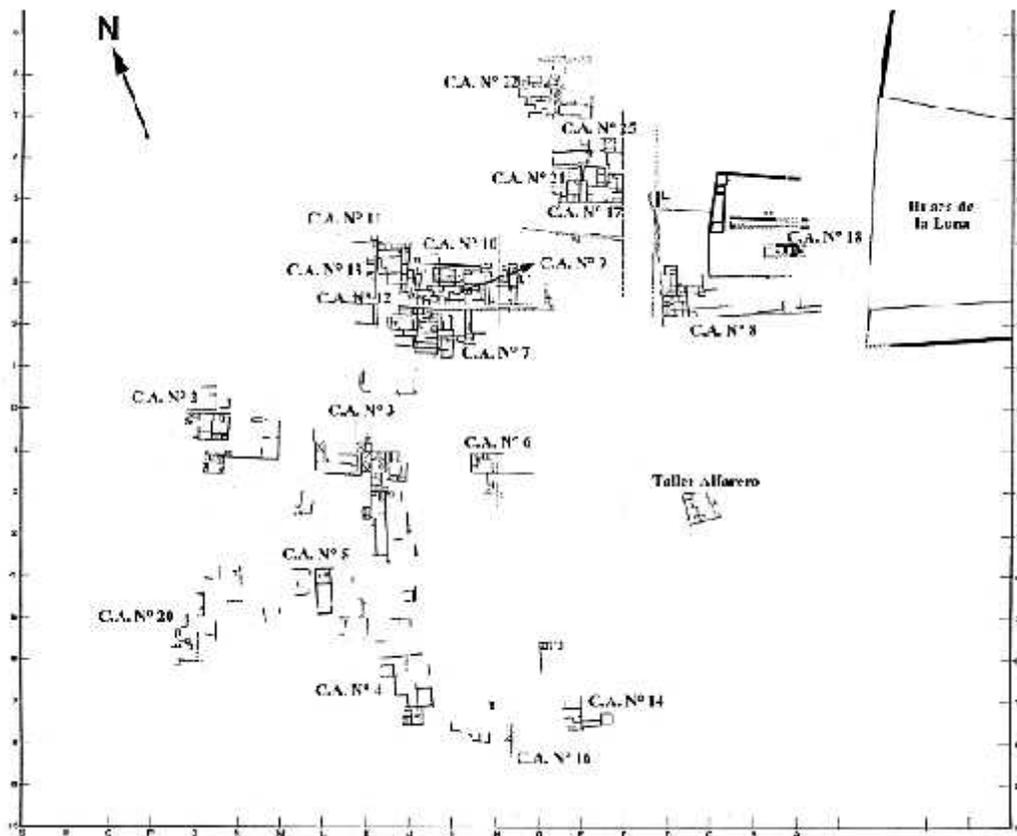


Figura 1.- Plano del Núcleo Urbano Moche (centro) ubicando al Conjunto Arquitectónico 9. Se pueden observar los diversos Conjuntos Arquitectónicos, calles y plazas (Uceda et al., 2000: 69).

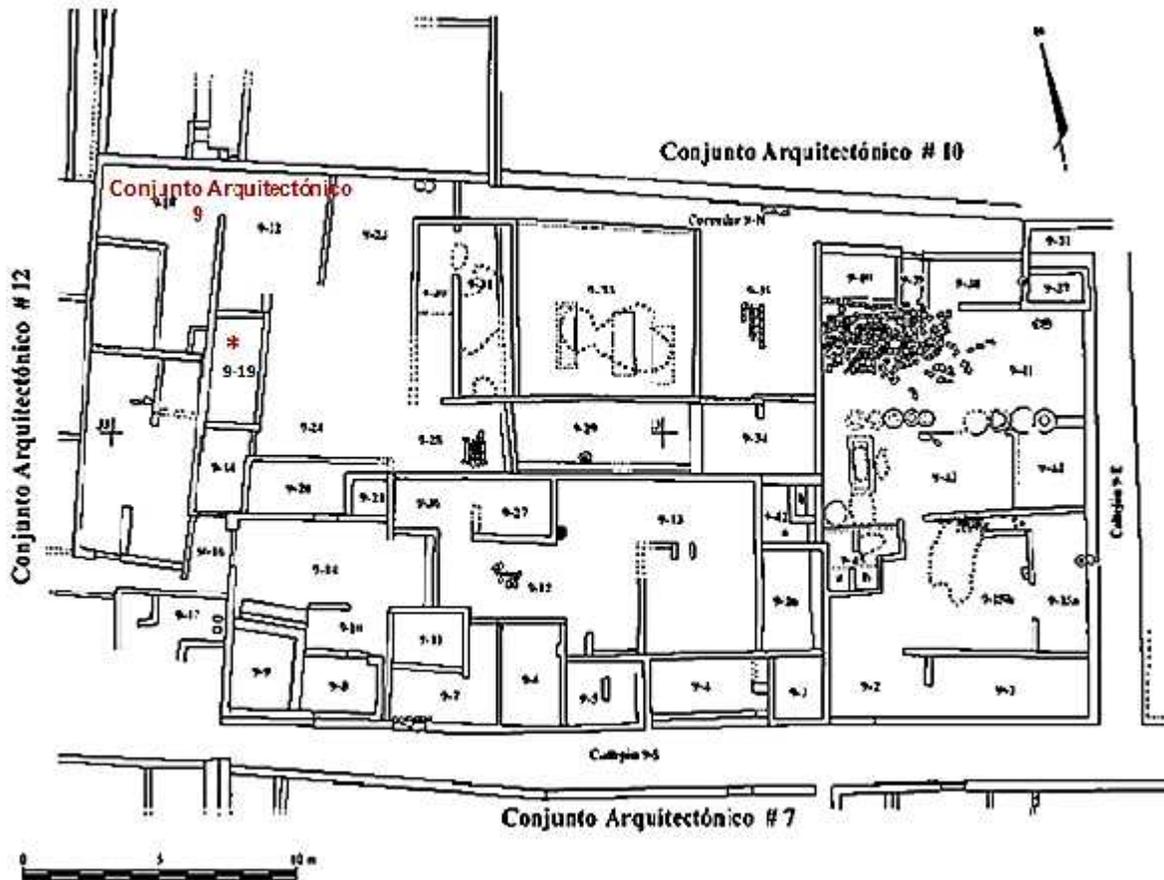


Figura 2.- Plano del Conjunto Arquitectónico 9 y sus ambientes (Uceda et al, 2000: 85).

El contexto tipológico

La industria ósea Moche en este sitio arqueológico ha definido y clasificado una variedad de útiles óseos (Rosales 2015). Dentro de esta tipología tenemos varios tipos, sin embargo, para el caso de la presente investigación se destaca el tipo romo que es el que agrupa útiles óseos cuyo principal criterio morfológico se define por presentar una extremidad roma con un fuste largo, con bordes paralelos, aristas redondeadas y un grosor constante que se va adelgazando con dirección al borde activo que es de sección plana y esquinas romas (para este caso una espátula). Las variantes muestran algunas características particulares tal como la presencia de un bisel de adelgazamiento sobre la cara interna de la extremidad distal y en otros casos en la extremidad proximal presenta evidencia de posibles rasgos de perforación.

Métodos de estudio

Las bases para el estudio de este útil óseo comprometen una secuencia metodológica que se presenta en tres fases:

La primera fase: incluye la descripción tipológica, identificación de la materia prima, toma de datos morfométricos y estudio del proceso tecnológico.

La segunda fase: compromete el estudio traceológico, que se inicia con la limpieza del útil óseo arqueológico, para proceder con la observación de las variables dependientes, tal como: el pulimento, las estrías, los desconchados, el embotamiento y los residuos adheridos. Para lo cual se utilizó un microscopio metalográfico Leica de luz reflejada (modelo Leitz DMRX) con objetivos de revólver de 50X, 100X, 200X y 400X aumentos, contraste interferencial de tipo Nomarski (DIC), que ofrece una buena resolución. Este equipo presenta conexión a una cámara digital Canon Power Shot S 50 y pertenece al Laboratorio de Prehistoria y Arqueología de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Madrid.

También se utilizó, un microscopio electrónico de barrido ambiental (modelo FEI QUANTA 200, Oxford Instruments) del Laboratorio de técnicas no destructivas del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, España. Dicho microscopio opera con tres modos de vacío: alto vacío, bajo vacío y modo ambiental, con detectores de electrones secundarios y retro dispersados para todos los modos de vacío. La ventaja del uso de este microscopio fue la observación y microfotografía de la muestra sin necesidad de metalizarla con oro, simplemente limpio, en el modo de bajo vacío.

Adicionalmente y como el microscopio electrónico de barrido, dispone de un sistema de microanálisis por rayos X, que se usó simultáneamente y alternativamente, uno de EDS (Energía Dispersiva de Rayos X) y otro WDS (longitud de onda dispersiva). Por lo cual fue aplicado sobre un área específica en la espátula en estudio, dejando ver características espectrales de elementos químicos lo que nos guía para conjugarlo con los datos traceológicos y sustentar mejor la interpretación de la funcionalidad de este útil óseo.

El estudio traceológico conllevó a tomar diversas referencias de investigaciones especializadas en traceología, tal como: Gutiérrez, 1990, 1996; Campana, 1989; d'Errico et al., 1984; d'Errico y Backwell, 2005; Buc 2005, Rosales (2015), entre otros.

La tercera fase: desarrolla la comparación del estudio traceológico de la espátula arqueológica con la base de datos del programa experimental sobre hueso

(Rosales 2015), tomando la muestra de las espátulas que fueron sometidas al trabajo con diversas materias, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Programa experimental de traceología sobre hueso que involucra las espátulas, con las acciones, materia trabajada, su estado de la materia y el tiempo.

PROGRAMA EXPERIMENTAL: TRACEOLOGÍA SOBRE HUESO				
Tipo de útil	ACCIÓN	MATERIA TRABAJADA	ESTADO DE LA MATERIA	TIEMPO
Espátula	Raer	Cuero	Seco	60 minutos
	Raer	Cuero	Fresco	
	Raer	Piel	Fresca	
	Alisar	Arcilla con arena	Estado cuero	
	Alisar	Arcilla con temperante de concha	Estado cuero	
	Rebajar	Madera "palo de balsa"	Seca	
	Rebajar	Madera "algarrobo"	Seca	

El objetivo de aplicar esta metodología se orienta en caracterizar con más precisión a las huellas de uso y su relación con las materias trabajadas (Rosales 2015). De esta manera, tal como lo destaca Calvo (2002) la traceología es un método inductivo-deductivo que obliga a tener un conocimiento previo de las trazas o huellas para posteriormente poder identificarlas, por comparación, en las piezas arqueológicas y así poder identificar su función

Finalmente, para la discusión se consultó datos de espátulas arqueológicas halladas en Pampa Grande por Shimada y Shimada 1981 y de otros sitios arqueológicos.

Resultados

El útil en estudio corresponde a una espátula del Conjunto Arquitectónico 9, Ambiente 9, se ubica en la Familia de los Romos, sub tipo sección plana. Su estado de conservación es óptimo con un grado de meteorización 0. Esta espátula a pesar de no encontrarse completa, deja apreciar la morfología, especialmente de la parte activa. La fractura que presenta se ubica en la zona proximal y presenta huellas de trazas de carácter antiguo.

La matriz de esta espátula lo conforma un fragmento de diáfisis de hueso largo de *Camelidae*, el cual aún deja apreciar en su cara posterior rasgos modificados del canal medular. Se puede argumentar, que los huesos de camélido son el principal recurso de mamíferos registrado en los estudios arqueozoológicos de los conjuntos arquitectónicos en este sitio, por lo cual el proceso tecnológico

debió implicar el uso de este fragmento de diáfisis de hueso largo para modificarlo y elaborar una espátula (Figura 3).



Figura 3.- Vista ventral de la espátula que proviene de CA 9 de NUM

Los datos morfométricos de esta espátula indican: longitud máxima de 55,98 mm, anchura distal 15,42 mm, espesor distal 2,14 mm, anchura medial de 17,14 mm, espesor medial 3,11 mm y su peso es de 3,8 g.

El estudio del proceso tecnológico ha sido posible reconstruirlo por las evidencias de piezas tecnológicas halladas en los conjuntos arquitectónicos en NUM. De esta manera, el ciclo del proceso tecnológico se inicia con las técnicas para la transformación de la matriz a soporte base que incluye la percusión directa e indirecta que permite desprender la matriz soporte para aplicar técnicas con las cuales se logró la forma deseada, aplicando la abrasión y raspado y finalmente darle acabado mediante el pulido. El estudio traceológico de la espátula del CA 9, Ambiente 9 se realizó utilizando para la observación un microscopio de luz simple y microscopio de barrido electrónico, presentando las siguientes características:

Zona mesial: El fuste que presenta es largo, es posible que continúe en la zona proximal que está ausente. Los bordes son paralelos, por ambas caras se puede apreciar presencia de pulimento y estrías. El pulimento a pesar que ocupa toda el área de ambas caras, tiene un desarrollo en grado 2, topografía homogénea, espesor muy compacto, textura lisa suave, contorno neto regular, brillo diferencial, por zonas brillantes y por otras zonas apagadas. Las estrías en la cara anterior son oblicuas y se localizan en cantidad frecuente en la parte superior izquierda

asociadas a un craquelado, mientras que en la parte superior derecha las estrías son escasas. La cara posterior presenta en el borde superior izquierdo escasas estrías y en el borde superior derecho presencia de agujeros cometa.

Zona distal: Presenta huellas de uso en su pulimento, estrías y embotamiento.

Tenemos:

- Los bordes son paralelos, esquinas redondeadas, el contorno de la parte activa no es recto presenta una inclinación para el lado derecho.
- El grosor disminuye en la parte activa, debido al desgaste por uso.
- El pulimento alcanza un grado de 2,5 siendo su topografía media, espesor muy compacto, textura lisa suave, contorno neto regular, brillo luminoso y agujeros cometa, macroagujeros, microagujeros y escasos craquelados.
- Las estrías en la cara posterior son frecuentes, en dirección oblicua y paralela, generalmente asociadas a pulimento.
- Existe embotamiento en grado medio, que se puede apreciar en la margen de la parte activa.
- Los desconchados están ausentes.
- Hay presencia de residuos localizados al interior de los accidentes en la cara posterior de la parte activa, estos se aprecian como puntos con material brillante. Para averiguar su naturaleza y composición se realizó tres análisis de EDAX que se presentan más adelante.

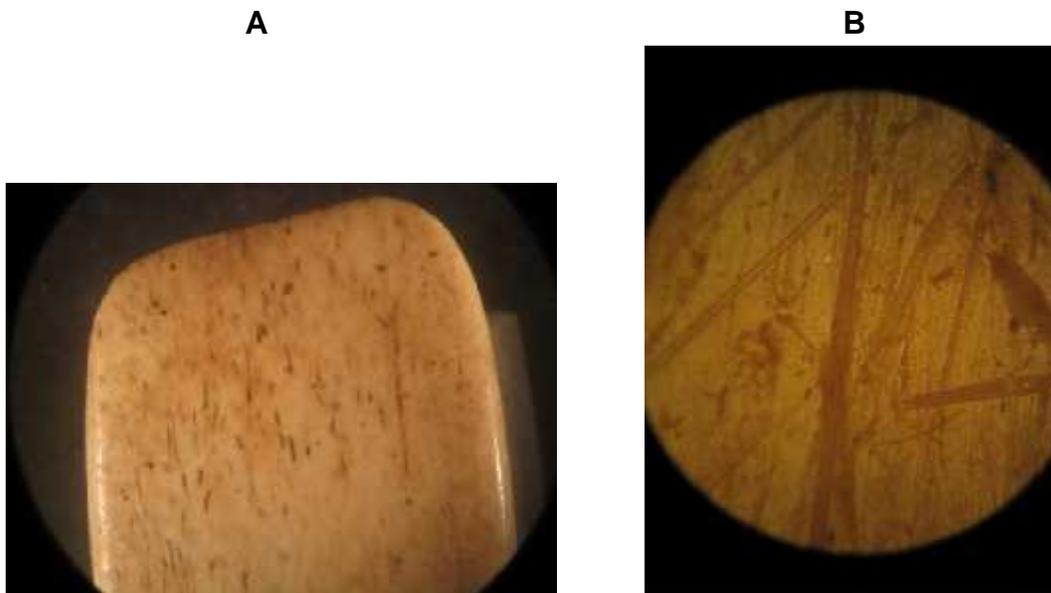


Figura 4.- Vista de la zona distal, parte activa de la Espátula del Conjunto Arquitectónico 9, Ambiente 19: (A) Vista de la zona distal, cara ventral Lupa 16X. (B) Vista de la zona distal, cara ventral, pulimento y estrías MIC 100X.

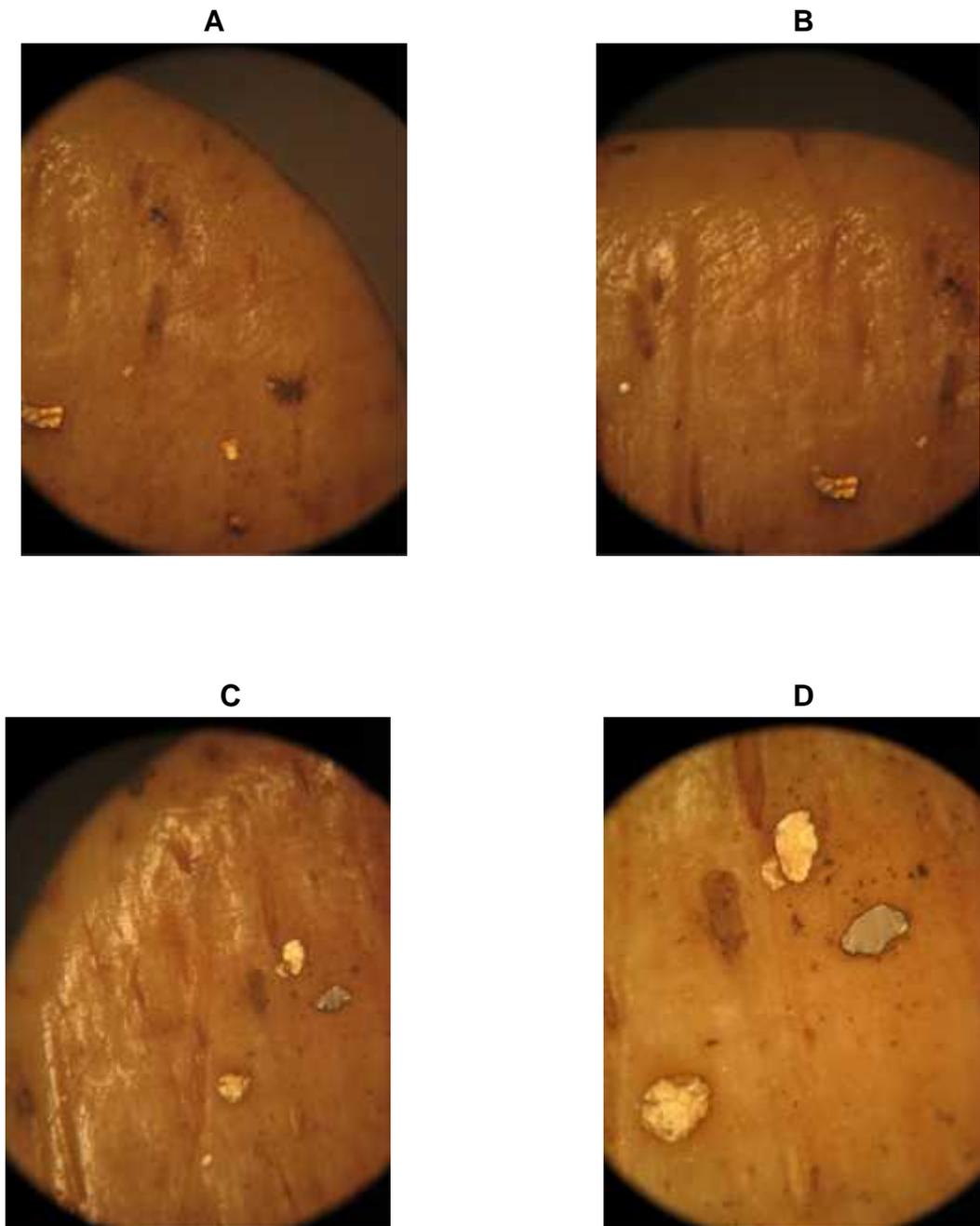
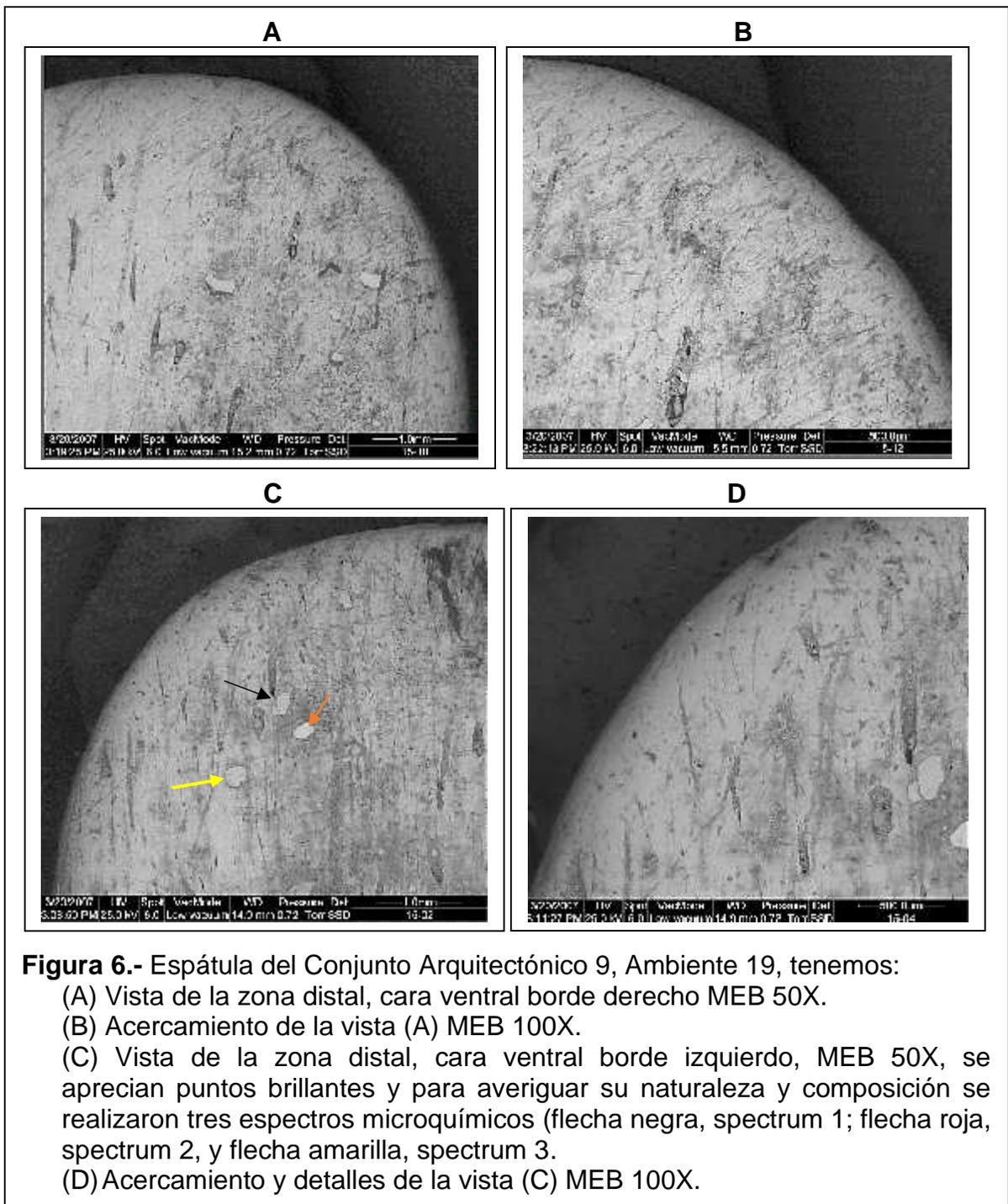


Figura 5.- Espátula del Conjunto Arquitectónico 9, Ambiente 19, tenemos:
(A) Vista de la zona distal, cara ventral borde derecho MIC 50X.
(B) Vista de la zona distal, cara ventral borde central MIC 50X.
(C) Vista de la zona distal, cara ventral borde izquierdo, MIC 50X
(D) Acercamiento y detalles de la vista (C) MIC 100X



Los análisis microquímicos de los puntos brillantes, presentan los siguientes resultados:

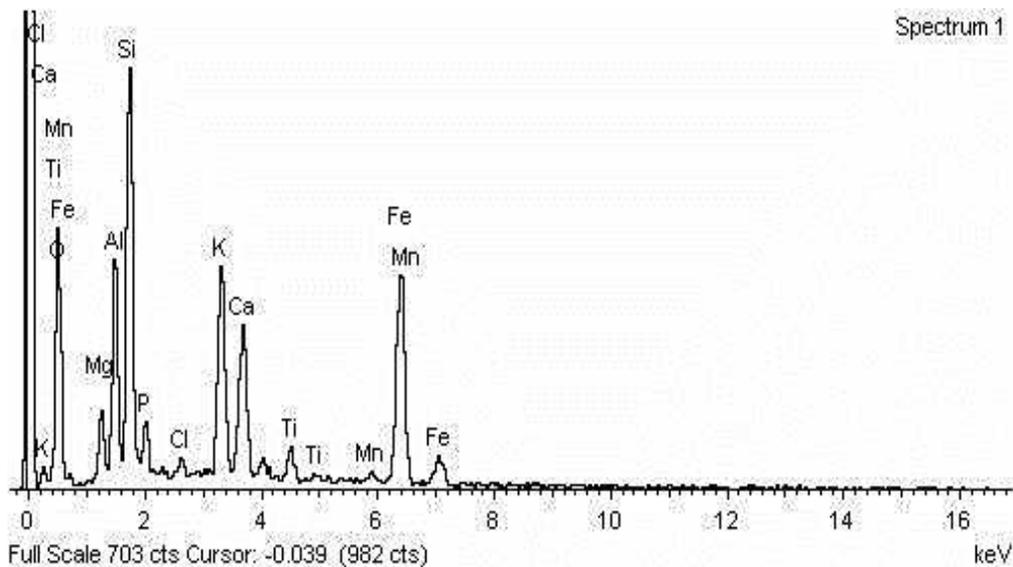


Figura 7.- Espectro microquímico 1, obtenido del análisis de residuos localizados en la cara ventral de la parte activa de la espátula (flecha negra, figura 6C) procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Tabla 2.- Concentración de los elementos químicos identificados en el espectro microquímico 1, este corresponde a los residuos localizados en la cara ventral de la parte activa de la espátula procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	70.36	0.5939	42.00	1.66	61.77
Mg K	4.51	0.5086	3.14	0.32	3.04
Al K	12.36	0.6071	7.22	0.41	6.30
Si K	25.39	0.6553	13.74	0.56	11.51
P K	5.31	0.8750	2.15	0.26	1.63
Cl K	0.91	0.6873	0.47	0.15	0.31
K K	20.23	1.0051	7.14	0.35	4.29
Ca K	13.62	0.9338	5.17	0.30	3.03
Ti K	3.71	0.8136	1.62	0.20	0.79
Mn K	1.62	0.8275	0.70	0.20	0.30
Fe K	40.05	0.8521	16.66	0.67	7.02
Totals			100.00		

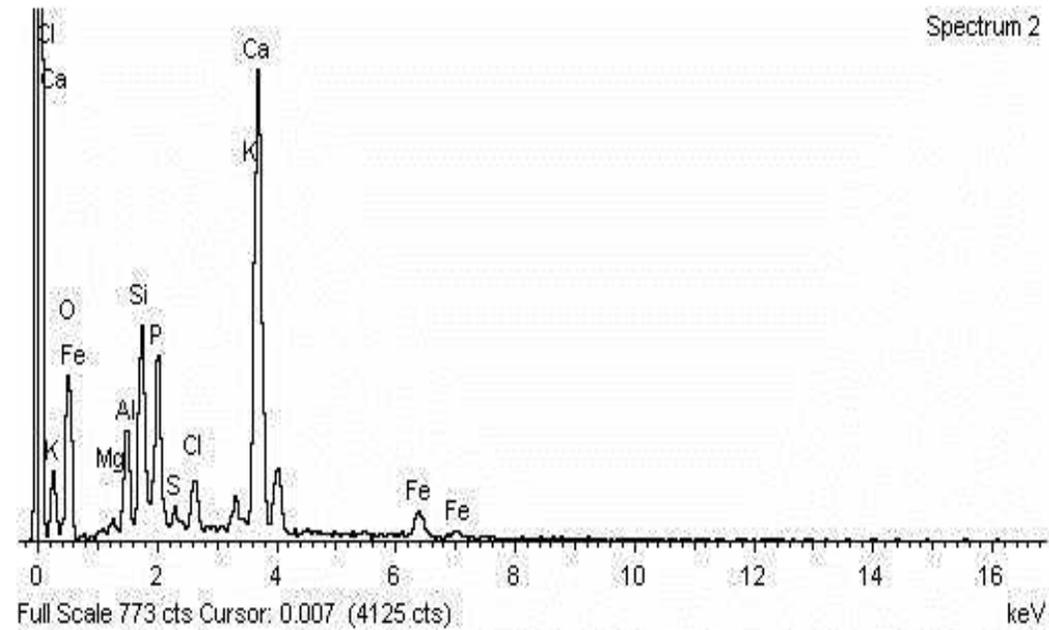


Figura 8.- Espectro microquímico 2 (flecha roja, figura 6C) obtenido del análisis de residuos localizados en la cara ventral de la parte activa de la espátula procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Tabla 3.- Concentración de los elementos químicos identificados en el espectro microquímico 2, este corresponde a los residuos localizados en la cara ventral de la parte activa de la espátula (figura 6C, flecha roja) procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	49.13	0.4337	52.81	1.53	70.79
Mg K	0.80	0.5505	0.68	0.24	0.60
Al K	6.04	0.6789	4.15	0.33	3.30
Si K	11.70	0.7498	7.28	0.43	5.56
P K	16.21	1.0501	7.20	0.45	4.99
S K	1.02	0.7672	0.62	0.21	0.41
Cl K	3.50	0.7202	2.26	0.25	1.37
K K	2.51	1.0291	1.14	0.21	0.62
Ca K	43.58	0.9622	21.12	0.79	11.30
Fe K	4.82	0.8188	2.74	0.35	1.05
Totals			100.00		

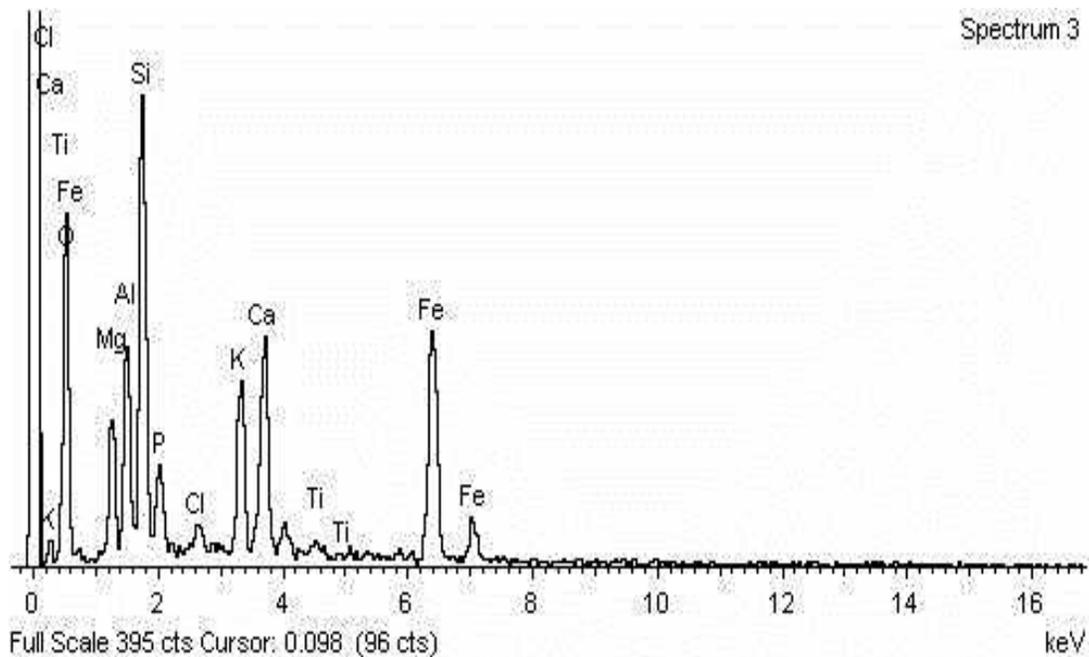


Figura 9.- Espectro microquímico 3, obtenido del análisis de residuos localizados en la cara ventral de la parte activa (flecha amarilla, figura 6C) de la espátula procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Tabla 4.- Concentración de los elementos químicos identificados en el espectro microquímico 3 (flecha amarilla, figura 6C), este corresponde a los residuos localizados en la cara ventral de la parte activa de la espátula procedente del Conjunto Arquitectónico 9: Ambiente 19.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	87.95	0.6485	45.81	1.75	64.79
Mg K	7.87	0.5150	5.16	0.49	4.80
Al K	9.86	0.5910	5.63	0.48	4.72
Si K	25.26	0.6572	12.98	0.66	10.46
P K	6.86	0.8833	2.62	0.38	1.92
Cl K	1.39	0.6856	0.68	0.22	0.44
K K	15.32	0.9998	5.17	0.36	2.99
Ca K	17.02	0.9393	6.12	0.40	3.45
Ti K	0.63	0.8099	0.26	0.22	0.12
Fe K	39.12	0.8491	15.56	0.77	6.30
Totals			100.00		

Comentarios

Este fragmento de espátula presenta huellas de uso bien marcadas, especialmente en la parte activa (figura 4A y 4B). El pulimento es uno de sus principales atributos, se caracteriza por tener un grado de desarrollo 2.5 y la particularidad es que se presenta con dos tipos de brillo: brillante y apagado (figura 5C). Esto se puede apreciar en la cara posterior y por zonas localizadas. Las estrías son frecuentes en la parte activa y su dirección es mixta (figura 5A y 5B), lo que plantea una acción transversal aplicando presión con un movimiento bidireccional en un ángulo de 45°.

Contando con estas características se consultó la base de datos del programa experimental (Rosales 2015), buscando paralelos de las características observadas en la parte activa de la espátula arqueológica, con las espátulas experimentales, por lo cual se revisó las espátulas con las que se llevó a cabo las siguientes actividades: raer cuero seco, raer cuero fresco, alisar cerámica y rebajar madera (tabla 1).

Las trazas observadas en la espátula utilizada para rebajar madera y alisar cerámica, presentan características para asociarlas con la espátula arqueológica. Por un lado, la espátula experimental que rebajó madera, presenta un pulimento muy desarrollado, plano, liso, brillante, con craquelados, estrías frecuentes, paralelas y oblicuas. Pero la espátula experimental utilizada para alisar cerámica, presenta huellas de pulimento desarrollado, con brillo brillante por zonas y brillo apagado en zonas más periféricas, liso/suave, grasiento, con ondas y craquelados, las estrías son frecuentes en la parte activa, mixtas (Figura 5A a 5D).

Según Buc (2011), las estrías que ella ha detectado en espátulas experimentales al alisar cerámica, son profundas, rectas, agrupadas y cruzadas. Estas estrías son generalmente anchas, aunque varían de acuerdo con el tamaño del temperante, siendo estrías más amplias y espaciadas, con anchos que varían a lo largo de toda su longitud. Teniendo como hipótesis que algunas espátulas se utilizaron para alisar cerámica, se realizaron observaciones mediante microscopía electrónica de barrido, para estudiar mejor las estrías y la superficie activa interna de la espátula (Figura 6A a 6D).

Otro detalle fue la observación de micro incrustaciones en la espátula arqueológica por lo que se decidió estudiar su superficie, especialmente con el detector de electrones secundarios del microscopio electrónico de barrido. Las imágenes obtenidas nos permitieron observar la existencia de micro-incrustaciones semejantes a pigmentos. Los resultados obtenidos mediante el

EDS (Energía Dispersiva de Rayos X) de estas micro-incrustaciones, nos indicaron la presencia de aluminio (Al), magnesio (Mg) y silicio (Si) en porcentajes que indicaban que se trataba de un pigmento blanco (figuras 7 y 9, tablas 2 y 4) posiblemente de alguna pintura que fue aplicada con la espátula a la superficie de la cerámica.

Los residuos observados y analizados mediante EDS nos están indicando la presencia de elementos que componen la arcilla, pero también elementos como manganeso (Mg) y titanio (Ti), que conjuntamente con el hierro (Fe), se utilizan como tintes o pinturas. Esto indicaría que la espátula, además de una función para alisar cerámica, también habría servido para aplicar algún tipo de tinte o pintura que contiene estos elementos (hierro, manganeso y titanio).

Este tipo de estudio combinado entre SEM y EDS se ha realizado con éxito en otras herramientas óseas de un sitio en Shanghái en Beijing China (Cui et al, 2010), donde unas cuchillas de mano fabricadas en hueso, no solo habrían servido como herramientas para la caza y recolección, sino que a partir de un análisis combinado de SEM y EDS, mostraron que en el borde había elementos químicos que indicaba una capa de pegamento en la parte posterior con bario y sal de zinc uniformemente distribuida en el mismo, lo cual permitió conocer nuevos aspectos sobre la tecnología de adhesivos en la antigua China. Este estudio combinando técnicas nos permite validar nuestra estrategia para inferir mejor la posible función de la espátula.

Tres espátulas de estas características morfológicas se han reportado también para el NUM (en CA 9, Ambiente 18; CA 35, Ambiente 1 y en la Plaza 3) a las que también se les hizo un estudio similar, por lo que queda la propuesta funcional de estas espátulas relacionadas a las actividades alfareras.

A través del registro del utillaje óseo de las épocas prehispánicas se tiene reportes de espátulas desde épocas tempranas a tardías (Kroeber 1944, Tello 1956, 1960; Larco 1939, 1941, 1944, 1945, 1946; Strong et al., 1943, Engel 1957, Shimada y Terada 1963; Lapiner 1976; Shimada y Shimada 1981; Terada y Onuki 1982; Bird et al., 1985; Julien 1995; Cárdenas 1995; Burger 1998 entre otros). En su mayoría las espátulas se destacan como ofrendas funerarias y por otro lado se tienen espátulas que se relacionan con el “uso alfarero”. Los estudios traceológicos de espátulas son escasos, destacando los de Julien (1978-1980; 1986; 1995), quien realizó una primera clasificación de útiles óseos del formativo con estudios traceológicos, que por ser útiles precerámicos tienen otras características morfológicas y funcionales que no se pueden utilizar para comparar con las espátulas Moche de NUM.

Otras menciones sobre útiles óseos de yacimientos contemporáneos a la NUM son los referidos a trabajos realizados por Pozorski (1979) y Pozorski y Pozorski (2003), en ambos casos los estudios están referidos a la arquitectura de la época moche y la subsistencia. En relación a la subsistencia han registrado e identificado una buena cantidad de restos óseos de camélidos dentro de los cuales se destaca una muestra de útiles óseos que han sido clasificados según su morfología en punzones, agujas, espátulas y también presentaba un dibujo de una escápula con perforación. El mayor énfasis sobre el trabajo de la muestra ósea de camélidos estaba referido a identificaciones anatómicas, estructuras de edad y marcas de cortes asociadas a actividades de carnicería (Pozorski 1979).

No presenta ningún tipo de trabajo relacionado con traceología o estudios experimentales, sin embargo, la muestra de útiles óseos tiene una correlación en la morfología con las muestras de la NUM y de otros sitios moche. La morfología de los útiles óseos de estos sitios de la época moche presenta rasgos diagnósticos que permiten identificar la materia prima que se utilizó para su fabricación, así podemos notar punzones que tienen el extremo proximal sin ninguna alteración, lo que permite precisar el elemento anatómico y en la mayoría de los casos, la identidad del animal. En este caso la mayor parte de los útiles óseos están fabricados con huesos de camélidos, lo cual es constante en los yacimientos costeros de esta época, fundamentalmente porque las actividades de crianza de ganado están dirigidas hacia los camélidos.

Otro sitio de la época moche que presenta muestras representativas de útiles óseos es Pampa Grande, situado en el valle de Lambayeque (departamento de Lambayeque) a 190 km al norte de la NUM. En este sitio el estudio del material óseo de la fauna indicaba una variedad de restos óseos de camélidos, cánidos, cérvidos y aves que en varios casos se utilizaron para fabricar útiles óseos y ornamentos utilizados en actividades rituales.

En relación a los útiles óseos sólo se indica una parte del proceso de su fabricación a partir de la tibia de un camélido (Shimada y Shimada, 1981: 56, Fig.16). Tampoco se presentan datos sobre estudios de traceología y sólo se indica una clasificación tipológica según la morfología de la parte activa de los útiles óseos donde se destaca: punzones, agujas, espátulas, ornamentos y escápulas horadadas, que pertenecen a camélidos lo que nuevamente nos indica que la fabricación de útiles óseos estaría siempre asociada para esta época a la crianza de camélidos, tal como se ha observado anteriormente y también para la NUM.

También hay que resaltar que no todos los útiles óseos en este sitio fueron fabricados a partir de huesos de camélidos porque también se ha observado otros que fueron fabricados en huesos de *Canis lupus familiaris* y un ave marina. Notamos así con la información de estos sitios moche que son contemporáneos a la NUM, que hay semejanzas en la fabricación de útiles óseos donde las tipologías permiten conocer que hay útiles comunes utilizados en esos sitios, como es el caso de punzones, agujas y espátulas. Además, se ha podido identificar que estos útiles óseos están en su mayoría fabricados con huesos de camélido, lo cual se ha podido identificar porque varios de ellos presentan el extremo sin ninguna alteración anatómica y por lo tanto la morfología ósea original, que es diagnóstica.

Por lo tanto, las actividades económicas y de subsistencia de los pobladores de la época moche en la costa norte del Perú no estaban circunscritas a las actividades relacionadas con los camélidos, porque habían variadas actividades como la fabricación de cerámica, textilería, orfebrería, pesca y procesamiento de diversos materiales utilizados en su vida diaria y ritual. En este contexto los útiles óseos de esta época no solamente están relacionados a las actividades con los camélidos sino también con la fabricación de la cerámica donde posiblemente las espátulas tuvieron un rol importante en esta actividad.

Agradecimientos: el presente artículo ha sido realizado con el financiamiento del Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas-ARQUEOBIOS. Nuestro agradecimiento a Isabel Rey Fraile del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, donde se realizaron los análisis de microscopía electrónica de barrido. Arturo Morales y Eufrosina Roselló por brindarnos siempre hospitalidad y todas las facilidades logísticas en el Laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid, y a Carmen Gutiérrez Saéz por todo su apoyo, asesoría y ofrecernos un espacio en el Laboratorio de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Madrid.

Referencias bibliográficas

- Bird J, Hyslop J, Skinner MD (1985): The Preceramic Excavation at the Huaca Prieta, Chicama Valley, Peru. *Antropological Papers of the American Museum of Natural History*, New York.
- Buc N (2005): Análisis de microdesgaste en tecnología ósea. El caso de punzones y alisadores en el noreste de la provincia de Buenos Aires (humedal del Paraná inferior). En: M. Woods, Tesis de Licenciatura del Departamento de Ciencias Antropológicas II, Facultad de Filosofía y Letras-UBA, Buenos Aires. CDRom.

- Buc N (2011): Tecnología ósea de cazadores-recolectores del humedal del Paraná inferior (Bajíos Ribereños meridionales). Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ms.
- Burger R (1998): Excavaciones en Chavín de Huántar. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Campana D (1989): Natufian and Protoneolithic bone tools. The manufacture and use of bone implements in the Zagros and the Levant. BAR International Series 494. Great Britain General Editors A.R. Hands, B. Sc., M.A., D. Phil. D.R. Walker, M.A.
- Cárdenas M (1995): Inhalatorios de alucinógenos procedentes de contextos funerarios de Tablada de Lurín. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia*. Trujillo 1995 N° 5, pp.3-23. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Cui TX, Yang Q, Yu JC, Zhou SLL, Zhao CH (2010): Microwear analysis of a bone-handled microblade excavated at Shangzhai site in Beijing: evidences from ESEM. *Science China: Earth Science* 53 (9), 1335-1342.
- d'Errico F, Backwell LR (2003): Possible evidence of bone tool shaping by Swartkrans early hominids. *Journal Archaeological Science* 30, pp.1559-1576.
- d'Errico F, Giacobini G, Puech PF (1984): Varnish replicas. A new method for studying worked bone surfaces. *OSSA, Int. J. Skeletal Res.* 9/10, 29e51.
- Engel F (1957): Sites et Etablissements sans céramique de la Côte Peruvienne. *Société des Americanistes XLIV*.pp. 67-155.
- Gutiérrez C (1990): Introducción a las huellas de uso: los resultados de la experimentación. *Espacio. Tiempo y Forma*, Serie I, 3, pp. 15-54.
- Gutiérrez C (1996): Traceología. Pautas de análisis experimental. *Temas de Arqueología 4*. Foro, Arqueología, Proyectos y Publicaciones, S.L. Madrid.
- Julien M (1995): La industria ósea. Telarmachay. Cazadores y pastores prehistóricos de los Andes. *Travaux de l'Institut Français d'Études Andines*. N° 88. Tomo I. pp. 199-219Lima.

- Kroeber AL (1944): Peruvian Archeology in 1942. Viking Fund Publication in Anthropology, N° IV. New York.
- Lapiner A (1976): Pre-Columbian Art of South America. Harry N. Abrams, Inc. Publishers, New York.
- Larco R (1939): Los Mochicas. Tomo 2. Lima. Casa editora La Crónica y Variedades S.A.
- Larco R (1941): Los Cupisniques. Casa editora La Crónica y Variedades. Lima.
- Larco R (1944): Cultura Salinar. Síntesis Monográfica. Impreso por la Sociedad Geográfica Americana. Buenos Aires. Argentina.
- Larco R (1945): Los Cupisniques. Síntesis Monográfica. Impreso por la Sociedad Geográfica Americana. Buenos Aires. Argentina.
- Larco R (1946): A cultural sequence for the North coast of Peru. Handbook of South American Indians. Vol 2, pp: 149-175. Washington.
- Lubbock J (1872): Pre-Historic times, 3º edition, Williams and Norgate. Londres.
- Nilsson S (1838): The primitive inhabitants of Scandinavia. Edic. Inglesa en 1868. Londres.
- Pfeifer L (1912): Die steinzeitliche technik XLIII Allgemeinen Versammlung der Deutschen. En: *Anthropologischen Gesellschaft*. G. Fischer (Ed.), Jena.
- Pozorski S. (1979a): Late prehistoric llama remains from the Moche Valley, Peru. *Annals of the Carnegie Museum of Natural History* 48: 139-170. Pittsburgh.
- Pozorski S, Pozorski T. (2003): La arquitectura residencial y la subsistencia de los habitantes del sitio de Moche: evidencia recuperada por el proyecto Chan Chan-Valle de Moche, pp.119-150.
- Rosales T (2015): La Industria ósea Moche de la Zona Urbana Moche, Complejo Arqueológico Huacas del Sol y de la Luna, Trujillo-Perú. Tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Prehistoria. España.

Shimada I, Terada S (1963): Excavation at Kotosh, Perú 1960. Kadodawa, publishing Co. Tokio.

Shimada M, Shimada I (1981): Explotación y manejo de los recursos naturales en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico. *Revista del Museo Nacional* 45: 19-73. Lima.

Strong D, Willey G, Corbett J (1943): *Archaeological Studies in Peru 1941-1942*. Columbia University Press. New York.

Tello JC (1956): *Arqueología del valle de Casma*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

Tello JC (1960): *Chavín cultura matriz de la civilización andina*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

Terada K, Onuki Y (1982): *Excavations at Huacaloma in the Cajamarca valley, Perú, 1979. Report 2. Of the Japanese Scientific Expedition to Nuclear America*. University of Tokyo Press.

Uceda S, Mujica E, Morales R (editores) (2000): *Investigaciones en Huaca de la Luna 1997*. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.

Uceda S, Mujica E, Morales R (editores) (2004): *Investigaciones en Huaca de la Luna 1998-1999*. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Trujillo.



REPORTE ETNOGRÁFICO

Historia de un Pescador tradicional de la comunidad de Huanchaco, Costa Norte del Perú

Víctor A. Piminchumo Hurtado

Arqueólogo, Ministerio de Cultura – Dirección Desconcentrada de Cultura de La Libertad

El escenario

Huanchaquito, es una caleta de pescadores tradicionales cerca del pueblo de Huanchaco, en la costa norte del Perú. Durante la época prehispánica, su litoral bañado por el Océano Pacífico, fue el escenario de la ocupación humana desde los inicios de la agricultura (2000 años a.C.), hasta el desarrollo de las sociedades complejas, con la ciudad de Chan Chan, capital del reino Chimú o Chimor (ca. 900 - 1470 años d.C.), asentada inmediatamente al norte, sobre una terraza aluvial, que fue abandonada luego del dominio Inca hacia 1470 años d.C. Durante la República, a fines del siglo XIX, la caleta fue reocupada por familias tradicionales herederas de la nobleza Chimú, portadores de apellidos como Piminchumo, Huamanchumo y Chilmaza, procedentes de Huanchaco.

La iniciación en la pesca

A mediados del siglo pasado, en la playa de Huanchaquito, Juan, un niño de 7 años, hijo de Manuel Nicanor Piminchumo Palma, experimentado pescador tradicional y Margarita Chilmaza Leytón, de quien era su décimo séptimo hijo, es iniciado por su padre en el proceso de aprendizaje de los saberes ancestrales relacionados con la pesca tradicional, llevándolo en la parte posterior de su “balsilla”, embarcación tradicional hecha de tallos de totora (*Schoenoplectus californicus*) para que se familiarice con las técnicas de la pesca; forma de enseñanza tradicional mediante el cual, los pescadores enseñaban a sus hijos el oficio de la pesca.

La playa o caleta utilizada por los pescadores de Huanchaquito, para ingresar al mar a realizar sus faenas de pesca con sus balsas de totora y como escuela de campo para el aprendizaje de sus hijos, era conocida como “El Hueso”, próximo a Huanchaco, donde el mar es calmado, usándose también para dejar secar al sol sus embarcaciones recostadas verticalmente sobre estructuras de palos, llamados “paradores”, que caracteriza e identifica el paisaje marino de Huanchaco.

El niño Juan, aprendió rápidamente las técnicas de conducir la balsa de totora, utilizando una caña de Guayaquil (*Guadua angustifolia*) cortada por la mitad de forma longitudinal como remo, también a maniobrar la embarcación y mantener el equilibrio. En dicho aprendizaje contribuyeron sus tíos y primos mayores, entre los cuales se encontraban Antonio (hermano mayor por 20 años), Manuel (primo mayor) y Wilfredo (cuñado), quienes le daban instrucciones de cómo remar y acelerar la embarcación para salvar la rompiente de las olas, tras la cual el mar es más calmado. En algunas ocasiones no lograba pasar la rompiente y Juan, era envuelto por las olas y arrojado, junto a su balsa, hasta la orilla del mar, yendo prestos sus familiares para animarlo a retomar la formación de embarcaciones e intentarlo nuevamente; y esta vez sí lograrlo, llegando a las aguas más tranquilas donde se disponían a pescar con espinel.

A los 14 años, Juan era ya un experimentado pescador tradicional que practicaba la pesca con espinel, en balsa de totora. Dicho tipo de pesca, consiste en una cuerda de mediano grosor, en cuya extensión se iban sujetando, cada cierto tramo, sedales menores que rematan en anzuelos grandes con carnada, se hacía con una cuerda de algodón que desde la embarcación se extiende en el mar, con flotadores de calabaza (*Lagenaria siceraria*) y una pesa o fondo de piedra para fijarla. Luego de transcurrido un tiempo, se recoge el espinel, capturando peces de mediano y gran tamaño como el tollo (*Mustelus whitneyi*), la raya (*Urotrygon spp.*), el robalo (*Centropomus spp.*), la corvina (*Cilus gilberti*), entre otros.

Cuando la pesca con espinel era abundante, se acondicionaba la carga a lo largo de la embarcación, especialmente en la “caja” (especie de bodega) localizada en la popa de la misma, además de la proa respectivamente, pasando una cuerda por las agallas de los pescados y sujetándolos a la embarcación.

Captura accidental de un tiburón

A su temprana edad, el joven Juan tuvo una de las experiencias más intensas que como pescador tradicional le tocó vivir. Cierta día, cuando se hallaba pescando con espinel sobre su balsilla de totora, en el mar de Huanchaco, mordió uno de los anzuelos de su espinel, lo que parecía ser un gran pez, que resultó ser un tiburón tintorera (*Prionace glauca*), de 2.50 a 3.00 m de longitud, comenzando éste a jalar fuertemente la cuerda que sujetaba en el otro extremo el joven, quien procedió a contrarrestar tirando de la misma, pero cuando notó que era inminente la embestida del gran animal marino, levantó instintivamente sus piernas en posición horizontal sobre la embarcación, evitando que las fauces del tiburón lo impactaran directamente, pero no pudiendo impedir que mordiera la embarcación de totora, llevándose un pedazo de ella. A continuación, soltó prudentemente la cuerda del espinel para que el tiburón, que había quedado enganchado con el anzuelo – de tamaño grande- por la boca, se aleje y luego previsto de un mazo de madera, que siempre portaba, lo esperó para golpearlo en el hocico, haciéndolo reiteradamente hasta que el animal, ensangrentado, fue vencido.

Tras el encuentro, tendió nuevamente el espinel en el mar y se aprestó a retornar a tierra, asegurando con cuerdas a la embarcación, los pescados previamente capturados como el tollo (*Mustelus whitneyi*) y la raya (*Urotrygon spp.*), además del tiburón; no sin antes, aferrarse a su frágil embarcación y salvar la embestida de las olas en su camino de retorno. Una vez en la playa, descuartizó al tiburón, cortándole la cabeza y aletas y los entregó a su hermana Filomena, para que se encargue de comercializarlo en el mercado de la ciudad de Trujillo; retirándose a casa, deseando no volver a tener más una experiencia tan intensa como la vivida.

A los 17 años, nuestro joven pescador, deseando nuevas oportunidades de vida, emigró al puerto de Chimbote, atraído por el *boom* de la pesca industrial, donde se asentó, tuvo su familia y ahora jubilado, rememora ante sus hijos y nietos, sus experiencias vividas como pescador tradicional en la caleta de Huanchaquito; además, sigue practicando las manifestaciones tradicionales asociadas a la pesca, como: la cordelería, el tejido de redes y la elaboración de aparejos de pesca.

Ataque de un tiburón

De acuerdo al Sr. Mercedes Cirilo Ucañán Díaz, pescador tradicional de Huanchaco, su abuelo materno el Sr. Antonio Díaz Leytón - probablemente a inicios del siglo XX-, fue mordido por un tiburón, causándole la pérdida de una de sus piernas (M. Ucañán, comunicación personal, 2003). Hecho que se constituiría en el único caso moderno, en que el encuentro de un tiburón con un pescador tradicional de Huanchaco, tuvo un desenlace adverso contra la integridad física del segundo.

Comentario final

Así como en el pasado y el presente, es deseable que, en el futuro, el continuo ir y venir de las olas del mar de la comunidad de Huanchaco, sigan siendo testigo de los saberes y manifestaciones de los pescadores tradicionales de dicha comunidad.



Figura 1.- Pescador tradicional de Huanchaco retornando de faena de pesca (Derechos reservados corresponden a Víctor Piminchumo Hurtado).



Figura 2.- Joven pescador con balsa pasando el oleaje del mar de Huanchaco.



Figura 3.- Sr. Juan Piminchumo Chilmaza, torciendo cuerdas de algodón.

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Comment on “Shark fisheries during the second millennium BC in Gramalote, north coast of Peru”

Víctor F. Vásquez Sánchez¹, Teresa E. Rosales Tham¹, P.J. Netherly², and Tom D. Dillehay^{2,3}

¹ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas, ARQUEOBIOS, Apartado 595, Trujillo, Perú, ² Department of Anthropology, Vanderbilt University, Nashville, TN 37240, ³ Escuela de Arqueología, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile

Abstract

In reporting on prehistoric specialized shark fisheries at the Initial Period site of Gramalote (~1500–1200 cal BCE) on the north coast of Peru, Prieto suggests that substantial quantities of sharks were captured by using shell rattles to attract and fiber nooses to capture them from small reed boats. Although his research has made a significant contribution to our understanding of prehistoric fishing industries, based on data from early sites along the Andean Pacific Ocean, on past and present ecological conditions, and on ethnographic information in the study area, we believe that most sharks were caught opportunistically by netting, clubbing and/or spearing them in littoral wetlands intermittently connected to the sea by high tides and storm surges.

Key words: sharks, prehistoric fishing, boats, fishing technology, Peru

Resumen

Al informar sobre las pesquerías prehistóricas especializadas de tiburones en el sitio del Período Inicial de Gramalote (~ 1500-1200 cal BCE) en la costa norte de Perú, Prieto sugiere que se capturaron cantidades sustanciales de tiburones mediante el uso de cascabeles de concha para atraer y lazos de fibra para capturarlos desde pequeñas embarcaciones de caña. Aunque su investigación ha hecho una contribución significativa a nuestra comprensión de las industrias pesqueras prehistóricas, basada en datos de sitios tempranos a lo largo del océano Pacífico andino, en condiciones ecológicas pasadas y presentes, y en información etnográfica en el área de estudio, creemos que la mayoría de los tiburones fueron capturados de manera oportunista al pescarlos con redes, aporrear y / o arponearlos en humedales litorales conectados intermitentemente al mar por mareas altas y marejadas ciclónicas.

Palabras clave: tiburones, pesca prehistórica, embarcaciones, tecnología pesquera, Perú.

Introduction

Prieto presents invaluable information on and insightful consideration of diverse datasets related to the prehistoric capture of sharks on the north coast of Peru, focusing primarily on the Initial Period site of Gramalote (~1500–1200 cal BCE; Prieto 2015, 2021). Based on moderate quantities of faunal remains at the site, he proposes that sharks were procured at sea by using shell rattlers to attract and fiber nooses to catch them from small reed boats (*caballitos de totora*). Since there is no hard evidence for harpoons, spears, and strong, resistant nets and fishhooks to catch medium- to large-sized fish during this period, it is possible that consistent numbers of sharks were caught by the rattle-noose technique during the Preceramic and Initial periods (~12,000-1500 BCE). It also is likely that sharks were captured in other ways, such as opportunistically netting, clubbing and/or spearing them in shallow, ~1-2 m deep backwater estuaries near shorelines where these and other fish occasionally entered during high tides and/or were washed in during storm surges, events that regularly occur today along the north coast (Dillehay et al, 2012; Vásquez et al, 2017a; Fig. 1).

Sharks occupy the highest level in the marine trophic chain, which is important to consider when studying their remains in archaeological contexts. It also is important to examine the character of their specific habitats and wider ecosystems, as well as their population fluctuations due to climatic-oceanographic cycles that have occurred in the last several millennia, and to apply the appropriate ichthyo-archaeological methodology to infer how, when and where they were caught. In the early Miocene ~19 million years ago, an extinction of sharks occurred that caused significant changes in the abundance and diversity of these elasmobranchs, decreasing their population by approximately 90%, an event from which they never fully recovered in most areas of the world (Sibert and Rubin, 2021). Continuous changes in the frequency of archaeological shark remains are recorded over a long period at coastal sites in Peru from the early Preceramic to the Late Intermediate periods (~14,000 BCE-500 CE).

An important group for observing changes in shark populations are the Carcharhinidae family, which reveal significant numbers in early archaeological records on the north coast of Peru, possibly due to the intermittent occurrence of major ENSO events and to the formation of backwater estuaries and lagoons in late Pleistocene and particularly in early to middle Holocene times, where several amphidromes species of this family were and are capable of inhabiting brackish or fresh waters for lengthy periods of time due to their euryhaline capacity. This hyperosmoregulatory capacity of sharks developed through the integrative

functions of multiple organs (i.e., rectal gland, kidney, liver and gills) and through their environmental physiology (Compagno, 1984). The *Carcharhinus leucas* shark is best known for this integrative physiology (Shoji et al, 2019), and has been identified in the faunal remains of the Preceramic sites of Cruz Verde and Huaca Prieta sites, located about 25 and 20 km, respectively, north of the Gramalote site. Carcharhinidae and species of the genus *Sphyrna* also have the euryhaline capacity. Both Huaca Prieta and Cruz Verde, in addition to sharing the same taxa of sharks, are littoral sites characterized by adjacent wetland environments where both brackish and fresh water periodically accumulates in times of inland flooding (as occurs during ENSO events) and during high tides and storm surges. *Carcharhinus leucas*, *Sphyrna tiburo*, *Sphyrna mokarran* (Compagno 1984) and other species were likely caught in these habitats.



Figure 1.- Fisherfolks in a backwater estuary near Malabrigo, Peru, netting fish after a nightly storm.

In turning specifically to Prieto's (2021) proposal for a shark fishery at Gramalote and for attracting and noosing sharks from boats, we are not fully convinced that this technique accounts for the majority of shark remains in early sites. Our reasoning and brief assessment of shark capture follows:

1. We agree with Prieto that fishhooks are unlikely implements to catch medium- to large-sized sharks. Prieto (2015, 2021) indicates that he has recovered four fishhooks made of sea lion bone (*Otariidae*), with an average size of 4.5 cm in length (Prieto 2015: 610, Table 6.14). Research on similar types of fishhooks and on the ocean depth of fishing with them in the Pacific Ocean of coastal Mexico shows that they are ineffective for capturing elasmobranchs (Galeana et al, 2008).

Moreover, along the north coast of Chile, archaeologists have recovered larger, composite, and technologically more resistant and sophisticated fishhooks at several Preceramic (or Archaic) sites (e.g., Alcalde and Flores, 2020) than those documented for the north coast of Peru. In general, few shark remains are reported at Chilean sites, and it is unlikely that fishhooks were used to catch them. As noted by Béarez and colleagues at the middle Holocene site of Zapatero, even large, composite and more resistant fishhooks probably were ineffective for offshore fishing of large pelagic fish such as sharks:

To catch such large fish [billfish and sharks] with a hook and line appears to be unlikely, since most recognized hooks in Zapatero were small in size and made from shell. They would probably not have had enough resistance for the traction exerted by large billfish. Moreover, the presence at Zapatero of sharks, like the mako, which would rapidly cut through any fiber line, suggests that a hook and line was not appropriate for fishing large pelagics sharks. Because, several kinds of spearheads are known from the archaic archaeological sites in the area (Llagostera, 1989), including Zapatero, harpooning seems to be the most likely fishing practice employed for billfishing (Béarez et al, 2016:192).

To the best of our knowledge, no harpoons or spearheads have been found at Preceramic or Initial Period sites on the north coast of Peru and the few shell and/or bone fishhooks retrieved from them are too small and fragile to function as primary instruments to procure large pelagic fish. (Somewhat confusing in Prieto's 2021 article is that he advocates the rattle/noose technique for capturing sharks, yet in Table 4 he lists spearing and netting as techniques used in prehistoric times on the north coast of Peru (Prieto 2021: 17)).

2. Although there is iconographic and ethnohistorical evidence, respectively, of fishing from boats for the late Early Intermediate Period to the Late Horizon (~200-1500 CE), there is no hard evidence of boats for the earlier Preceramic and Initial periods. We do not deny their presence during these periods, but it is difficult to evaluate their technological use as offshore vessels without knowledge of their size and durability. On a minor point, in Prieto's Table 8.1 of NISP values for botanical remains, reference to the raw material for the manufacture of *caballitos de totora* (Prieto, 2015), *Scirpus californicus* "totora" and *Schoenoplectus* sp., is taxonomically ambivalent. That is, remains of cattails at Gramalote were assigned to two synonymous taxa, *Scirpus californicus*, which is the prior name for cattails, and *Schoenoplectus* sp., which is the new scientific name. Since a specific

species was not assigned to these remains, which is a technical oversight at the taxonomic level, it is not clear whether one or two different taxa might have been used for boat building. There also is no hard evidence of ropes of “cabuya” (*Furcraea occidentalis*), which is required to make reed vessels (Rondón et al, 2003). Nine specimens of this fiber are referenced by Prieto (2015: 228, Table 8.1), but their specific characteristics are not described at the microscopic level, which is necessary to make proper species identification.

3. Another technology that might have been used for offshore shark fishing is cotton nets (Prieto, 2015: 607). However, the small number of net fragments recovered at Gramalote and the thinness and probable weakness and fragility of their threads would not have facilitated shark capture, as Prieto also states. Béarez et al, 2016: 192 note that sharks of any size could easily cut through cotton lines and release themselves. Moreover, it seems unlikely that one-to-two persons in small reed boats could capture and hold even moderate-sized sharks for transport to beaches for butchering.
4. Prieto (2021:3-4) mentions that the most important source of marine protein at Huaca Prieta and Paredones was sharks. Except for the late Pleistocene and perhaps the early Holocene periods at Huaca Prieta, various species of bony fish and sea lions constituted the main sources of marine food, not sharks. Prieto (2021:2) also states that the earliest known shark exploitation along the Peruvian coast is in the early Holocene or Archaic period. Prieto does not cite our 2012 and 2017 publications (Dillehay et al, 2012; Vásquez et al, 2017b), presenting preliminary evidence of culturally procured and modified shark bones in the late Pleistocene and early Holocene levels below the artificial mound at Huaca Prieta. Cut and burned bone remains of recovered species are *Galeorhinus* sp., *Alopias vulpinus*, and Carcharhinidae. For this period, we do not know if these species were netted, speared, hooked and/or clubbed near the shoreline from small vessels or captured in backwater estuaries, although we favor the latter technique.

Our excavations at several sites on the north coast have yet to produce any evidence of projectile points or spears, harpoons, fishhooks, rattles and nooses in the late Pleistocene to middle Holocene levels (Dillehay et al, 2012; Dillehay 2011, 2017). A few fishhooks are found at other Preceramic sites on the north coast, yet, as noted above, they were not designed and resistant enough to large fish.

Cotton nets were recovered from mid-Holocene levels by Junius Bird (Bird et al, 1985) and by our project at Huaca Prieta (Dillehay, 2017), yet none

were sufficiently resistant to capture small to medium-sized sharks (see Splitstoser, 2017b) and, as Prieto (2021:14) also notes, the mesh sizes are too small to capture large fish.

5. In citing part of a casual email exchange between Prieto and Dillehay in 2020, Prieto states that: “One night in 2009, Duccio Bonavia and I camped on the beach and witnessed such a [storm] surge. The waves were about 2.5 meters high and pushed at least 200 meters onto the beaches and, in low areas, beyond. Locals say they have caught a few sharks over a meter in length. These storms occur every year, at least along this portion of the coast (Tom Dillehay, personal communication by e-mail, July 2020).” Prieto did not contact Dillehay for permission to publish this quote, and if he had, Dillehay would have given him additional information on Bonavia’s and his experiences with opportunistic shark capture in brackish estuaries and freshwater lagoons.

Since the mid-1970s, we have worked in four coastal valleys of north Peru along a ~130 km strip of the Pacific shoreline and have interviewed numerous fishers, not just one. There is consensus among informants that high tides and occasional storm surges connected the sea to shallow wetlands behind low beach ridges. During these occasions, primarily mullet (*Mugil cephalus*) and catfish (*Galeichthys peruvianus*), but also neretic bony and cartilaginous fish, including small- and medium- sized sharks of the Carcharhinidae family, were washed ashore or swam into the mouths of rivers and wetlands linked to the sea, where they were captured by clubbing or netting (Fig. 1). According to informants, one or two sharks were caught infrequently during these occasions, usually measuring between ~0,6 to 1,2 m in length (Bonavia, field notes, 2009). We also note that Bernabé Cobo, a Spanish priest living in Peru in the early 17th century observed sharks in river deltas along the Peruvian coast. He states:

“There are sharks, both in the sea, as in the mouths of the rivers, where they enter, [they are] very harmful and butcherers, because they have killed and eaten many men’ (cited in Mateos 1964:309).

In referring to catching sharks in wetlands, Prieto states that: It seems unlikely, considering the current knowledge of the paleoclimate records during the Late Preceramic and the Initial Period along the coasts of the Moche and Chicama valleys, that the weather pattern was different from what it is today. Therefore, an environmental scenario wherein shark species frequent brackish waters, estuaries, or lagoons with warmer water is unlikely (Prieto, 2021:14).

First, what paleoclimatic data exists to support this statement? Prieto cites no evidence for this supposition. Second, according to our interdisciplinary paleo-ecological and archaeological studies in the area since 2006, the period between 5500-1500 cal BCE was characterized by the extensive build-up of littoral estuaries and lagoons all along the Chicama coastline and by the presence of moderately dense early to middle Holocene residential and ceremonial sites along their shorelines (Dillehay, 2017b; Goodbred et al, 2017, 2020). Unfortunately, Prieto does not cite these studies, which would have provided him with the most current paleoclimatic and environmental data for the study area. Third, in regard to the Huanchaco area today, he states that “The lack of sharks in present-day coastal waters in the Huanchaco and Huanchaquito areas, where Gramalote is located, prevents modern traditional fishers from focusing on shark fisheries. ¿So, why are there so few sharks in the area today? Is it due to climatic and environmental changes or other variables?

6. Prieto (2018, 2021) continues to note that our voluminous book on Huaca Prieta (Dillehay, 2017) did not cite his doctoral work on shark hunting at Gramalote (Prieto, 2015). He was not cited simply because the pre-published Huaca Prieta manuscript of 3500+ pages were submitted to the University of Texas Press in early 2015 before his dissertation was available for scholarly use. It took the press nearly two years to prepare and publish the 950-page Huaca Prieta book.

Prieto is to be commended for presenting new data and less known details of shark capture in ancient Peru. There is no doubt that sharks were both economically and symbolically important to ancient peoples living along the Andean Pacific littoral. It is possible but very unlikely that the sharks recovered at the Gramalote site were caught at sea from small boats. Until metal fishhooks, more resistant lines, and larger boats were developed, we believe that most sharks were captured in littoral wetlands connected to the sea. Both in the past and present, extensive littoral wetlands existed along the coastline of the Moche Valley where Gramalote is located (e.g.). Until more hard evidence is available on the technologies of the exploitation of shark and other medium -to large-sized marine species along the north coast of Peru, we cannot overly speculate and generalize too widely on the basis of data from just one or a few archaeological sites. We look forward to continuing evaluations of marine resource histories throughout the Andean Pacific region and anticipate that local histories may differ substantially based on solid empirical evidence.

Acknowledgements

We thank Lisa Simpson and Luis Alvaro for commenting on earlier versions of the manuscript. Thanks also are extended to Drs. Steven Goodbred (Vanderbilt University) and Elizabeth Chamberlain (Wageningen University) for their observations of middle to late Holocene-aged wetland deposits in trenches and other drainage cuts in the Chicama Valley and Huanchaco and other coastal areas of the Moche Valley. Finally, our thanks to Juan Castañeda Murga, archaeologist and historian of the Faculty of Social Sciences of the National University of Trujillo

“Son los tiburones, así en la mar, como en las bocas de los ríos, donde entran, muy dañosos y carniceros, porque han muerto y comídose muchos hombres” (Cobo cited in Mateos 1964:309).

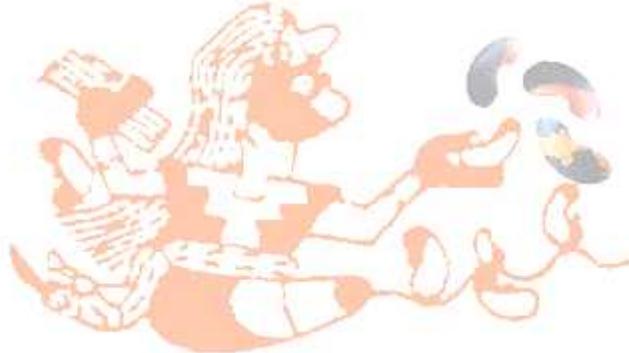
References

- Alcalde V, Flores C (2020): Variabilidad morfológica de anzuelos de concha de *Choromytilus chorus* (8500-4500 cal aP), costa sur del Desierto de Atacama, Taltal, Chile. *Latin American Antiquity* 3: 664-682.
- Béarez P, Fuentes-Mucherl F, Rebolledo S, Salazar D, Olguín L (2016): Billfish foraging along the northern coast of Chile during the Middle Holocene (7400–5900 cal BP). *Journal of Anthropological Archaeology* 41:185–195
- Bird JB, Hyslop J, Skinner MD (1985): *The Preceramic Excavations at Huaca Prieta Chicama Valley Peru*. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History, New York.
- Bonavia D (2009): *Apuntes de Campañas de 2006-2009 en el valle de Chicama*. On file at Vanderbilt University, Nashville, TN.
- Compagno LJV (1984): FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. *FAO Fish. Synopsis* 125(4/2):251-655. Rome: FAO.
- Dillehay TD (editor) (2011): *From Foraging to Farming in the Andes: New Perspectives on Food Production and Social Organization*. Cambridge University Press, London
- Dillehay TD (2017): *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*. University of Texas Press, Austin.
- Dillehay TD, Bonavia D, Goodbred Jr, Pino M, Vásquez V, Rosales Tham T (2012): A late Pleistocene human presence at Huaca Prieta, Peru, and early Pacific Coastal adaptations. *Quaternary Research* 17: 418-423
- Galeana I, Galván F, Gómez R (2008): Influencia del tipo de anzuelo y la profundidad de pesca en la captura con palangre de tiburones y otras especies

- pelágicas al noroeste del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(1): 99-110, abril de 2008.
- Goodbred Jr, Dillehay TD, Galvez Mora C, Sawakuchi O (2020): Transformation of maritime desert to an agricultural center: Holocene environmental change and landscape engineering in Chicama River valley, northern Peru coast. *Quaternary Science Reviews* <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106046>
- Goodbred SL, Beavins R, Ramírez M, Pino M, Sawakuchi AO, Latorre C, Dillehay TD, Bonavia D (2017): Holocene geology and paleoenvironmental history of the lower Chicama valley. In: Dillehay, T.D. (Ed.), *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*. University of Texas Press, pp. 48-87.
- Llagostera A (1989): Caza y pesca marítima (9.000 a 1.000 a. C.). In: Hidalgo, L.J., Schiappacasse, F.V., Niemeyer, F.H., Aldunate del S.C., Solimano, R.I. (Eds.), *Culturas de Chile, Prehistoria: desde sus orígenes hasta los albores de Conquista*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, pp. 57–79.
- Mateos F (1964): *Obras de P. Bernabé Cobo*. Biblioteca de Autores Españoles, Madrid.
- Prieto G (2015): *Gramalote: Domestic life, economy and ritual practices of a Prehispanic maritime community*. PhD diss., Yale University.
- Prieto G (2018): Tom Dillehay (ed.). *Where the land meets the sea: fourteen millennia of human history at Huaca Prieta, Peru*. 2017. Austin: University of Texas Press. *Antiquity* 92: 364.
- Prieto G (2021): Shark fisheries during the second millennium BC in Gramalote, north coast of Peru. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, DOI: 10.1080/15564894.2021.1910386
- Rondón X, Banack SA, Diaz-Huamanchumo W (2003): Ethnobotanical investigation of caballitos (*Schoenoplectus californicus*: Cyperaceae) in Huanchaco, Perú. *Economic Botany* 57(1) pp. 35–47. 2003
- Shoji K, Vásquez V, Rosales T (2019): Animal utilization and change in the Archaic Period of Peruvian North Coast: A perspective from macro remains excavated at the Cruz Verde site. *America Antigua* 22:101–18.
- Sibert EC, Rubin LD (2021): An early Miocene extinction in pelagic sharks. *Science* 372, 1105–1107 (2021).
- Splitstoser J (2017): Twined and Woven Artifacts. In *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*, edited by T.D. Dillehay. University of Texas Press, Austin. pp. 458-524.

Vásquez V, Rosales T, Dillehay TD, Netherly PJ (2017a): Faunal Remains. In *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*. Edited by T.D. Dillehay, University of Texas Press, Austin. Pp.

Vásquez V, Rosales T, Dorado G (2017b): La metodología en el análisis ictioarqueológico y las consecuencias para el conocimiento de la historia de la pesca prehispánica en el Perú Revisión. *Revista ARCHAEOBIOS* N° 11, Vol. 1: 164-178. Diciembre 2017. ISSN 1996-5214



Comentario sobre “Pesquerías de tiburones durante el segundo milenio antes de Cristo en Gramalote, costa norte de Perú”

Víctor F. Vásquez Sánchez¹, Teresa E. Rosales Tham¹, P.J. Netherly² y Tom D. Dillehay^{2,3},

¹ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas, ARQUEOBIOS, Apartado 595, Trujillo, Perú, ² Departamento de Antropología, Universidad de Vanderbilt, Nashville, TN 37240, ³ Escuela de Arqueología, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile

Resumen

Al informar sobre las pesquerías prehistóricas especializadas de tiburones en el sitio del Período Inicial de Gramalote (~1500-1200 cal AC) en la costa norte de Perú, Prieto sugiere que se capturaron cantidades sustanciales de tiburones mediante el uso de cascabeles de concha para atraer y lazos de fibra para capturarlos desde pequeños botes de totora. Aunque su investigación ha hecho una contribución significativa a nuestra comprensión de las industrias pesqueras prehistóricas, basada en datos de sitios tempranos a lo largo del océano Pacífico andino, en condiciones ecológicas pasadas y presentes, con información etnográfica en el área de estudio, creemos que la mayoría de los tiburones fueron capturados de manera oportunista al pescarlos con redes, aporreados y/o arponearlos en humedales litorales conectados intermitentemente al mar por mareas altas y marejadas ciclónicas.

Palabras clave: tiburones, pesca prehistórica, embarcaciones, tecnología pesquera, Perú.

Abstract

In reporting on prehistoric specialized shark fisheries at the Initial Period site of Gramalote (~1500–1200 cal BCE) on the north coast of Peru, Prieto suggests that substantial quantities of sharks were captured by using shell rattles to attract and fiber nooses to capture them from small reed boats. Although his research has made a significant contribution to our understanding of prehistoric fishing industries, based on data from early sites along the Andean Pacific Ocean, on past and present ecological conditions, and on ethnographic information in the study area, we believe that most sharks were caught opportunistically by netting, clubbing and/or spearing them in littoral wetlands intermittently connected to the sea by high tides and storm surges.

Key words: sharks, prehistoric fishing, boats, fishing technology, Peru.

Introducción

Prieto presenta información invaluable y una consideración profunda de diversos conjuntos de datos relacionados con la captura prehistórica de tiburones en la costa norte de Perú, centrándose principalmente en el sitio del Período Inicial de Gramalote (~1500-1200 cal AC; Prieto, 2015, 2021). Sobre la base de cantidades moderadas de restos de fauna en el sitio, propone que los tiburones se obtuvieron en el mar mediante el uso de un cascabel de concha para atraer y lazos de fibra para atraparlos desde pequeñas embarcaciones de totora (caballitos de totora). Dado que no hay evidencia sólida de arpones, lanzas y redes y anzuelos fuertes y resistentes para capturar peces de tamaño mediano a grande durante este período, es posible que un número constante de tiburones haya sido capturado por la técnica de la soga de cascabel durante el Precerámico y Períodos iniciales (~12.000-1500 años a.C.). También es probable que los tiburones fueran capturados de otras formas, como pescando con redes, aporreando y/o arponeándolos en estuarios poco profundos, ~1-2 m de profundidad cerca de las costas donde estos y otros peces entraron ocasionalmente durante las mareas altas y/o fueron capturados y arrastrados durante las marejadas ciclónicas, eventos que ocurren regularmente hoy en día a lo largo de la costa norte (Dillehay et al, 2012; Vásquez et al, 2017b; Fig.1).

Los tiburones ocupan el nivel más alto de la cadena trófica marina, lo que es importante considerar al estudiar sus restos en contextos arqueológicos. También es importante examinar el carácter de sus hábitats específicos y ecosistemas más amplios, así como sus fluctuaciones poblacionales debido a los ciclos climático-oceanográficos que han ocurrido en los últimos milenios, y aplicar la metodología ictio-arqueológica apropiada para inferir cómo, cuándo y dónde fueron capturados. En el Mioceno temprano, hace unos 19 millones de años, ocurrió una extinción de tiburones que provocó cambios significativos en la abundancia y diversidad de estos elasmobranquios, disminuyendo su población en aproximadamente un 90%, un evento del que nunca se recuperaron por completo en la mayoría de las áreas del mundo (Sibert y Rubin, 2021). Se registran cambios continuos en la frecuencia de los restos arqueológicos de tiburones durante un largo período en los sitios costeros de Perú desde el precerámico temprano hasta el intermedio tardío (~14.000 años a.C. – 1500 años d.C.).

Un grupo importante para la observación de cambios en las poblaciones de tiburones es la familia *Carcharhinidae*, que revela números significativos en registros arqueológicos tempranos en la costa norte del Perú, posiblemente debido a la ocurrencia intermitente de eventos ENOS importantes y a la formación de estuarios y lagunas atrasados a finales del Pleistoceno y particularmente en el tiempo del Holoceno temprano a medio, donde varias especies de anfíromas de esta familia fueron y son capaces de habitar aguas salobres o dulces durante largos períodos de tiempo debido a su capacidad eurihalina. Esta capacidad hiperosmorreguladora de los tiburones se desarrolló a través de las funciones integradoras de múltiples órganos (es decir, glándula rectal, riñón, hígado y branquias) y a través de su fisiología ambiental

(Compagno 1984). El tiburón *Carcharhinus leucas* es más conocido por esta fisiología integradora (Shoji et al, 2019), y ha sido identificado en los restos de fauna de los sitios Precerámicos de Cruz Verde y Huaca Prieta, ubicados a unos 25 y 20 km, respectivamente, al norte del sitio Gramalote. *Carcharhinidae* y especies del género *Sphyrna* también tienen la capacidad eurihalina. Tanto Huaca Prieta como Cruz Verde, además de compartir los mismos taxones de tiburones, son sitios litorales caracterizados por ambientes de humedales adyacentes donde tanto el agua salobre como el agua dulce se acumula periódicamente en épocas de inundaciones tierra adentro (como ocurre durante los eventos ENOS) y durante las mareas altas y las mareas de tormenta. *Carcharhinus leucas*, *Sphyrna tiburo*, *Sphyrna mokarran* (Compagno 1984) y otras especies probablemente fueron capturadas en estos hábitats.



Figura 1.- Pescadores en un estuario remanso cerca de Malabrigo, Perú, pescando con redes después de una tormenta nocturna

Al referirnos específicamente a la propuesta de Prieto (2021) para una pesquería de tiburones en Gramalote y para atraer tiburones y lazarlos desde las embarcaciones, no estamos completamente convencidos de que esta técnica represente a la mayoría de los restos de tiburones en los sitios tempranos. Nuestro razonamiento y breve evaluación de la captura de tiburones es el siguiente:

1. Estamos de acuerdo con Prieto en que es poco probable que los anzuelos sean instrumentos para capturar tiburones de tamaño mediano a grande. Prieto (2015, 2021) indica que ha recuperado cuatro anzuelos hechos con hueso de lobo marino (*Otariidae*), con un tamaño promedio de 4,5 cm de largo (Prieto, 2015: 610, Cuadro 6.14). La investigación sobre tipos similares de anzuelos y sobre la profundidad del océano cuando se pescan con ellos en el océano Pacífico de la costa de México muestra que son ineficaces para capturar elasmobranchios (Galeana et al, 2008).

Además, a lo largo de la costa norte de Chile, los arqueólogos han recuperado anzuelos más grandes, compuestos y tecnológicamente más resistentes y sofisticados en varios sitios precerámicos (o arcaicos) (por ejemplo, Alcalde y Flores, 2020) que los documentados para la costa

norte de Perú. En general, se reportan pocos restos de tiburones en los sitios chilenos y es poco probable que se hayan utilizado anzuelos para capturarlos. Como señalaron Béarez et al, 2016 en el sitio de Zapatero del Holoceno medio, incluso los anzuelos grandes, compuestos y más resistentes probablemente fueron ineficaces para la pesca en alta mar de grandes peces pelágicos como los tiburones:

La captura de peces tan grandes [merlines y tiburones] con un anzuelo y una línea parece poco probable, ya que la mayoría de los anzuelos reconocidos en Zapatero eran de tamaño pequeño y estaban hechos de concha. Probablemente no habrían tenido suficiente resistencia para la tracción ejercida por grandes merlines. Además, la presencia en Zapatero de tiburones, como el marrajo, que puede cortar rápidamente a través de cualquier línea de fibra, sugiere que un anzuelo y una línea no son apropiados para la pesca de grandes tiburones pelágicos. Porque se conocen varios tipos de puntas de lanza en los sitios arqueológicos arcaicos de la zona (Llagostera, 1989), incluido Zapatero, el arponeo parece ser la práctica de pesca más probable empleada para la pesca de merlín (Béarez et al, 2016: 192).

Hasta donde sabemos, no se han encontrado arpones ni puntas de lanza en sitios precerámicos o del período inicial en la costa norte del Perú y las pocas conchas y/o anzuelos de huesos recuperados de ellos son demasiado pequeños y frágiles para funcionar como instrumentos para la obtención de grandes pelágicos. (Algo confuso en el artículo de Prieto de 2021 es que él defiende la técnica del sonajero/soga para capturar tiburones, sin embargo, en la Tabla 4 enumera arponeo y redes como técnicas utilizadas en tiempos prehistóricos en la costa norte del Perú (Prieto, 2021: 17).

2. Aunque hay evidencia iconográfica y etnohistórica, respectivamente, de pesca desde embarcaciones desde finales del período intermedio temprano hasta el horizonte tardío (~200-1500 años d.C.), no hay evidencia contundente de embarcaciones para el precerámico temprano y período inicial. No negamos su presencia durante estos períodos, pero es difícil evaluar su uso tecnológico como embarcaciones de altamar, sin conocer su tamaño y durabilidad.

En un punto menor, en la tabla 8.1 de Prieto de valores NISP para restos botánicos, la referencia a la materia prima para la fabricación de caballitos de totora (Prieto, 2015), *Scirpus californicus* "totora" y *Schoenoplectus* sp., es taxonómicamente ambivalente. Es decir, los restos de "totora" en Gramalote se asignaron a dos taxones sinónimos, *Scirpus californicus*, que es el nombre anterior de la "totora", y *Schoenoplectus* sp., que es el nuevo nombre científico. Dado que no se asignó una especie específica a estos restos, lo cual es una supervisión técnica a nivel taxonómico, no está claro si uno o dos taxones diferentes podrían haberse utilizado para la construcción de embarcaciones.

Tampoco hay evidencia contundente de cuerdas de "cabuya" (*Furcraea occidentalis*), que se requiere para hacer caballitos de totora (Rondón et al, 2003). Prieto (2015: 228, Cuadro 8.1) hace referencia a nueve especímenes de esta fibra, pero sus características específicas no se

describen a nivel microscópico, lo cual es necesario para realizar una identificación adecuada de esta especie.

3. Otra tecnología que podría haberse utilizado para la pesca de tiburones en alta mar son las redes de algodón (Prieto, 2015: 607). Sin embargo, el pequeño número de fragmentos de red recuperados en Gramalote y la delgadez y probable debilidad y fragilidad de sus hilos no habrían facilitado la captura de tiburones, como también afirma Prieto. Béarez et al, (2016: 192) tiene en cuenta que los tiburones de cualquier tamaño pueden cortar fácilmente las líneas de algodón y liberarse. Además, parece poco probable que una o dos personas en pequeñas embarcaciones de totora puedan capturar y retener tiburones de tamaño moderado para transportarlos a las playas para su destazamiento.
4. Prieto (2021: 3-4) menciona que la fuente más importante de proteína marina en Huaca Prieta y Paredones eran los tiburones. Excepto para el Pleistoceno tardío y quizás el Holoceno temprano en Huaca Prieta, donde varias especies de peces óseos y leones marinos constituyeron las principales fuentes de alimento marino, y no los tiburones. Prieto (2021: 2) también afirma que la explotación de tiburones más antigua conocida a lo largo de la costa peruana se encuentra en el Holoceno temprano o en el período arcaico. Prieto, no cita nuestras publicaciones de 2012 y 2017 (Dillehay et al, 2012; Vásquez et al, 2017b), que presentan evidencia preliminar de huesos de tiburón modificados y adquiridos culturalmente en los niveles del Pleistoceno tardío y Holoceno temprano debajo del montículo artificial en Huaca Prieta. Los restos óseos cortados y quemados de especies recuperadas son *Galeorhinus sp.*, *Alopias vulpinus* y *Carcharhinidae*. Para este período, no sabemos si estas especies fueron capturadas con redes, lanzas, anzuelos y/o apaleadas cerca de la costa desde pequeñas embarcaciones o capturadas en estuarios remansos, aunque preferimos esta última técnica.

Nuestras excavaciones en varios sitios de la costa norte aún no han producido ninguna evidencia de puntas de proyectil o lanzas, arpones, anzuelos, cascabeles y sogas en los niveles del Pleistoceno tardío al Holoceno medio (Dillehay et al, 2012; Dillehay 2011, 2017). Algunos anzuelos se encuentran en otros sitios precerámicos en la costa norte, sin embargo, como se señaló anteriormente, no fueron diseñados, ni son lo suficientemente resistentes para peces grandes.

Junius Bird (Bird et al, 1985) y nuestro proyecto en Huaca Prieta (Dillehay 2017) recuperaron redes de algodón de los niveles del Holoceno medio, pero ninguna fue lo suficientemente resistente para capturar tiburones de tamaño pequeño a mediano (ver Splitstoser 2017) y, como también señala Prieto (2021: 14), los tamaños de malla son demasiado pequeños para capturar peces grandes.

5. Al citar parte de un intercambio casual de correo electrónico entre Prieto y Dillehay en 2020, Prieto afirma que: “Una noche de 2009, Duccio Bonavia y yo acampamos en la playa y fuimos testigos de una marejada [de tormenta]. Las olas tenían unos 2,5 metros de altura y empujaban al menos 200 metros hacia las playas y, en áreas bajas, más allá. Los lugareños dicen que han capturado algunos tiburones de más de un metro de largo. Estas tormentas ocurren todos los años, al menos a lo

largo de esta parte de la costa (Tom Dillehay, comunicación personal por correo electrónico, julio de 2020)". Prieto no se comunicó con Dillehay para pedirle permiso para publicar esta cita, y si lo hubiera hecho, Dillehay le habría dado información adicional sobre Bonavia y sus experiencias con la captura oportunista de tiburones en estuarios salobres y lagunas de agua dulce.

Desde mediados de la década de 1970, hemos trabajado en cuatro valles costeros del norte de Perú a lo largo de una franja de ~130 km de la costa del Pacífico y hemos entrevistado a numerosos pescadores, no solo a uno. Existe consenso entre los informantes de que las mareas altas y las marejadas ocasionales conectaban el mar con los humedales poco profundos detrás de las crestas de las playas bajas. Durante estas ocasiones, principalmente lisas (*Mugil cephalus*) y bagres (*Galeichthys peruvianus*), pero también peces neríticos óseos y cartilagosos, incluidos tiburones pequeños y medianos de la familia *Carcharhinidae*, fueron arrastrados a la orilla o nadaron a las desembocaduras de ríos y humedales vinculados al mar, donde fueron capturados con palos o redes (Fig. 1). Según los informantes, uno o dos tiburones fueron capturados con poca frecuencia durante estas ocasiones, por lo general midiendo entre ~0,6 y 1,2 m de longitud (Bonavia, notas de campo, 2009). También notamos que Bernabé Cobo, un sacerdote español que vivió en Perú a principios del siglo XVII, observó tiburones en los deltas de los ríos a lo largo de la costa peruana. Él afirma:

"Hay tiburones, tanto en el mar como en las desembocaduras de los ríos, por donde entran, [ellos son] muy dañinos y carniceros, porque han matado y comido a muchos hombres " (citado en Mateos 1964: 309).

Al referirse a la captura de tiburones en humedales, Prieto afirma que: Parece improbable, considerando el conocimiento actual de los registros paleoclimáticos durante el precerámico tardío y período inicial a lo largo de las costas de los valles Moche y Chicama, que el clima patrón era diferente de lo que es hoy. Por lo tanto, un escenario ambiental en el que las especies de tiburones frecuenten aguas salobres, estuarios o lagunas con aguas más cálidas, es poco probable (Prieto, 2021: 14).

Primero, ¿qué datos paleoclimáticos existen para respaldar esta afirmación? Prieto, no cita evidencia por esta suposición. En segundo lugar, de acuerdo con nuestros estudios interdisciplinarios paleoecológicos y estudios arqueológicos en el área desde 2006, el período entre 5500-1500 cal AC fue caracterizada por la extensa acumulación de estuarios y lagunas litorales a lo largo de la costa del valle de Chicama y por la presencia de moderadamente densos sitios residenciales y ceremoniales en el Holoceno temprano a medio, a lo largo de sus costas (Dillehay 2017; Goodbred et al. 2017, 2020). Desafortunadamente, Prieto no cita estos estudios, que le habrían proveído de los datos paleoclimáticos y ambientales más actuales para la zona de estudio. En tercer lugar, en lo que respecta al área de Huanchaco hoy, afirma que "La falta de tiburones en aguas costeras actuales en las áreas de Huanchaco y Huanchaquito, donde se encuentra ubicado Gramalote, evita que los pescadores tradicionales modernos se centren en las pesquerías de tiburones". ¿Entonces porque

hay tan pocos tiburones en la zona hoy? ¿Se debe a cambios climáticos y ambientales u otras variables?

6. Prieto (2018, 2021) continúa señalando que nuestro voluminoso libro sobre Huaca Prieta (Dillehay, 2017) no citó su trabajo doctoral sobre la caza de tiburones en Gramalote (Prieto, 2015). No fue citado simplemente porque el manuscrito de Huaca Prieta prepublicado de más de 3500 páginas se envió a la Universidad de Texas Prensa a principios de 2015 antes de que su disertación estuviera disponible para uso académico. La prensa tardó casi dos años en preparar y publicar el libro Huaca Prieta de 950 páginas.

Prieto es digno de elogio por presentar nuevos datos y detalles menos conocidos de la captura de tiburones en el antiguo Perú. No hay duda de que los tiburones eran económica y simbólicamente importantes para los pueblos antiguos que vivían a lo largo del litoral del pacífico andino. Es posible, pero muy poco probable, que los tiburones recuperados en el sitio de Gramalote fueran capturados en el mar en pequeñas embarcaciones. Hasta que se desarrollaron anzuelos de metal, líneas más resistentes y embarcaciones más grandes, creemos que la mayoría de los tiburones fueron capturados en humedales litorales conectados al mar. Tanto en el pasado como en el presente, existían extensos humedales litorales a lo largo de la costa del valle de Moche, donde se encuentra Gramalote (por ejemplo). Hasta que no se disponga de evidencia más sólida sobre las tecnologías de explotación de tiburones y otras especies marinas de tamaño mediano a grande a lo largo de la costa norte de Perú, no podemos especular y generalizar demasiado sobre la base de datos de solo uno o unos pocos sitios arqueológicos. Esperamos continuar con las evaluaciones de la historia de los recursos marinos en toda la región del Pacífico Andino y anticipamos que las historias locales pueden diferir sustancialmente en base a evidencia empírica sólida.

Agradecimientos

Agradecemos a Lisa Simpson y Luis Álvaro por comentar las versiones anteriores del manuscrito. También agradecemos a los Dres. Steven Goodbred (Universidad de Vanderbilt) y Elizabeth Chamberlain (Wageningen University) por sus observaciones de depósitos de humedales del Holoceno medio a tardío en zanjas y otros cortes de drenaje en el Valle de Chicama y Huanchaco y otras áreas costeras del Valle de Moche. Finalmente, nuestro agradecimiento a Juan Castañeda Murga, arqueólogo e historiador de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Trujillo.

“Son los tiburones, así en la mar, como en las bocas de los ríos, donde entran, muy dañosos y carniceros, porque han muerto y comídose muchos hombres” (Cobo citado en Mateos 1964: 309).

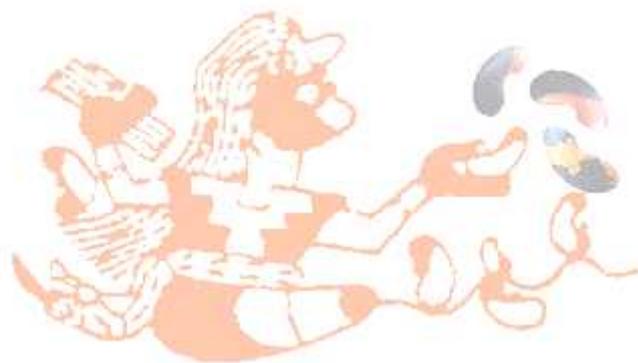
Referencias Bibliográficas

Alcalde V, Flores C (2020): Variabilidad morfológica de anzuelos de concha de *Choromytilus chorus* (8500-4500 cal aP), costa sur del Desierto de Atacama, Taltal, Chile. *Latin American Antiquity* 3: 664-682.

Béarez P, Fuentes-Mucherl F, Rebolledo S, Salazar D, Olgún L (2016): Billfish foraging along the northern coast of Chile during the Middle Holocene (7400–5900 cal BP). *Journal of Anthropological Archaeology* 41:185–195

- Bird JB, Hyslop J, Skinner MD (1985): *The Preceramic Excavations at Huaca Prieta Chicama Valley Peru*. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History, New York.
- Bonavia D (2009): *Apuntes de Campañas de 2006-2009 en el valle de Chicama*. On file at Vanderbilt University, Nashville, TN.
- Compagno LJV (1984): FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. *FAO Fish. Synopsis* 125(4/2):251-655. Rome: FAO.
- Dillehay TD (editor) (2011): *From Foraging to Farming in the Andes: New Perspectives on Food Production and Social Organization*. Cambridge University Press, London
- Dillehay TD (2017): *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*. University of Texas Press, Austin.
- Dillehay TD, Bonavia D, Goodbred Jr, Pino M, Vásquez V, Rosales T (2012): A late Pleistocene human presence at Huaca Prieta, Peru, and early Pacific Coastal adaptations. *Quaternary Research* 17: 418-423
- Galeana I, Galván F, Gómez R (2008): Influencia del tipo de anzuelo y la profundidad de pesca en la captura con palangre de tiburones y otras especies pelágicas al noroeste del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(1): 99-110, abril de 2008
- Goodbred Jr, Dillehay TD, Galvez Mora C, Sawakuchi O (2020): Transformation of maritime desert to an agricultural center: Holocene environmental change and landscape engineering in Chicama River valley, northern Peru coast. *Quaternary Science Reviews*
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106046>
- Goodbred SL, Beavins R, Ramirez M, Pino M, Sawakuchi AO, Latorre C, Dillehay TD, Bonavia D (2017): Holocene geology and paleoenvironmental history of the lower Chicama valley. In: Dillehay, T.D. (Ed.), *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*. University of Texas Press, pp. 48-87.
- Llagostera A (1989): Caza y pesca marítima (9.000 a 1.000 a. C.). In: Hidalgo, L.J., Schiappacasse, F.V., Niemeyer, F.H., Aldunate del S.C., Solimano, R.I. (Eds.), *Culturas de Chile, Prehistoria: desde sus orígenes hasta los albores de Conquista*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, pp. 57-79.
- Mateos F (1964): *Obras de P. Bernabé Cobo*. Biblioteca de Autores Españoles, Madrid.
- Prieto G (2015): *Gramalote: Domestic life, economy and ritual practices of a Prehispanic maritime community*. PhD diss., Yale University.

- Prieto G (2018): Review of Tom Dillehay (ed.). Where the land meets the sea: fourteen millennia of human history at Huaca Prieta, Peru. 2017. Austin: University of Texas Press. *Antiquity* 92: 364.
- Prieto G (2021): Shark fisheries during the second millennium BC in Gramalote, north coast of Peru. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, DOI: 10.1080/15564894.2021.1910386
- Rondón X, Banack SA, Díaz-Huamanchumo W (2003): Ethnobotanical investigation of caballitos (*Schoenoplectus californicus*: Cyperaceae) in Huanchaco, Perú. *Economic Botany* 57(1) pp. 35–47. 2003
- Shoji K, Vásquez V, Rosales T (2019): Animal utilization and change in the Archaic Period of Peruvian North Coast: A perspective from macro remains excavated at the Cruz Verde site. *América Antigua* 22:101–18.
- Sibert EC, Rubin LD (2021): An early Miocene extinction in pelagic sharks. *Science* 372, 1105–1107.
- Splitstoser J (2017): Twined and Woven Artifacts. In *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*, edited by T.D. Dillehay. University of Texas Press, Austin. pp. 458-524.
- Vásquez V, Rosales T, Dillehay TD, Netherly PJ (2017a): Faunal Remains. In: *Between the Land and the Sea: Fourteen Millennia of Human History in North Peru*. Edited by T.D. Dillehay, University of Texas Press, Austin. Pp. 197-366.
- Vásquez V, Rosales T, Dorado G (2017b): La metodología en el análisis ictioarqueológico y las consecuencias para el conocimiento de la historia de la pesca prehispánica en el Perú Revisión. *Revista ARCHAEOBIOS* N° 11, Vol. 1: 164-178. Diciembre 2017. ISSN 1996-5214.



Molecular biology to infer phenotypes of forensic and ancient remains in bioarchaeology – Review

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

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

Abstract

The phenotype is the result of the interaction of the genotype with epigenetic factors and the environment. It has been considered that genetics is responsible for >70% of facial phenotype. Interestingly, besides sequencing nucleic acids, it is possible to generate DNA methylation maps of ancient remains, to determine phenotypes. Other application areas are medicine, forensics and law-enforcement. Thus, breakthroughs in nucleic-acid analyses are allowing to determine the phenotype from genotypic data. That is also being facilitated by developments in software (including parallel processing) and hardware, including neural engines (neural-network hardware). New strategies involving artificial intelligence and machine learning have been also deployed to reach such a goal. Phenotyping is a challenging task, on the edge of current technology. Promising results have already been obtained, including prediction of Neanderthal (*Homo sapiens neanderthalensis*) and Denisovan (*Homo sapiens denisova*) faces. The future is promising in this research area, in which ethical and legal implications should also be considered.

Key words: mutations, DNA, RNA, genome-wide association studies, single-nucleotide polymorphisms, quantitative-trait loci, molecular photofitting, physical appearance, biogeographic ancestry, paleogenomics, paleotranscriptomics.

Resumen

El fenotipo es el resultado de la interacción del genotipo con factores epigenéticos y el medio ambiente. Se ha considerado que la genética es responsable de >70% del fenotipo facial. Curiosamente, además de secuenciar ácidos nucleicos, es posible generar mapas de metilación de ADN de restos antiguos, para determinar fenotipos.

Otras áreas de aplicación son la medicina, ciencia forense y control del cumplimiento de la ley. Así, los avances en el estudio de ácidos nucleicos están permitiendo determinar el fenotipo a partir de datos genotípicos. Ello también se ve facilitado por los desarrollos en software (incluido el procesamiento paralelo) y hardware, incluidos los motores neuronales (hardware de redes neuronales). También se han implementado nuevas estrategias, involucrando inteligencia artificial y aprendizaje automático, para alcanzar dicho objetivo. El fenotipado es una tarea desafiante, a la vanguardia de la tecnología actual. Ya se han obtenido resultados prometedores, incluida la predicción de caras de neandertales (*Homo sapiens neanderthalensis*) y denisovanos (*Homo sapiens denisova*). El futuro es prometedor en esta área de investigación, en la que también se deben considerar las implicaciones éticas y legales.

Palabras clave: mutaciones, ADN, ARN, estudios de asociación del genoma completo, polimorfismos de un solo nucleótido, loci de rasgos cuantitativos, fototipificación molecular, apariencia física, ascendencia biogeográfica, paleogenómica, paleotranscriptómica.

Introduction

The genotype is the genomic composition of biological entities like virusoids, viroids, viruses and cells. It includes: i) main genome; ii) plasmids (mostly in eubacteria prokaryotes, but sometimes also in archaea prokaryotes and eukaryotes); iii) organelle (mitochondria and chloroplasts) genomes in eukaryotes; and iv) plasmids of organelles. The word genotype was coined in 1903 by the Danish botanist Wilhelm Johannsen (Johannsen, 1903). Genes within the genome are unique for haploid cells, but may exhibit the same (homozygous) or different (heterozygous) alleles if two (diploid) or more (polyploid) sets are present within the same cell, or across the species population. August Weismann (1834-1914) noticed that pluricellular organisms may contain somatic cells (that build the body), as well as germ cells (carrying heredity) (Winther, 2001).

On the other hand, observable features of biological entities are called phenotype. The genotype-phenotype duality was proposed by Wilhelm Johannsen (Johannsen, 1911). Yet, the phenotype may not be determined by the genotype alone. Other involved elements may be the environment (which is not inherited) and epigenetic factors, which may be inherited. Therefore, organisms with the same genotype may look or behave differently. On the other hand, organisms with different genotypes may look alike. It has been considered that genetics is responsible for >70% of facial phenotype (Djordjevic et al, 2016). Phenotypes are visible for current biological entities, but may not be available for forensic or ancient samples. Thus, it may be useful to infer phenotypes from the genotypes in such scenarios. This topic is currently in the frontier of knowledge, being actively investigated. There is a wide interest in this area. That includes basic knowledge for studies of both modern and ancient samples, as well as applications in medicine, besides forensics and law-enforcement areas. Indeed, interesting research results have recently been published in this fascinating topic, as described below.

Phenotyping modern intact DNA

Phenotype prediction from genetic information is called phenotyping. That can be accomplished using genotyping data generated with molecular markers, including nucleic-acid sequencing (Scudder et al, 2018), which actually is the ultimate genotyping technology, as we have reviewed (Dorado et al, 2021). Indeed, the First-Generation Sequencing (FGS) represented a revolution, to which we have contributed (Lario et al, 1997), since it allowed to read genetic information for the first time, including the Human Genome Project. The Second-Generation Sequencing (SGS) further improved throughput and reduced cost, allowing to sequence ancient genomes for the first time, as we have reviewed (Dorado et al, 2015). Finally, the Third-Generation Sequencing (TGS) allowed to directly sequence nucleic acids, without previous retrotranscription or amplification. That makes possible to directly sequence ancient RNA (aRNA), as we have reviewed (Dorado et al, 2016; 2020). Phenotyping is also known as molecular photofitting in forensic science, when applied to infer the physical appearance and biogeographic ancestry. But phenotyping is not an easy task. The rationale is that we do not fully understand how genes work and interact with the environment, to produce phenotypes.

To gain knowledge on this research area, significant genetic variants associated with a particular trait can be discovered, using Genome-Wide Association Studies (GWAS). Thus, molecular markers associated to traits of interest can be identified (Fagertun et al, 2015; Kayser, 2015; Marcinska et al, 2015; Wolinsky, 2015; Adhikari et al, 2016; Cole et al, 2016; Roosenboom et al, 2016, 2018; Shaffer et al, 2016; Lee et al, 2017; Tsagkrasoulis et al, 2017; Cha et al, 2018; Claes et al, 2018; Indencleef et al, 2018; Qiao et al, 2018; Richmond et al, 2018; Rolfe et al, 2018; Wang, 2018; Weinberg et al, 2018; Bohringer and DeJong, 2019; Hebring, 2019; Li et al, 2019; Long et al, 2019; Sero et al, 2019; Wu et al, 2019; Xiong et al, 2019; Balanovska et al, 2020; Pospiech et al, 2020; White et al, 2020; Bonfante et al, 2021; Liu et al, 2021; Naqvi et al, 2021). Among them, Single-Nucleotide Polymorphisms (SNP) can be particularly relevant, since they are usually abundant across genomes. Likewise, Quantitative Trait Loci (QTL) can be useful. Thus, they allow to link molecular markers with quantitative traits in phenotypes. Additionally, mathematical models can be designed to predict phenotypes, from genotypic data.

Recent developments in computing, in general, and bioinformatics, in particular, can be also useful in phenotyping research (DeJong et al, 2018). Among them are multivariate statistical approaches, like Principal-Components Analysis (PCA) (Shui et al, 2017; Crouch et al, 2018), multilevel PCA (mPCA) (Farnell et al, 2020) and toolboxes for integrative analyses (White et al, 2019; Li et al, 2020). Additionally, the term Artificial Intelligence (AI) was coined by John McCarthy in 1956. Thus, AI tries to analyze data and generate results to achieve a particular goal (Legg and Hutter, 2007). Therefore, it mimics human cognitive functions, like learning and problem solving (Russell and Norvig, 2020). On the other hand, the term Machine Learning (ML) was coined by Arthur Samuel in 1959. ML is the part of AI that develops algorithms that can be empirically and automatically improved. This way, the machine is trained with data, gaining new experience to optimize results. Thus,

predictions can be made for new scenarios, that may not have been specifically programmed in advance. That differentiates ML from traditional computing, that only works with pre-programmed algorithms (Alpaydin, 2020; Hu et al, 2020).

Such developments in computing software have been facilitated thanks to hardware improvements, in general, and microprocessors, in particular. Among them are: i) increasing microprocessor clock frequency to generate pulses (clock rate); ii) reducing microprocessor lithographic node; and iii) incrementing the number of cores in multicore (a few) and manycore (high number) of Central-Processing Units (CPU) and Graphics-Processing Units (GPU), allowing parallel processing. Dedicated neural-network hardware is another interesting development. That includes the Neural Engine from manufacturers like Apple <<https://www.apple.com>>. For instance, the one of the ARM-based Apple Silicon M1 microprocessor is capable of executing 11,000 milliard operations per second, being used for machine learning tasks. Indeed, phenotyping is a multidisciplinary science, including biology, bioinformatics, ethics and law (Claes and Shriver, 2014) (Fig. 1).

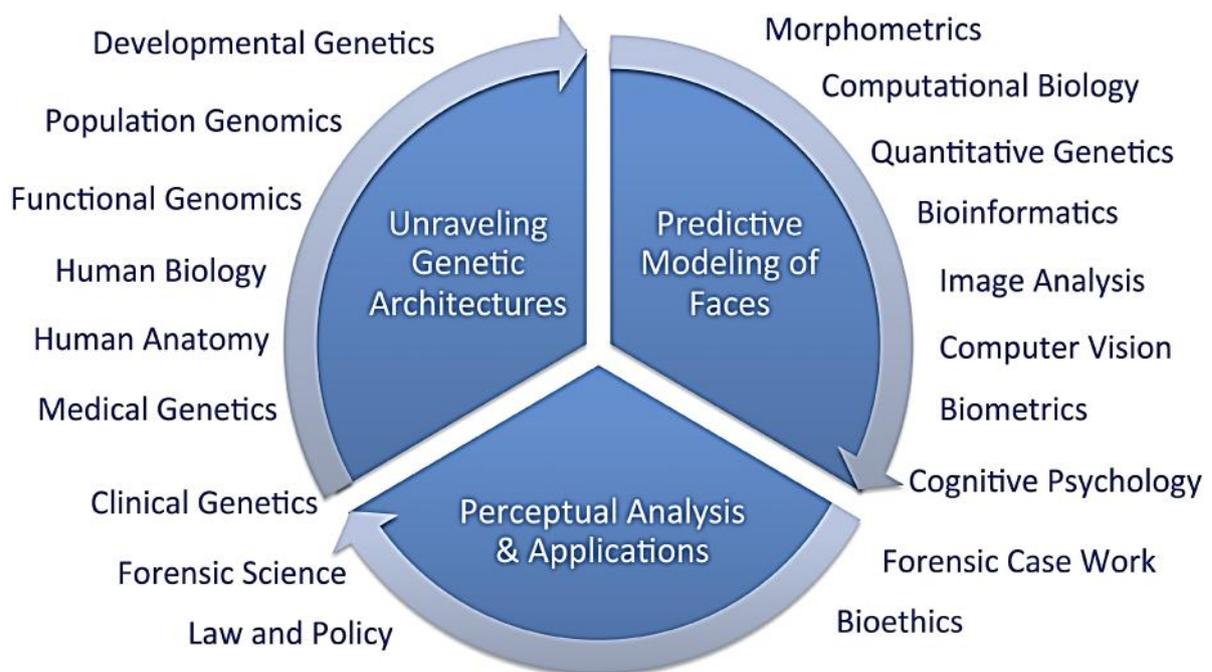


Figure 1.- Phenotyping framework. Predicting facial features from DNA data is a multidisciplinary science, involving many knowledge areas. © Public Library of Science (PLoS; Claes and Shriver, 2014).

Some interesting examples of phenotyping have been already published, exploiting such technologies. For instance, just 24 SNP associated to facial variation were used for the first time to infer human faces. They used Bootstrapped Response-based Imputation Modeling (BRIM). As the authors acknowledged, facial prediction

using genotyping data is challenging, but results are promising (Claes et al, 2014a-b). A further step in DNA phenotyping was carried out sequencing whole human genomes, involving the prestigious Craig Venter Institute (Lippert et al, 2017).

Phenotyping forensic and ancient DNA

It is known that the melanocortin 1 receptor (MC1R) is related to pigmentation. Thus, a fragment of the *MC1R* gen from Neanderthal bone remains was amplified, by Polymerase Chain-Reaction (PCR). Interestingly, amplicon sequencing revealed that they contained a mutation producing pale skin and red hair (redhead). It was concluded that at least 1% of homozygous Neanderthals may have had such phenotype (Lalueza-Fox et al, 2007). Since phenotyping modern intact DNA is challenging, much more can be using forensic and ancient DNA (aDNA), which is typically damaged, both physically (short fragments) and chemically (modified nucleotide bases).

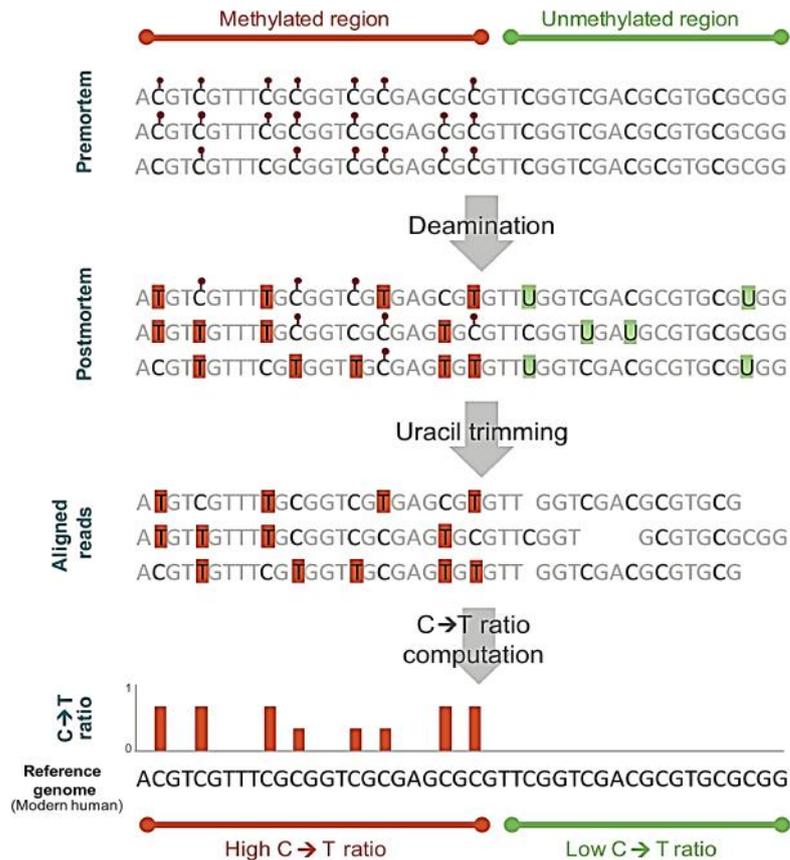


Figure 2.- Identification of aDNA methylation. Premortem DNA may contain methylated and unmethylated cytosines. Postmortem taphonomic scenarios may cause cytosine deamination. Uracil trimming allows to remove such bases in aligned sequencing reads. Finally, C to T transition ratios are used as proxies for reconstructing ancient methylation, aligning to modern reference genomes. © American Association for the Advancement of Science (Gokhman et al, 2014).

A first step to overcome such problems was carried out generating DNA methylation maps of Neanderthal (*Homo sapiens neanderthalensis*) and Denisovan (*Homo sapiens denisova*) remains. Yet, such a goal may not be directly reached, as can be accomplished with modern DNA. Indeed, as said, aDNA may be chemically damaged. Thus, cytosine deamination generates either uracils or thymines (from unmethylated or methylated cytosines, respectively). Uracils can be trimmed, but higher thymine reads are expected in positions with premortem methylated cytosines, as compared to unmethylated positions. Therefore, CpG → TpG transitions are a useful proxy for aDNA methylation in ancient DNA (Gokhman et al, 2014, 2016; Hernando-Herraez et al, 2015; Orlando et al, 2015; Seguin-Orlando et al, 2015; Smith et al, 2015; Hanghoj et al, 2016, 2019) (Fig. 2).

This methodology was further used to infer the skeletal and facial anatomy of Neanderthals and Denisovans. Thus, methylation changes in archaic humans, chimpanzees and modern humans were identified. Gene expression was scored, considering that promoter hypermethylation represses genes. Such downregulation is associated to known mutations causing loss-of-function. Three unidirectional filters allow to predict morphological changes. Skeletal profiles of Neanderthals and chimpanzees were reconstructed, taking into account known morphologies. Furthermore, the accuracy, precision and sensitivity of the method were evaluated (Gokhman et al, 2019) (Fig. 3).

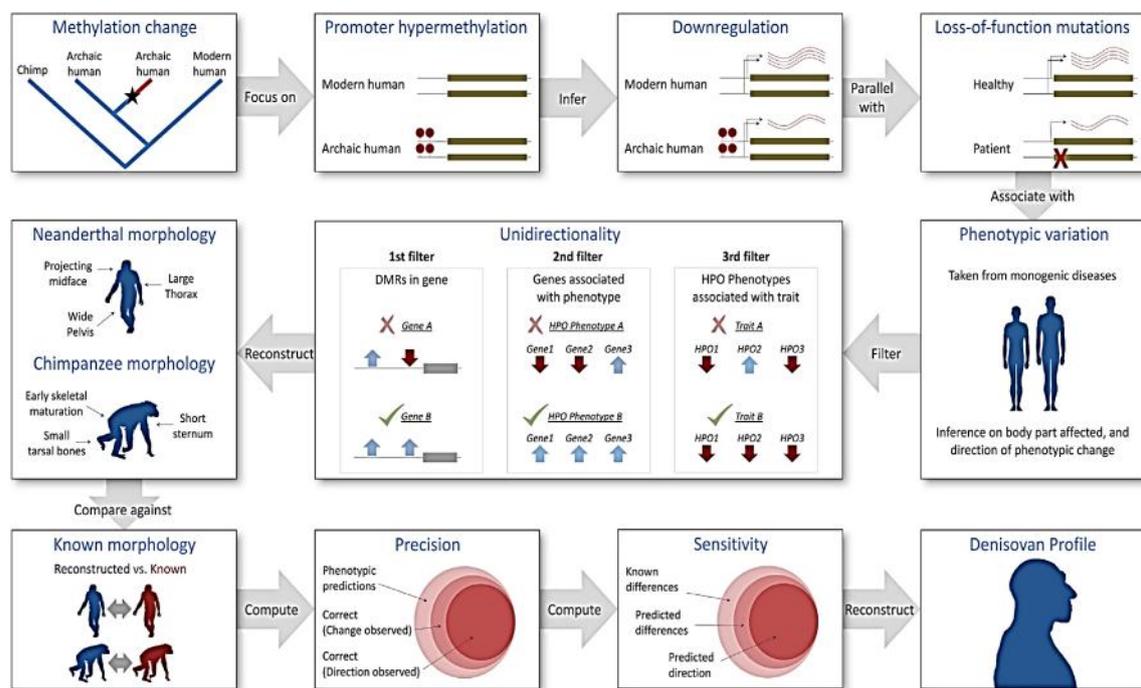


Figure 3.- Workflow to infer Denisovan anatomy from DNA methylation changes. Boxes: 1 to 5) methylation changes were linked to phenotypes; 6) three unidirectionality filters were applied; 7 to 10) accuracy was computed; and 11) Denisovan profile was predicted. © Elsevier (Gokhman et al, 2019).

Interestingly, differential hypermethylation of voice- and face-related genes have also been found between modern humans, when compared to ancient hominids (Neanderthals and Denisovans), as well as modern great apes (chimpanzees). Therefore, it has been proposed that they played a key role in human evolution, shaping our vocal tract and face (Gokhman et al, 2020). DNA methylation patterns can also be used to predict age (Zbiec-Piekarska et al, 2015) and diseases like schizophrenia (Banerjee et al, 2018, 2019), as well as gene expression of ancient samples (Batyrev et al, 2019; Hahn et al, 2020; Liu et al, 2020; Mathov et al 2020; Rubi et al, 2020). That has implications for ancient environments and life styles (Gokhman et al 2017). Likewise, gene regulation in modern and archaic samples can be inferred using indirect approaches (Yan and McCoy, 2020) and trained statistical models (Colbran et al, 2019).

On the other hand, self-domestication is defined as a behavioral process involving reduced aggression and increased collaboration, as shown by hominids like bonobos and humans (Wrangham, 2003). Interestingly, molecular biology applied to archaic and modern humans have shown that the Bromodomain Adjacent to Zinc-finger domain 1B (*BAZ1B*) gene was involved in self-domestication, being a master regulator of modern human face (Zanella et al, 2019). Therefore, methodologies involving both archaeology and molecular biology, including paleogenomics, paleotranscriptomics and paleoproteomics, as we have reviewed (Dorado et al, 2007-2014, 2017, 2018, 2019), have allowed to infer faces of archaic hominids, like Neanderthals and Denisovans (Fig 4).



Figure 4.- Prediction of Neanderthal and Denisovan faces. From left to right: artist's reconstruction of adolescent and adult females of such subspecies, respectively. © 2019 Royal Pavilion & Museums; Brighton & Hove (left) and Maayan Harel (right).

Concluding remarks and future prospects

Recent developments in archaeology, molecular biology, software and hardware are allowing to carry out scientific projects that were not previously possible. One of them is to infer faces of modern or archaic humans, from their genomes. This genotypic-based phenotypic prediction is challenging, being in the limit of what is currently possible. Yet, some interesting accomplishments in this area have already been published, with promising results. A more accurate phenotypic prediction should be possible with the optimization of current technologies and development of new ones. Among them are: i) structural genomics, including non-coding DNA and identification of all genes present in genomes; ii) functional genomics, including implications of spurious or generalized transcription, as we have reviewed (Dorado et al, 2020); and iii) epigenetics, including genomic-methylation maps. Finally, the ethical and legal implications of genomic research should be taken into account (Berkman et al, 2016).

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

- Adhikari K, Fuentes-Guajardo M, Quinto-Sánchez M, Mendoza-Revilla J, Camilo Chacón-Duque J, Acuña-Alonzo V, Jaramillo C, Arias W, Lozano RB, Pérez GM, Gómez-Valdés J, Villamil-Ramírez H, Hunemeier T, Ramallo V, Silva de Cerqueira CC, Hurtado M, Villegas V, Granja V, Gallo C, Poletti G, Schuler-Faccini L, Salzano FM, Bortolini MC, Canizales-Quinteros S, Cheeseman M, Rosique J, Bedoya G, Rothhammer F, Headon D, González-José R, Balding D, Ruiz-Linares A (2016): A genome-wide association scan implicates *DCHS2*, *RUNX2*, *GLI3*, *PAX1* and *EDAR* in human facial variation. *Nature Communications* 7: 11616 (11 pp).
- Alpaydin E (2020): “Introduction to Machine Learning” (4th ed). MIT Press (Cambridge, MA, USA).
- Balanovska E, Lukianova E, Kagazezheva J, Maurer A, Leybova N, Agdzhoyan A, Gorin I, Petrushenko V, Zhabagin M, Pylev V, Kostyukova E, Balanovsky O (2020): Optimizing the genetic prediction of the eye and hair color for North Eurasian populations. *BMC Genomics* 21(Suppl 7): 527 (13 pp).
- 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 Evolutionary Biology* 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.
- Batyrev D, Lapid E, Carmel L, Meshorer E (2019): Predicted archaic 3D genome organization reveals genes related to head and spinal cord separating modern from archaic humans. *Cells* 9: 48 (9 pp).
- Berkman BE, Shapiro ZE, Eckstein L, Pike ER (2016): The ethics of large-scale genomic research. In: Collmann J, Matei SA (eds): "Ethical Reasoning in Big Data: An Exploratory Analysis", 53-69. Springer (New York City, NY, USA).
- Bohringer S, DeJong MA (2019): Quantification of facial traits. *Frontiers in Genetics*. 10: 397 (14 pp).
- Bonfante B, Faux P, Navarro N, Mendoza-Revilla J, Dubied M, Montillot C, Wentworth E, Poloni L, Varón-González C, Jones P, Xiong Z, Fuentes-Guajardo M, Palmal S, Chacón-Duque JC, Hurtado M, Villegas V, Granja V, Jaramillo C, Arias W, Barquera R, Everardo-Martínez P, Sánchez-Quinto M, Gómez-Valdés J, Villamil-Ramírez H, Silva de Cerqueira CC, Hünemeier T, Ramallo V, Liu F, Weinberg SM, Shaffer JR, Stergiakouli E, Howe LJ, Hysi PG, Spector TD, Gonzalez-José R, Schüller-Faccini L, Bortolini MC, Acuña-Alonzo V, Canizales-Quinteros S, Gallo C, Poletti G, Bedoya G, Rothhammer F, Thauvin-Robinet C, Faivre L, Costedoat C, Balding D, Cox T, Kayser M, Duplomb L, Yalcin B, Cotney J, Adhikari K, Ruiz-Linares A (2021): A GWAS in Latin Americans identifies novel face shape loci, implicating VPS13B and a Denisovan introgressed region in facial variation. *Science Advances* 7: eabc6160 (18 pp).
- Cha S, Lim JE, Park AY, Do JH, Lee SW, Shin C, Cho NH, Kang JO, Nam JM, Kim JS, Woo KM, Lee SH, Kim JY, Oh B (2018): Identification of five novel genetic loci related to facial morphology by genome-wide association studies. *BMC Genomics* 19: 481 (17 pp).
- Claes P, Hill H, Shriver MD (2014a): Toward DNA-based facial composites: preliminary results and validation. *Forensic Science International: Genetics* 13: 208-216.
- Claes P, Liberton DK, Daniels K, Rosana KM, Quillen EE, Pearson LN, McEvoy B, Bauchet M, Zaidi AA, Yao W, Tang H, Barsh GS, Absher DM, Puts DA, Rocha J, Beleza S, Pereira RW, Baynam G, Suetens P, Vandermeulen D, Wagner JK, Boster JS, Shriver MD (2014b): Modeling 3D facial shape from DNA. *PLoS Genetics* 10: e1004224 (14 pp).
- Claes P, Roosenboom J, White JD, Swigut T, Sero D, Li J, Lee MK, Zaidi A, Mattern BC, Liebowitz C, Pearson L, González T, Leslie EJ, Carlson JC, Orlova E, Suetens P, Vandermeulen D, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, Wysocka J, Shriver MD, Weinberg SM (2018): Genome-wide mapping of global-to-local genetic effects on human facial shape. *Nature Genetics* 50: 414-423.

- Claes P, Shriver MD (2014): Establishing a multidisciplinary context for modeling 3D facial shape from DNA. *PLoS Genetics* 10: e1004725 (3 pp).
- Colbran LL, Gamazon ER, Zhou D, Evans P, Cox NJ, Capra JA (2019): Inferred divergent gene regulation in archaic hominins reveals potential phenotypic differences. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1598-1606.
- Cole JB, Manyama M, Kimwaga E, Mathayo J, Larson JR, Liberton DK, Lukowiak K, Ferrara TM, Riccardi SL, Li M, Mio W, Prochazkova M, Williams T, Li H, Jones KL, Klein OD, Santorico SA, Hallgrímsson B, Spritz RA (2016): Genomewide association study of African children identifies association of *SCHIP1* and *PDE8A* with facial size and shape. *PLoS Genetics* 12: e1006174. (19 pp).
- Crouch DJM, Winney B, Koppen WP, Christmas WJ, Hutnik K, Day T, Meena D, Boumertit A, Hysi P, Nessa A, Spector TD, Kittler J, Bodmer WF (2018): Genetics of the human face: Identification of large-effect single gene variants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 115: E676-E685.
- DeJong MA, Hysi P, Spector T, Niessen W, Koudstaal MJ, Wolvius EB, Kayser M, Bohringer S (2018): Ensemble landmarking of 3D facial surface scans. *Scientific Reports* 8: 12 (11 pp).
- Djordjevic J, Zhurov AI, Richmond S, Visigen Consortium (2016): Genetic and environmental contributions to facial morphological variation: A 3D population-based twin study. *PLoS One* 11: e0162250 (20 pp).
- Dorado G, Gálvez S, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021): 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, 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.
- Fagertun J, Wolffhechel K, Pers TH, Nielsen HB, Gudbjartsson D, Stefansson H, Stefansson K, Paulsen RR, Jarmer H (2015): Predicting facial characteristics from complex polygenic variations. *Forensic Science International: Genetics* 19: 263-268.
- Farnell DJJ, Richmond S, Galloway J, Zhurov AI, Pirttiniemi P, Heikkinen T, Harila V, Matthews H, Claes P (2020): Multilevel principal components analysis of three-dimensional facial growth in adolescents. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 188:105272 (10 pp).
- Gokhman D, Lavi E, Prufer K, Fraga MF, Riancho JA, Kelso J, Paabo S, Meshorer E, Carmel L (2014): Reconstructing the DNA methylation maps of the Neandertal and the Denisovan. *Science* 344:523-527.
- Gokhman D, Malul A, Carmel L (2017): Inferring past environments from ancient epigenomes. *Molecular Biology and Evolution* 34: 2429-2438.
- Gokhman D, Meshorer E, Carmel L (2016): Epigenetics: It's getting old. Past meets future in paleoepigenetics. *Trends in Ecology & Evolution* 31: 290-300.
- Gokhman D, Mishol N, de Manuel M, de Juan D, Shuqrun J, Meshorer E, Marques-Bonet T, Rak Y, Carmel L (2019): Reconstructing Denisovan anatomy using DNA methylation maps. *Cell* 179:180-192.e10 (24 pp).

- Gokhman D, Nissim-Rafinia M, Agranat-Tamir L, Housman G, García-Pérez R, Lizano E, Cheronet O, Mallick S, Nieves-Colón MA, Li H, Alpaslan-Roodenberg S, Novak M, Gu H, Osinski JM, Ferrando-Bernal M, Gelabert P, Lipende I, Mjungu D, Kondova I, Bontrop R, Kullmer O, Weber G, Shahar T, Dvir-Ginzberg M, Faerman M, Quillen EE, Meissner A, Lahav Y, Kandel L, Liebergall M, Prada ME, Vidal JM, Gronostajski RM, Stone AC, Yakir B, Lalueza-Fox C, Pinhasi R, Reich D, Marques-Bonet T, Meshorer E, Carmel L (2020): Differential DNA methylation of vocal and facial anatomy genes in modern humans. *Nature Communications* 11: 1189 (21 pp).
- Hahn EE, Grealy A, Alexander M, Holleley CE (2020): Museum epigenomics: charting the future by unlocking the past. *Trends in Ecology & Evolution* 35: 295-300.
- Hanghoj K, Renaud G, Albrechtsen A, Orlando L (2019): DamMet: ancient methylome mapping accounting for errors, true variants, and post-mortem DNA damage. *Gigascience* 8: giz025 (6 pp).
- Hanghoj K, Seguin-Orlando A, Schubert M, Madsen T, Pedersen JS, Willerslev E, Orlando L (2016): Fast, accurate and automatic ancient nucleosome and methylation maps with epiPALEOMIX. *Molecular Biology and Evolution* 33: 3284-3298.
- Hebbring S (2019): Genomic and phenomic research in the 21st century *Trends in Genetics* 35: 29-41.
- Hernando-Herraez I, Garcia-Perez R, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2015): DNA methylation: Insights into human evolution. *PLoS Genetics* 11: e1005661 (12 pp).
- Hu J, Niu H, Carrasco J, Lennox B, Arvin F (2020): Voronoi-based multi-robot autonomous exploration in unknown environments via deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 69: 14413-14423.
- Indencleef K, Roosenboom J, Hoskens H, White JD, Shriver MD, Richmond S, Peeters H, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, Weinberg SM, Hens G, Claes P (2018): Six *NSCL/P* loci show associations with normal-range craniofacial variation. *Frontiers in Genetics* 9: 502 (14 pp).
- Johannsen W (1903): Om arvelighed i samfund og i rene linier. *Oversigt Birdy over Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlingerm* 3: 247.370.
- Johannsen, W. (1911). The genotype conception of heredity. *American Naturalist* 45: 129-159.
- Kayser M (2015): Forensic DNA phenotyping: predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. *Forensic Science International: Genetics* 18: 33-48.
- Lalueza-Fox C, Rompler H, Caramelli D, Staubert C, Catalano G, Hughes D, Rohland N, Pilli E, Longo L, Condemi S, de la Rasilla M, Fortea J, Rosas A, Stoneking M, Schoneberg T, Bertranpetit J, Hofreiter M (2007): A melanocortin 1 receptor allele suggests varying pigmentation among Neanderthals. *Science* 318:1453-1455.
- Lario A, González A, Dorado G (1997): Automated laser-induced fluorescence DNA sequencing: equalizing signal-to-noise ratios significantly enhances overall performance. *Analytical Biochemistry* 247: 30-33.

- Lee MK, Shaffer JR, Leslie EJ, Orlova E, Carlson JC, Feingold E, Marazita ML, Weinberg SM (2017): Genome-wide association study of facial morphology reveals novel associations with *FREM1* and *PARK2*. *PLoS One* 12: e0176566 (13 pp).
- Legg S, Hutter M (2007): A collection of definitions of intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* 157: 17-24.
- Li J, Zarzar TG, White JD, Indencleef K, Hoskens H, Matthews H, Nauwelaers N, Zaidi A, Eller RJ, Herrick N, Günther T, Svensson EM, Jakobsson M, Walsh S, Van Steen K, Shriver MD, Claes P (2020): Robust genome-wide ancestry inference for heterogeneous datasets: illustrated using the 1,000 genome project with 3D facial images. *Scientific Reports* 10: 11850 (15 pp).
- Li Y, Zhao W, Li D, Tao X, Xiong Z, Liu J, Zhang W, Ji A, Tang K, Liu F, Li C (2019): *EDAR*, *LYPLAL1*, *PRDM16*, *PAX3*, *DKK1*, *TNFSF12*, *CACNA2D3*, and *SUPT3H* gene variants influence facial morphology in a Eurasian population. *Human Genetics* 138: 681-689.
- Lippert C, Sabatini R, Maher MC, Kang EY, Lee S, Arikan O, Harley A, Bernal A, Garst P, Lavrenko V, Yocum K, Wong T, Zhu M, Yang WY, Chang C, Lu T, Lee CWH, Hicks B, Ramakrishnan S, Tang H, Xie C, Piper J, Brewerton S, Turpaz Y, Telenti A, Roby RK, Och FJ, Venter JC (2017): Identification of individuals by trait prediction using whole-genome sequencing data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 114: 10166-10171.
- Liu D, Alhazmi N, Matthews H, Lee MK, Li J, Hecht JT, Wehby GL, Moreno LM, Heike CL, Roosenboom J, Feingold E, Marazita ML, Claes P, Liao EC, Weinberg SM, Shaffer JR (2021): Impact of low-frequency coding variants on human facial shape. *Scientific Reports* 11: 748 (13 pp).
- Liu Y, Weyrich LS, Llamas B (2020): More arrows in the ancient DNA quiver: Use of paleoepigenomes and paleomicrobiomes to investigate animal adaptation to environment. *Molecular Biology and Evolution* 37: 307-319.
- Long GS, Hussen M, Dench J, Aris-Brosou S (2019): Identifying genetic determinants of complex phenotypes from whole genome sequence data. *BMC Genomics* 20: 470 (17 pp).
- Marcinska M, Pospiech E, Abidi S, Andersen JD, van den Berge M, Carracedo A, Eduardoff M, Marczakiewicz-Lustig A, Morling N, Sijen T, Skowron M, Sochtig J, Syndercombe-Court D, Weiler N; EUROFORGEN-NoE Consortium, Schneider PM, Ballard D, Borsting C, Parson W, Phillips C, Branicki W (2015): Evaluation of DNA variants associated with androgenetic alopecia and their potential to predict male pattern baldness. *PLoS One*. 10: e0127852 (18 pp).
- Mathov Y, Batyrev D, Meshorer E, Carmel L (2020): Harnessing epigenetics to study human evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 23-29.
- Naqvi S, Sleyp Y, Hoskens H, Indencleef K, Spence JP, Bruffaerts R, Radwan A, Eller RJ, Richmond S, Shriver MD, Shaffer JR, Weinberg SM, Walsh S, Thompson J, Pritchard JK, Sunaert S, Peeters H, Wysocka J, Claes P (2021): Shared heritability of human face and brain shape. *Nature Genetics* 53: 830-839.

- Orlando L, Gilbert MT, Willerslev E (2015): Reconstructing ancient genomes and epigenomes. *Nature Reviews Genetics* 16: 395-408.
- Pospiech E, Kukla-Bartoszek M, Karłowska-Pik J, Zielinski P, Wozniak A, Boron M, Dabrowski M, Zubanska M, Jarosz A, Grzybowski T, Ploski R, Spolnicka M, Branicki W (2020): Exploring the possibility of predicting human head hair greying from DNA using whole-exome and targeted NGS data. *BMC Genomics* 21: 538 (18 pp).
- Qiao L, Yang Y, Fu P, Hu S, Zhou H, Peng S, Tan J, Lu Y, Lou H, Lu D, Wu S, Guo J, Jin L, Guan Y, Wang S, Xu S, Tang K (2018): Genome-wide variants of Eurasian facial shape differentiation and a prospective model of DNA based face prediction. *Journal of Genetics and Genomics* 45: 419-432.
- Richmond S, Howe LJ, Lewis S, Stergiakouli E, Zhurov A (2018): Facial genetics: a brief overview. *Frontiers in Genetics* 9: 462 (21 pp).
- Rolfe S, Lee SI, Shapiro L (2018): Associations between genetic data and quantitative assessment of normal facial asymmetry. *Frontiers in Genetics* 9: 659 (10 pp).
- Roosenboom J, Hens G, Mattern BC, Shriver MD, Claes P (2016): Exploring the underlying genetics of craniofacial morphology through various sources of knowledge. *Biomed Research International* 2016: 3054578 (9 pp).
- Roosenboom J, Indencleef K, Lee MK, Hoskens H, White JD, Liu D, Hecht JT, Wehby GL, Moreno LM, Hodges-Simeon C, Feingold E, Marazita ML, Richmond S, Shriver MD, Claes P, Shaffer JR, Weinberg SM (2018): SNPs associated with testosterone levels influence human facial morphology. *Frontiers in Genetics* 9: 497 (10 pp).
- Rubi TL, Knowles LL, Dantzer B (2020): Museum epigenomics: Characterizing cytosine methylation in historic museum specimens. *Molecular Ecology Resources* 20: 1161-1170.
- Russell SJ, Norvig P (2020): "Artificial Intelligence: A Modern Approach" (4th ed). Pearson (London, UK).
- Scudder N, McNevin D, Kelty SF, Walsh SJ, Robertson J (2018): Massively parallel sequencing and the emergence of forensic genomics: Defining the policy and legal issues for law enforcement. *Science & Justice* 58:153-158.
- Seguin-Orlando A, Gamba C, Sarkissian C, Ermini L, Louvel G, Boulygina E, Sokolov A, Nedoluzhko A, Lorenzen ED, Lopez P, McDonald HG, Scott E, Tikhonov A, Stafford TW Jr, Alfarhan AH, Alquraishi SA, Al-Rasheid KAS, Shapiro B, Willerslev E, Prokhortchouk E, Orlando L (2015): Pros and cons of methylation-based enrichment methods for ancient DNA. *Scientific Reports* 5: 11826 (15 pp).
- Sero D, Zaidi A, Li J, White JD, Zarzar TBG, Marazita ML, Weinberg SM, Suetens P, Vandermeulen D, Wagner JK, Shriver MD, Claes P (2019): Facial recognition from DNA using face-to-DNA classifiers. *Nature Communications* 10: 2557 (12 pp).

- Shaffer JR, Orlova E, Lee MK, Leslie EJ, Raffensperger ZD, Heike CL, Cunningham ML, Hecht JT, Kau CH, Nidey NL, Moreno LM, Wehby GL, Murray JC, Laurie CA, Laurie CC, Cole J, Ferrara T, Santorico S, Klein O, Mio W, Feingold E, Hallgrímsson B, Spritz RA, Marazita ML, Weinberg SM (2016): Genome-wide association study reveals multiple loci influencing normal human facial morphology. *PLoS Genetics* 12:e1006149 (21 pp).
- Shui W, Zhou M, Maddock S, He T, Wang X, Deng Q (2017): A PCA-Based method for determining craniofacial relationship and sexual dimorphism of facial shapes. *Computers in Biology and Medicine* 90: 33-49.
- Smith RW, Monroe C, Bolnick DA (2015): Detection of cytosine methylation in ancient DNA from five native american populations using bisulfite sequencing. *PLoS One* 10: e0125344 (23 pp).
- Tsagkrasoulis D, Hysi P, Spector T, Montana G (2017): Heritability maps of human face morphology through large-scale automated three-dimensional phenotyping. *Scientific Reports* 7:45885 (18 pp).
- Wang X (2018): Clinical trans-omics: an integration of clinical phenomes with molecular multiomics. *Cell Biology and Toxicology* 34:163-166.
- Weinberg SM, Cornell R, Leslie EJ (2018): Craniofacial genetics: Where have we been and where are we going? *PLoS Genetics* 14: e1007438 (8 pp).
- Wrangham R (2003): The evolution of cooking. In: Brockman J (ed): "The New Humanists: Science at the Edge". Sterling Publishing (New York, NY, USA), pp. 99-110.
- White JD, Indencleef K, Naqvi S, Eller RJ, Hoskens H, Roosenboom J, Lee MK, Li J, Mohammed J, Richmond S, Quillen EE, Norton HL, Feingold E, Swigut T, Marazita ML, Peeters H, Hens G, Shaffer JR, Wysocka J, Walsh S, Weinberg SM, Shriver MD, Claes P (2020): Insights into the genetic architecture of the human face. *Nature Genetics* 53: 45-53.
- White JD, Ortega-Castrillón A, Matthews H, Zaidi AA, Ekrami O, Snyders J, Fan Y, Penington T, Van Dongen S, Shriver MD, Claes P (2019): MeshMonk: Open-source large-scale intensive 3D phenotyping *Scientific Reports* 9: 6085 (11 pp).
- Winther R (2001): August Weismann on germ-plasm variation. *Journal of the History of Biology* 34: 517-555.
- Wolinsky H (2015): CSI on steroids: DNA-based phenotyping is helping police derive visual information from crime scene samples to aid in the hunt for suspects. *EMBO Reports* 16: 782-786.
- Wu W, Zhai G, Xu Z, Hou B, Liu D, Liu T, Liu W, Ren F (2019): Whole-exome sequencing identified four loci influencing craniofacial morphology in northern Han Chinese. *Human Genetics* 138: 601-611.
- Xiong Z, Dankova G, Howe LJ, Lee MK, Hysi PG, de Jong MA, Zhu G, Adhikari K, Li D, Li Y, Pan B, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, McAloney K, Xu SH, Jin L, Wang S, de Vrij FM, Lendemeijer B, Richmond S, Zhurov A, Lewis S, Sharp GC, Paternoster L, Thompson H, Gonzalez-Jose R, Bortolini MC, Canizales-Quinteros S, Gallo C, Poletti G, Bedoya G, Rothhammer F, Uitterlinden AG, Ikram MA, Wolvius E, Kushner SA, Nijsten TE, Palstra RT, Boehringer S, Medland SE, Tang K, Ruiz-Linares A, Martin NG, Spector TD, Stergiakouli E, Weinberg SM, Liu F, Kayser M; International Visible Trait Genetics (VisiGen)

- Consortium (2019): Novel genetic loci affecting facial shape variation in humans. *Elife* 8: e49898 (web HTML only).
- Yan SM, McCoy RC (2020): Archaic hominin genomics provides a window into gene expression evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 44-49.
- Zanella M, Vitriolo A, Andirko A, Martins PT, Sturm S, O'Rourke T, Laugsch M, Malerba N, Skaros A, Trattaro S, Germain PL, Mihailovic M, Merla G, Rada-Iglesias A, Boeckx C, Testa G (2019): Dosage analysis of the 7q11.23 Williams region identifies BAZ1B as a major human gene patterning the modern human face and underlying self-domestication. *Science Advances* 5: eaaw7908 (15 pp).
- Zbiac-Piekarska R, Spolnicka M, Kupiec T, Parys-Proszek A, Makowska Z, Paleczka A, Kucharczyk K, Ploski R, Branicki W (2015): Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. *Forensic Science International: Genetics* 17: 173-179.

Biología molecular para inferir fenotipos de restos forenses y antiguos en bioarqueología – Revisión

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

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

Resumen

El fenotipo es el resultado de la interacción del genotipo con factores epigenéticos y el medio ambiente. Se ha considerado que la genética es responsable de >70% del fenotipo facial. Curiosamente, además de secuenciar ácidos nucleicos, es posible generar mapas de metilación de ADN de restos antiguos, para determinar fenotipos. Otras áreas de aplicación son la medicina, ciencia forense y control del cumplimiento de la ley. Así, los avances en el estudio de ácidos nucleicos están permitiendo determinar el fenotipo a partir de datos genotípicos. Ello también se ve facilitado por los desarrollos en software (incluido el procesamiento paralelo) y hardware, incluidos los motores neuronales (hardware de redes neuronales). También se han implementado nuevas estrategias, involucrando inteligencia artificial y aprendizaje automático, para alcanzar dicho objetivo. El fenotipado es una tarea desafiante, a la vanguardia de la tecnología actual. Ya se han obtenido resultados prometedores, incluida la predicción de caras de neandertales (*Homo sapiens neanderthalensis*) y denisovanos (*Homo sapiens denisova*). El futuro es prometedor en esta área de investigación, en la que también se deben considerar las implicaciones éticas y legales.

Palabras clave: mutaciones, ADN, ARN, estudios de asociación del genoma completo, polimorfismos de un solo nucleótido, loci de rasgos cuantitativos, fototipificación molecular, apariencia física, ascendencia biogeográfica, paleogenómica, paleotranscriptómica.

Abstract

The phenotype is the result of the interaction of the genotype with epigenetic factors and the environment. It has been considered that genetics is responsible for >70% of facial phenotype. Interestingly, besides sequencing nucleic acids, it is possible to generate DNA methylation maps of ancient remains, to determine phenotypes. Other application areas are medicine, forensics and law-enforcement. Thus, breakthroughs in nucleic-acid analyses are

allowing to determine the phenotype from genotypic data. That is also being facilitated by developments in software (including parallel processing) and hardware, including neural engines (neural-network hardware). New strategies involving artificial intelligence and machine learning have been also deployed to reach such a goal. Phenotyping is a challenging task, on the edge of current technology. Promising results have already been obtained, including prediction of Neanderthal (*Homo sapiens neanderthalensis*) and Denisovan (*Homo sapiens denisova*) faces. The future is promising in this research area, in which ethical and legal implications should also be considered.

Key words: mutations, DNA, RNA, genome-wide association studies, single-nucleotide polymorphisms, quantitative-trait loci, molecular photofitting, physical appearance, biogeographic ancestry, paleogenomics, paleotranscriptomics.

Introducción

El genotipo es la composición genómica de entidades biológicas como virusoides, viroides, virus y células. Incluye: i) genoma principal; ii) plásmidos (principalmente en eubacterias procariontas, pero a veces también en arqueas procariontas y en eucariotas); iii) genomas de orgánulos (mitocondrias y cloroplastos) en eucariotas; y iv) plásmidos de orgánulos. La palabra genotipo fue acuñada en 1903 por el botánico danés Wilhelm Johannsen (Johannsen, 1903). Los genes dentro del genoma son únicos para las células haploides, pero pueden exhibir los mismos alelos (homocigotos) o diferentes (heterocigotos) si dos conjuntos (diploides) o más (poliploides) están presentes dentro de la misma célula, o en toda la población biológica. August Weismann (1834-1914) observó que los organismos pluricelulares pueden contener células somáticas (que construyen el cuerpo), así como células germinales (portadoras de herencia) (Winther, 2001).

Por otro lado, las características observables de las entidades biológicas se denominan fenotipo. La dualidad genotipo-fenotipo fue propuesta por Wilhelm Johannsen (Johannsen, 1911). Sin embargo, es posible que el fenotipo no esté determinado solo por el genotipo. Otros elementos involucrados pueden ser el medio ambiente (que no se hereda) y factores epigenéticos, que pueden heredarse. Por lo tanto, organismos con el mismo genotipo pueden tener aspecto o comportamiento diferentes. Por otro lado, organismos con diferentes genotipos pueden parecerse. Se ha considerado que la genética es responsable de >70% del fenotipo facial (Djordjevic et al, 2016). Los fenotipos son visibles para las entidades biológicas actuales, pero es posible que no estén disponibles para muestras antiguas o forenses. Por lo tanto, puede ser útil inferir fenotipos de los genotipos en tales escenarios. Este tema se encuentra actualmente en la frontera del conocimiento, siendo investigado activamente. Existe un amplio interés en esta área. Ello abarca conocimientos básicos para el estudio de muestras tanto modernas como antiguas, así como aplicaciones en medicina, además de las áreas forenses y policiales. De hecho, recientemente se han publicado interesantes resultados de investigaciones sobre este fascinante tema, como se describe a continuación.

Fenotipado del ADN moderno intacto

La predicción del fenotipo a partir de la información genética se denomina fenotipado. Eso se puede lograr utilizando datos de genotipado generados con marcadores

moleculares, incluyendo secuenciación de ácidos nucleicos (Scudder et al, 2018), que realmente es la tecnología de genotipado definitiva, como hemos revisado (Dorado et al, 2021). En efecto, la Secuenciación de Primera Generación (FGS; del inglés, “First-Generation Sequencing”) representó una revolución, a la que hemos contribuido (Lario et al, 1997), ya que permitió leer información genética por primera vez, incluido el Proyecto Genoma Humano. La secuenciación de segunda generación (SGS; del inglés, “Second-Generation Sequencing”) mejoró aún más el rendimiento y redujo el costo, lo que permitió secuenciar genomas antiguos por primera vez, como hemos revisado (Dorado et al, 2015). Finalmente, la Secuenciación de Tercera Generación (TGS; del inglés, “Third-Generation Sequencing”) permitió secuenciar directamente ácidos nucleicos, sin retrotranscripción ni amplificación previa. Eso hace posible secuenciar directamente ARN antiguo (ARNA), como hemos revisado (Dorado et al, 2016; 2020). El fenotipado también se conoce como fototipificación molecular en ciencia forense, cuando se aplica para inferir la apariencia física y la ascendencia biogeográfica. Pero el fenotipado no es una tarea fácil. La razón es que no comprendemos completamente cómo funcionan los genes e interactúan con el medio ambiente, para producir fenotipos.

Para adquirir conocimientos sobre este ámbito de investigación, se pueden descubrir variantes genéticas significativas asociadas con un rasgo particular, utilizando los estudios de asociación de todo el genoma (GWAS; del inglés, “Genome-Wide Association Studies”). Así, se pueden identificar marcadores moleculares asociados a rasgos de interés (Fagertun et al, 2015; Kayser, 2015; Marcinska et al, 2015; Wolinsky, 2015; Adhikari et al, 2016; Cole et al, 2016; Roosenboom et al, 2016, 2018; Shaffer et al, 2016; Lee et al, 2017; Tsagkrasoulis et al, 2017; Cha et al, 2018; Claes et al, 2018; Indencleef et al, 2018; Qiao et al, 2018; Richmond et al, 2018; Rolfe et al, 2018; Wang, 2018; Weinberg et al, 2018; Bohringer y DeJong, 2019; Hebring, 2019; Li et al, 2019; Long et al, 2019; Sero et al, 2019; Wu et al, 2019; Xiong et al, 2019; Balanovska et al, 2020; Pospiech et al, 2020; White et al, 2020; Bonfante et al, 2021; Liu et al, 2021; Naqvi et al, 2021). Entre ellos, los polimorfismos de nucleótido único (SNP; del inglés, “Single-Nucleotide Polymorphisms”) pueden ser particularmente relevantes, ya que suelen abundar en los genomas. Asimismo, los loci de rasgos cuantitativos (QTL; del inglés, “Quantitative Trait Loci”) pueden resultar útiles. Así, permiten vincular marcadores moleculares con rasgos cuantitativos en fenotipos. Además, se pueden diseñar modelos matemáticos para predecir fenotipos, a partir de datos genotípicos.

Los desarrollos recientes en computación, en general, y bioinformática, en particular, también pueden ser útiles en la investigación del fenotipado (DeJong et al, 2018). Entre ellos se encuentran las aproximaciones de estadística multivariada, como el análisis de componentes principales (PCA; del inglés, “Principal-Components Analysis”) (Shui et al, 2017; Crouch et al, 2018), PCA multinivel (mPCA; del inglés, “multilevel PCA”) (Farnell et al, 2020) y cajas de herramientas para análisis integradores (White et al, 2019; Li et al, 2020). Además, el término inteligencia artificial (AI; del inglés, “Artificial Intelligence”) fue acuñado por John McCarthy en 1956. Así, la AI intenta analizar datos y generar resultados para lograr un objetivo en particular (Legg y Hutter, 2007). Por lo tanto, imita las funciones cognitivas humanas, como aprendizaje y resolución de problemas (Russell y Norvig, 2020). Por otro lado, el término aprendizaje automático (ML; del inglés, “Machine Learning”) fue acuñado por Arthur Samuel en 1959. ML es la parte de la AI que desarrolla algoritmos que

pueden mejorarse empírica y automáticamente. De esta forma, la máquina se entrena con datos, adquiriendo nueva experiencia para optimizar resultados. Por lo tanto, se pueden hacer predicciones para nuevos escenarios, que pueden no haber sido programados específicamente con anticipación. Eso diferencia al ML de la informática tradicional, que solo funciona con algoritmos preprogramados (Alpaydin, 2020; Hu et al, 2020).

Estos desarrollos en software informático se han visto facilitados gracias a las mejoras de hardware, en general, y a los microprocesadores, en particular. Entre ellos se encuentran: i) aumento de la frecuencia de reloj del microprocesador para generar pulsos (velocidad de reloj); ii) reducción del nodo litográfico del microprocesador; y iii) incremento del número de núcleos en multinúcleo (unos pocos; del inglés, “multicore”) y muchos núcleos (número elevado; del inglés, “manycore”) de unidades de procesamiento central (CPU; del inglés, “Central-Processing Units”) y unidades de procesamiento gráfico (GPU; del inglés, “Graphics-Processing Units”), lo que permite el procesamiento paralelo. El hardware de red neuronal dedicado es otro desarrollo interesante. Ello incluye el motor neuronal de fabricantes como Apple <<https://www.apple.com>>. Por ejemplo, el del microprocesador Apple Silicon M1 basado en ARM es capaz de ejecutar 11 billones (11.000 millones) de operaciones por segundo, y se utiliza para tareas de aprendizaje de máquinas. De hecho, el fenotipado es una ciencia multidisciplinaria, que incluye biología, bioinformática, ética y derecho (Claes y Shriver, 2014) (Fig. 1).

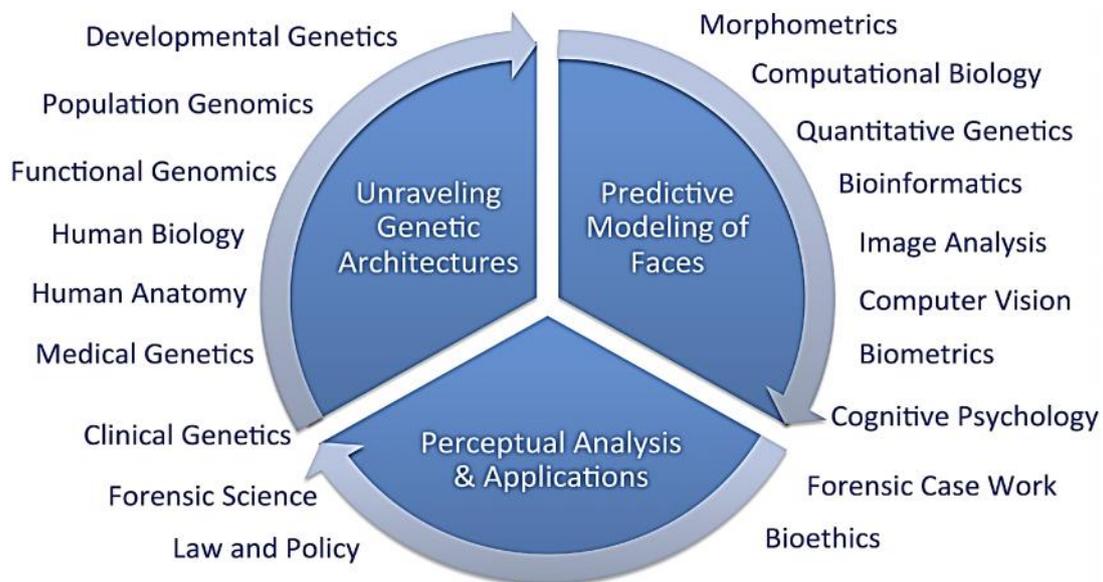


Figura 1.- Marco de fenotipado. La predicción de rasgos faciales a partir de datos de ADN es una ciencia multidisciplinaria, que involucra muchas áreas de conocimiento. © Public Library of Science (PLoS; Claes and Shriver, 2014).

Ya se han publicado algunos ejemplos interesantes de fenotipado, explotando estas tecnologías. Por ejemplo, solamente 24 SNP asociados a la variación facial se utilizaron por primera vez para inferir rostros humanos. Utilizaron modelización de imputación basada en la respuesta de remuestreo (BRIM; del inglés, “Bootstrapped Response-based Imputation Modeling”). Como reconocieron los autores, la predicción facial utilizando datos

de genotipado es un reto, pero los resultados son prometedores (Claes et al, 2014a-b). Un paso más en la fenotipificación del ADN se llevó a cabo secuenciando genomas humanos completos, con la participación del prestigioso Instituto Craig Venter (Lippert et al, 2017).

Fenotipado de ADN forense y antiguo

Es sabido que el receptor de melanocortina 1 (MC1R) está relacionado con la pigmentación. Por tanto, se amplificó un fragmento del gen *MC1R* de restos óseos neandertales, mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR; del inglés, "Polymerase Chain-Reaction"). Curiosamente, la secuenciación de los amplicones reveló que contenían una mutación que produce piel clara y pelo rojo (pelirrojo). Se llegó a la conclusión de que al menos 1% de los neandertales homocigotos podrían haber tenido ese fenotipo (Lalueza-Fox et al, 2007). Dado que el fenotipado del ADN intacto moderno es un desafío, puede serlo mucho más usando ADN forense y antiguo (ADNa), que generalmente está dañado, tanto físicamente (fragmentos cortos) como químicamente (bases de nucleótidos modificadas).

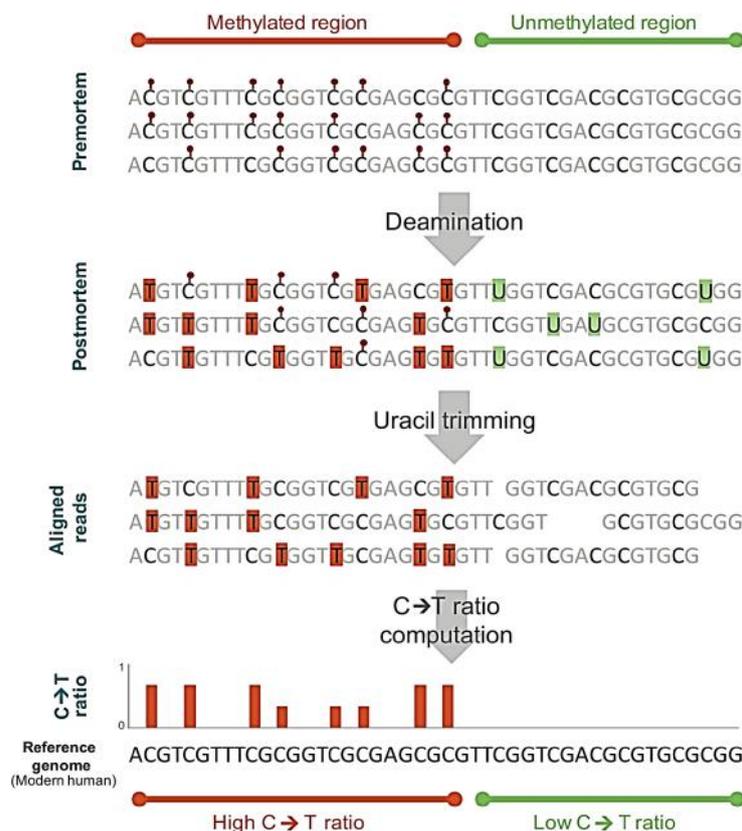


Figura 2.- Identificación de la metilación del ADN. El ADN premortem puede contener citosinas metiladas y no metiladas. Los escenarios tafonómicos postmortem pueden causar desaminación de citosina. El recorte de uracilos permite eliminar dichas bases en lecturas de secuenciación alineadas. Finalmente, las relaciones de transiciones C → T se utilizan como intermediarios para reconstruir la metilación antigua, alineando con genomas de referencia modernos. © American Association for the Advancement of Science (Gokhman et al, 2014).

Un primer paso para superar estos problemas se llevó a cabo generando mapas de metilación de ADN de restos de neandertal (*Homo sapiens neanderthalensis*) y denisovano (*Homo sapiens denisova*). Sin embargo, es posible que ese objetivo no se alcance directamente, como puede lograrse con ADN moderno. De hecho, como se ha indicado, el ADN puede sufrir daños químicos. Así, la desaminación de citosina genera uracilos o timinas (a partir de citosinas no metiladas o metiladas, respectivamente). Los uracilos se pueden recortar, pero se esperan lecturas de timina más altas en posiciones con citosinas metiladas premortem, en comparación con las posiciones no metiladas. Por lo tanto, las transiciones CpG → TpG son indicadores o intermediarios (del inglés, “proxies”) útiles de metilación del ADN antiguo (Gokhman et al, 2014, 2016; Hernando-Herraez et al, 2015; Orlando et al, 2015; Seguin-Orlando et al, 2015; Smith et al, 2015; Hanghoj et al, 2016, 2019) (Fig. 2).

Esta metodología se utilizó además para inferir la anatomía esquelética y facial de neandertales y denisovanos. Así, se identificaron los cambios de metilación en humanos arcaicos, chimpancés y humanos modernos. La expresión génica se determinó considerando que la hipermetilación del promotor reprime los genes. Tal regulación a la baja está asociada con mutaciones conocidas que causan pérdida de función. Tres filtros unidireccionales permiten predecir cambios morfológicos. Se reconstruyeron perfiles esqueléticos de neandertales y chimpancés, teniendo en cuenta las morfologías conocidas. Además, se evaluó la exactitud, precisión y sensibilidad del método (Gokhman et al, 2019) (Fig. 3).

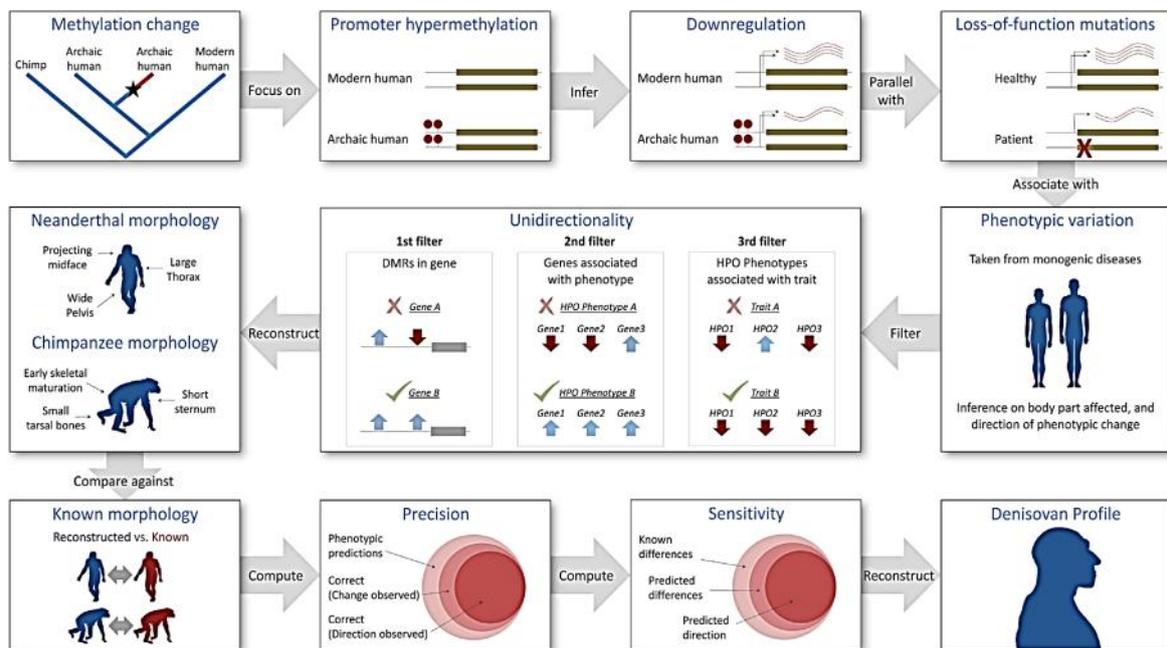


Figura 3.- Flujo de trabajo para inferir la anatomía de denisovanos a partir de los cambios de metilación del ADN. Recuadros: 1 a 5) los cambios de metilación se relacionaron con fenotipos; 6) se aplicaron tres filtros de unidireccionalidad; 7 a 10) se calculó la precisión; y 11) se predijo el perfil denisovano. © Elsevier (Gokhman et al, 2019).

Curiosamente, también se ha encontrado hipermetilación diferencial de genes relacionados con la voz y el rostro entre los humanos modernos, en comparación con homínidos antiguos (neandertales y denisovanos), así como con los grandes simios modernos (chimpancés). Por tanto, se ha propuesto que jugaron un papel clave en la evolución humana, dando forma a nuestro tracto vocal y rostro (Gokhman et al, 2020). Los patrones de metilación del ADN también se pueden utilizar para predecir la edad (Zbiec-Piekarska et al, 2015) y enfermedades como la esquizofrenia (Banerjee et al, 2018, 2019), así como para la expresión génica de muestras antiguas (Batyrev et al, 2019; Hahn et al, 2020; Liu et al, 2020; Mathov et al 2020; Rubi et al, 2020). Ello tiene implicaciones para entornos y estilos de vida antiguos (Gokhman et al 2017). Asimismo, la regulación génica en muestras modernas y arcaicas se puede inferir utilizando enfoques indirectos (Yan y McCoy, 2020) y modelos estadísticos entrenados (Colbran et al, 2019).

Por otro lado, la autodomesticación se define como un proceso conductual que implica una menor agresión y una mayor colaboración, como lo demuestran homínidos como bonobos y humanos (Wrangham, 2003). Curiosamente, la biología molecular aplicada a humanos arcaicos y modernos ha demostrado que el gen bromodominio adyacente al dominio de dedos de zinc 1B (*BAZ1B*; del inglés, "Bromodomain Adjacent to Zinc-finger domain 1B") estuvo involucrado en la autodomesticación, siendo un regulador maestro del rostro humano moderno (Zanella et al, 2019). Por tanto, metodologías que involucran tanto a la arqueología como a la biología molecular, incluyendo la paleogenómica, paleotranscriptómica y paleoproteómica, como hemos revisado (Dorado et al, 2007-2014, 2017, 2018, 2019), han permitido inferir rostros de homínidos arcaicos, como neandertales y denisovanos. (Figura 4).



Figura 4.- Predicción de caras de neandertales y denisovanos. De izquierda a derecha: reconstrucción artística de hembras adolescentes y adultas de tales subespecies, respectivamente. © 2019 Royal Pavilion & Museums; Brighton & Hove (izquierda) y Maayan Harel (derecha).

Conclusiones finales y perspectivas futuras

Los avances recientes en arqueología, biología molecular, software y hardware están permitiendo realizar proyectos científicos que antes no eran posibles. Uno de ellos es inferir rostros humanos modernos o arcaicos, a partir de sus genomas. Esta predicción fenotípica basada en el genotipo es un desafío, ya que se encuentra en el límite de lo que es posible actualmente. Sin embargo, ya se han publicado algunos logros interesantes en esta área, con resultados prometedores. Debería ser posible una predicción fenotípica más precisa con la optimización de tecnologías actuales y el desarrollo de otras nuevas. Entre ellas se encuentran: i) genómica estructural, incluyendo el ADN no codificante y la identificación de todos los genes presentes en los genomas; ii) genómica funcional, incluidas las implicaciones de la transcripción espuria o generalizada, como hemos revisado (Dorado et al, 2020); y iii) epigenética, incluidos mapas de metilación genómica. Finalmente, se deben tener en cuenta las implicaciones éticas y legales de la investigación genómica (Berkman et al, 2016).

Agradecimientos. Financiado por Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO proyecto 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 Grupo PAI (AGR-248) de Junta de Andalucía; y Universidad de Córdoba (Ayuda a Grupos), Spain.

Referencias Bibliográficas

- Adhikari K, Fuentes-Guajardo M, Quinto-Sánchez M, Mendoza-Revilla J, Camilo Chacón-Duque J, Acuña-Alonzo V, Jaramillo C, Arias W, Lozano RB, Pérez GM, Gómez-Valdés J, Villamil-Ramírez H, Hunemeier T, Ramallo V, Silva de Cerqueira CC, Hurtado M, Villegas V, Granja V, Gallo C, Poletti G, Schuler-Faccini L, Salzano FM, Bortolini MC, Canizales-Quinteros S, Cheeseman M, Rosique J, Bedoya G, Rothhammer F, Headon D, González-José R, Balding D, Ruiz-Linares A (2016): A genome-wide association scan implicates *DCHS2*, *RUNX2*, *GLI3*, *PAX1* and *EDAR* in human facial variation. *Nature Communications* 7: 11616 (11 pp).
- Alpaydin E (2020): "Introduction to Machine Learning" (4th ed). MIT Press (Cambridge, MA, USA).
- Balanovska E, Lukianova E, Kagazezheva J, Maurer A, Leybova N, Agdzhoyan A, Gorin I, Petrushenko V, Zhabagin M, Pylev V, Kostyukova E, Balanovsky O (2020): Optimizing the genetic prediction of the eye and hair color for North Eurasian populations. *BMC Genomics* 21(Suppl 7): 527 (13 pp).

- 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 Evolutionary Biology* 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.
- Batyrev D, Lapid E, Carmel L, Meshorer E (2019): Predicted archaic 3D genome organization reveals genes related to head and spinal cord separating modern from archaic humans. *Cells* 9: 48 (9 pp).
- Berkman BE, Shapiro ZE, Eckstein L, Pike ER (2016): The ethics of large-scale genomic research. In: Collmann J, Matei SA (eds): "Ethical Reasoning in Big Data: An Exploratory Analysis", 53-69. Springer (New York City, NY, USA).
- Bohringer S, DeJong MA (2019): Quantification of facial traits. *Frontiers in Genetics*.10: 397(14 pp).
- Bonfante B, Faux P, Navarro N, Mendoza-Revilla J, Dubied M, Montillot C, Wentworth E, Poloni L, Varón-González C, Jones P, Xiong Z, Fuentes-Guajardo M, Palmal S, Chacón-Duque JC, Hurtado M, Villegas V, Granja V, Jaramillo C, Arias W, Barquera R, Everardo-Martínez P, Sánchez-Quinto M, Gómez-Valdés J, Villamil-Ramírez H, Silva de Cerqueira CC, Hünemeier T, Ramallo V, Liu F, Weinberg SM, Shaffer JR, Stergiakouli E, Howe LJ, Hysi PG, Spector TD, Gonzalez-José R, Schüler-Faccini L, Bortolini MC, Acuña-Alonzo V, Canizales-Quinteros S, Gallo C, Poletti G, Bedoya G, Rothhammer F, Thauvin-Robinet C, Faivre L, Costedoat C, Balding D, Cox T, Kayser M, Duplomb L, Yalcin B, Cotney J, Adhikari K, Ruiz-Linares A (2021): A GWAS in Latin Americans identifies novel face shape loci, implicating VPS13B and a Denisovan introgressed region in facial variation. *Science Advances* 7: eabc6160 (18 pp).
- Cha S, Lim JE, Park AY, Do JH, Lee SW, Shin C, Cho NH, Kang JO, Nam JM, Kim JS, Woo KM, Lee SH, Kim JY, Oh B (2018): Identification of five novel genetic loci related to facial morphology by genome-wide association studies. *BMC Genomics* 19: 481 (17 pp).
- Claes P, Hill H, Shriver MD (2014a): Toward DNA-based facial composites: preliminary results and validation. *Forensic Science International: Genetics* 13: 208-216.
- Claes P, Liberton DK, Daniels K, Rosana KM, Quillen EE, Pearson LN, McEvoy B, Bauchet M, Zaidi AA, Yao W, Tang H, Barsh GS, Absher DM, Puts DA, Rocha J, Beleza S, Pereira RW, Baynam G, Suetens P, Vandermeulen D, Wagner JK, Boster JS, Shriver MD (2014b): Modeling 3D facial shape from DNA. *PLoS Genetics* 10: e1004224 (14 pp).
- Claes P, Roosenboom J, White JD, Swigut T, Sero D, Li J, Lee MK, Zaidi A, Mattern BC, Liebowitz C, Pearson L, González T, Leslie EJ, Carlson JC, Orlova E, Suetens P, Vandermeulen D, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, Wysocka J, Shriver MD, Weinberg SM (2018): Genome-wide mapping of global-to-local genetic effects on human facial shape. *Nature Genetics* 50: 414-423.

- Claes P, Shriver MD (2014): Establishing a multidisciplinary context for modeling 3D facial shape from DNA. *PLoS Genetics* 10: e1004725 (3 pp).
- Colbran LL, Gamazon ER, Zhou D, Evans P, Cox NJ, Capra JA (2019): Inferred divergent gene regulation in archaic hominins reveals potential phenotypic differences. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1598-1606.
- Cole JB, Manyama M, Kimwaga E, Mathayo J, Larson JR, Liberton DK, Lukowiak K, Ferrara TM, Riccardi SL, Li M, Mio W, Prochazkova M, Williams T, Li H, Jones KL, Klein OD, Santorico SA, Hallgrímsson B, Spritz RA (2016): Genomewide association study of African children identifies association of *SCHIP1* and *PDE8A* with facial size and shape. *PLoS Genetics* 12: e1006174. (19 pp).
- Crouch DJM, Winney B, Koppen WP, Christmas WJ, Hutnik K, Day T, Meena D, Boumertit A, Hysi P, Nessa A, Spector TD, Kittler J, Bodmer WF (2018): Genetics of the human face: Identification of large-effect single gene variants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 115: E676-E685.
- DeJong MA, Hysi P, Spector T, Niessen W, Koudstaal MJ, Wolvius EB, Kayser M, Bohringer S (2018): Ensemble landmarking of 3D facial surface scans. *Scientific Reports* 8: 12 (11 pp).
- Djordjevic J, Zhurov AI, Richmond S, Visigen Consortium (2016): Genetic and environmental contributions to facial morphological variation: A 3D population-based twin study. *PLoS One* 11: e0162250 (20 pp).
- Dorado G, Gálvez S, Rosales TE, Vásquez VF, Hernández P (2021): 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, 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 T, 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.
- Fagertun J, Wolffhechel K, Pers TH, Nielsen HB, Gudbjartsson D, Stefansson H, Stefansson K, Paulsen RR, Jarmer H (2015): Predicting facial characteristics from complex polygenic variations. *Forensic Science International: Genetics* 19: 263-268.
- Farnell DJJ, Richmond S, Galloway J, Zhurov AI, Pirttiniemi P, Heikkinen T, Harila V, Matthews H, Claes P (2020): Multilevel principal components analysis of three-dimensional facial growth in adolescents. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 188:105272 (10 pp).
- Gokhman D, Lavi E, Prufer K, Fraga MF, Riancho JA, Kelso J, Paabo S, Meshorer E, Carmel L (2014): Reconstructing the DNA methylation maps of the Neandertal and the Denisovan. *Science* 344:523-527.
- Gokhman D, Malul A, Carmel L (2017): Inferring past environments from ancient epigenomes. *Molecular Biology and Evolution* 34: 2429-2438.
- Gokhman D, Meshorer E, Carmel L (2016): Epigenetics: It's getting old. Past meets future in paleoepigenetics. *Trends in Ecology & Evolution* 31: 290-300.
- Gokhman D, Mishol N, de Manuel M, de Juan D, Shuqrun J, Meshorer E, Marques-Bonet T, Rak Y, Carmel L (2019): Reconstructing Denisovan anatomy using DNA methylation maps. *Cell* 179:180-192.e10 (24 pp).

- Gokhman D, Nissim-Rafinia M, Agranat-Tamir L, Housman G, García-Pérez R, Lizano E, Cheronet O, Mallick S, Nieves-Colón MA, Li H, Alpaslan-Roodenberg S, Novak M, Gu H, Osinski JM, Ferrando-Bernal M, Gelabert P, Lipende I, Mjungu D, Kondova I, Bontrop R, Kullmer O, Weber G, Shahar T, Dvir-Ginzberg M, Faerman M, Quillen EE, Meissner A, Lahav Y, Kandel L, Liebergall M, Prada ME, Vidal JM, Gronostajski RM, Stone AC, Yakir B, Lalueza-Fox C, Pinhasi R, Reich D, Marques-Bonet T, Meshorer E, Carmel L (2020): Differential DNA methylation of vocal and facial anatomy genes in modern humans. *Nature Communications* 11: 1189 (21 pp).
- Hahn EE, Grealy A, Alexander M, Holleley CE (2020): Museum epigenomics: charting the future by unlocking the past. *Trends in Ecology & Evolution* 35: 295-300.
- Hanghoj K, Renaud G, Albrechtsen A, Orlando L (2019): DamMet: ancient methylome mapping accounting for errors, true variants, and post-mortem DNA damage. *Gigascience* 8: giz025 (6 pp).
- Hanghoj K, Seguin-Orlando A, Schubert M, Madsen T, Pedersen JS, Willerslev E, Orlando L (2016): Fast, accurate and automatic ancient nucleosome and methylation maps with epiPALEOMIX. *Molecular Biology and Evolution* 33: 3284-3298.
- Hebbring S (2019): Genomic and phenomic research in the 21st century *Trends in Genetics* 35: 29-41.
- Hernando-Herraez I, Garcia-Perez R, Sharp AJ, Marques-Bonet T (2015): DNA methylation: Insights into human evolution. *PLoS Genetics* 11: e1005661 (12 pp).
- Hu J, Niu H, Carrasco J, Lennox B, Arvin F (2020): Voronoi-based multi-robot autonomous exploration in unknown environments via deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 69: 14413-14423.
- Indencleef K, Roosenboom J, Hoskens H, White JD, Shriver MD, Richmond S, Peeters H, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, Weinberg SM, Hens G, Claes P (2018): Six *NSCL/P* loci show associations with normal-range craniofacial variation. *Frontiers in Genetics* 9: 502 (14 pp).
- Johannsen W (1903): Om arvelighed i samfund og i rene linier. *Oversigt Birdy over Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlingerm* 3: 247.370.
- Johannsen, W. (1911).The genotype conception of heredity.*American Naturalist* 45:129-159.
- Kayser M (2015): Forensic DNA phenotyping: predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. *Forensic Science International: Genetics* 18: 33-48.
- Lalueza-Fox C, Rompler H, Caramelli D, Staubert C, Catalano G, Hughes D, Rohland N, Pilli E, Longo L, Condemi S, de la Rasilla M, Fortea J, Rosas A, Stoneking M, Schoneberg T, Bertranpetit J, Hofreiter M (2007): A melanocortin 1 receptor allele suggests varying pigmentation among Neanderthals. *Science* 318:1453-1455.
- Lario A, González A, Dorado G (1997): Automated laser-induced fluorescence DNA sequencing: equalizing signal-to-noise ratios significantly enhances overall performance. *Analytical Biochemistry* 247: 30-33.

- Lee MK, Shaffer JR, Leslie EJ, Orlova E, Carlson JC, Feingold E, Marazita ML, Weinberg SM (2017): Genome-wide association study of facial morphology reveals novel associations with *FREM1* and *PARK2*. *PLoS One* 12: e0176566 (13 pp).
- Legg S, Hutter M (2007): A collection of definitions of intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* 157: 17-24.
- Li J, Zarzar TG, White JD, Indencleef K, Hoskens H, Matthews H, Nauwelaers N, Zaidi A, Eller RJ, Herrick N, Günther T, Svensson EM, Jakobsson M, Walsh S, Van Steen K, Shriver MD, Claes P (2020): Robust genome-wide ancestry inference for heterogeneous datasets: illustrated using the 1,000 genome project with 3D facial images. *Scientific Reports* 10: 11850 (15 pp).
- Li Y, Zhao W, Li D, Tao X, Xiong Z, Liu J, Zhang W, Ji A, Tang K, Liu F, Li C (2019): *EDAR*, *LYPLAL1*, *PRDM16*, *PAX3*, *DKK1*, *TNFSF12*, *CACNA2D3*, and *SUPT3H* gene variants influence facial morphology in a Eurasian population. *Human Genetics* 138: 681-689.
- Lippert C, Sabatini R, Maher MC, Kang EY, Lee S, Arikan O, Harley A, Bernal A, Garst P, Lavrenko V, Yocum K, Wong T, Zhu M, Yang WY, Chang C, Lu T, Lee CWH, Hicks B, Ramakrishnan S, Tang H, Xie C, Piper J, Brewerton S, Turpaz Y, Telenti A, Roby RK, Och FJ, Venter JC (2017): Identification of individuals by trait prediction using whole-genome sequencing data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 114: 10166-10171.
- Liu D, Alhazmi N, Matthews H, Lee MK, Li J, Hecht JT, Wehby GL, Moreno LM, Heike CL, Roosenboom J, Feingold E, Marazita ML, Claes P, Liao EC, Weinberg SM, Shaffer JR (2021): Impact of low-frequency coding variants on human facial shape. *Scientific Reports* 11: 748 (13 pp).
- Liu Y, Weyrich LS, Llamas B (2020): More arrows in the ancient DNA quiver: Use of paleoepigenomes and paleomicrobiomes to investigate animal adaptation to environment. *Molecular Biology and Evolution* 37: 307-319.
- Long GS, Hussen M, Dench J, Aris-Brosou S (2019): Identifying genetic determinants of complex phenotypes from whole genome sequence data. *BMC Genomics* 20: 470 (17pp)
- Marcinska M, Pospiech E, Abidi S, Andersen JD, van den Berge M, Carracedo A, Eduardoff M, Marczakiewicz-Lustig A, Morling N, Sijen T, Skowron M, Sochtig J, Syndercombe-Court D, Weiler N; EUROFORGEN-NoE Consortium, Schneider PM, Ballard D, Borsting C, Parson W, Phillips C, Branicki W (2015): Evaluation of DNA variants associated with androgenetic alopecia and their potential to predict male pattern baldness. *PLoS One*. 10: e0127852 (18 pp).
- Mathov Y, Batyrev D, Meshorer E, Carmel L (2020): Harnessing epigenetics to study human evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 23-29.
- Naqvi S, Sleyp Y, Hoskens H, Indencleef K, Spence JP, Bruffaerts R, Radwan A, Eller RJ, Richmond S, Shriver MD, Shaffer JR, Weinberg SM, Walsh S, Thompson J, Pritchard JK, Sunaert S, Peeters H, Wysocka J, Claes P (2021): Shared heritability of human face and brain shape. *Nature Genetics* 53: 830-839.
- Orlando L, Gilbert MT, Willerslev E (2015): Reconstructing ancient genomes and epigenomes. *Nature Reviews Genetics* 16: 395-408.

- Pospiech E, Kukla-Bartoszek M, Karłowska-Pik J, Zielinski P, Wozniak A, Boron M, Dabrowski M, Zubanska M, Jarosz A, Grzybowski T, Ploski R, Spolnicka M, Branicki W (2020): Exploring the possibility of predicting human head hair greying from DNA using whole-exome and targeted NGS data. *BMC Genomics* 21: 538 (18 pp).
- Qiao L, Yang Y, Fu P, Hu S, Zhou H, Peng S, Tan J, Lu Y, Lou H, Lu D, Wu S, Guo J, Jin L, Guan Y, Wang S, Xu S, Tang K (2018): Genome-wide variants of Eurasian facial shape differentiation and a prospective model of DNA based face prediction. *Journal of Genetics and Genomics* 45: 419-432.
- Richmond S, Howe LJ, Lewis S, Stergiakouli E, Zhurov A (2018): Facial genetics: a brief overview. *Frontiers in Genetics* 9: 462 (21 pp).
- Rolfe S, Lee SI, Shapiro L (2018): Associations between genetic data and quantitative assessment of normal facial asymmetry. *Frontiers in Genetics* 9: 659 (10 pp).
- Roosenboom J, Hens G, Mattern BC, Shriver MD, Claes P (2016): Exploring the underlying genetics of craniofacial morphology through various sources of knowledge. *Biomed Research International* 2016: 3054578 (9 pp).
- Roosenboom J, Indencleef K, Lee MK, Hoskens H, White JD, Liu D, Hecht JT, Wehby GL, Moreno LM, Hodges-Simeon C, Feingold E, Marazita ML, Richmond S, Shriver MD, Claes P, Shaffer JR, Weinberg SM (2018): SNPs associated with testosterone levels influence human facial morphology. *Frontiers in Genetics* 9: 497 (10 pp).
- Rubi TL, Knowles LL, Dantzer B (2020): Museum epigenomics: Characterizing cytosine methylation in historic museum specimens. *Molecular Ecology Resources* 20: 1161-1170.
- Russell SJ, Norvig P (2020): "Artificial Intelligence: A Modern Approach" (4th ed). Pearson (London, UK).
- Scudder N, McNevin D, Kelty SF, Walsh SJ, Robertson J (2018): Massively parallel sequencing and the emergence of forensic genomics: Defining the policy and legal issues for law enforcement. *Science & Justice* 58:153-158.
- Seguin-Orlando A, Gamba C, Sarkissian C, Ermini L, Louvel G, Boulygina E, Sokolov A, Nedoluzhko A, Lorenzen ED, Lopez P, McDonald HG, Scott E, Tikhonov A, Stafford TW Jr, Alfarhan AH, Alquraishi SA, Al-Rasheid KAS, Shapiro B, Willerslev E, Prokhortchouk E, Orlando L (2015): Pros and cons of methylation-based enrichment methods for ancient DNA. *Scientific Reports* 5: 11826 (15 pp).
- Sero D, Zaidi A, Li J, White JD, Zarzar TBG, Marazita ML, Weinberg SM, Suetens P, Vandermeulen D, Wagner JK, Shriver MD, Claes P (2019): Facial recognition from DNA using face-to-DNA classifiers. *Nature Communications* 10: 2557 (12 pp).
- Shaffer JR, Orlova E, Lee MK, Leslie EJ, Raffensperger ZD, Heike CL, Cunningham ML, Hecht JT, Kau CH, Nidey NL, Moreno LM, Wehby GL, Murray JC, Laurie CA, Laurie CC, Cole J, Ferrara T, Santorico S, Klein O, Mio W, Feingold E, Hallgrimsson B, Spritz RA, Marazita ML, Weinberg SM (2016): Genome-wide association study reveals multiple loci influencing normal human facial morphology. *PLoS Genetics* 12:e1006149 (21 pp).
- Shui W, Zhou M, Maddock S, He T, Wang X, Deng Q (2017): A PCA-Based method for determining craniofacial relationship and sexual dimorphism of facial shapes. *Computers in Biology and Medicine* 90: 33-49.

- Smith RW, Monroe C, Bolnick DA (2015): Detection of cytosine methylation in ancient DNA from five native american populations using bisulfite sequencing. *PLoS One* 10: e0125344 (23 pp).
- Tsagkrasoulis D, Hysi P, Spector T, Montana G (2017): Heritability maps of human face morphology through large-scale automated three-dimensional phenotyping. *Scientific Reports* 7:45885 (18 pp).
- Wang X (2018): Clinical trans-omics: an integration of clinical phenomes with molecular multiomics. *Cell Biology and Toxicology* 34:163-166.
- Weinberg SM, Cornell R, Leslie EJ (2018): Craniofacial genetics: Where have we been and where are we going? *PLoS Genetics* 14: e1007438 (8 pp).
- Wrangham R (2003): The evolution of cooking. In: Brockman J (ed): "The New Humanists: Science at the Edge". Sterling Publishing (New York, NY, USA), pp. 99-110.
- White JD, Indencleef K, Naqvi S, Eller RJ, Hoskens H, Roosenboom J, Lee MK, Li J, Mohammed J, Richmond S, Quillen EE, Norton HL, Feingold E, Swigut T, Marazita ML, Peeters H, Hens G, Shaffer JR, Wysocka J, Walsh S, Weinberg SM, Shriver MD, Claes P (2020): Insights into the genetic architecture of the human face. *Nature Genetics* 53:45-53.
- White JD, Ortega-Castrillón A, Matthews H, Zaidi AA, Ekrami O, Snyders J, Fan Y, Penington T, Van Dongen S, Shriver MD, Claes P (2019): MeshMonk: Open-source large-scale intensive 3D phenotyping *Scientific Reports* 9: 6085 (11 pp).
- Winther R (2001): August Weismann on germ-plasm variation. *Journal of the History of Biology* 34: 517-555.
- Wolinsky H (2015): CSI on steroids: DNA-based phenotyping is helping police derive visual information from crime scene samples to aid in the hunt for suspects. *EMBO Reports* 16: 782-786.
- Wu W, Zhai G, Xu Z, Hou B, Liu D, Liu T, Liu W, Ren F (2019): Whole-exome sequencing identified four loci influencing craniofacial morphology in northern Han Chinese. *Human Genetics* 138: 601-611.
- Xiong Z, Dankova G, Howe LJ, Lee MK, Hysi PG, de Jong MA, Zhu G, Adhikari K, Li D, Li Y, Pan B, Feingold E, Marazita ML, Shaffer JR, McAloney K, Xu SH, Jin L, Wang S, de Vrij FM, Lendemeijer B, Richmond S, Zhurov A, Lewis S, Sharp GC, Paternoster L, Thompson H, Gonzalez-Jose R, Bortolini MC, Canizales-Quinteros S, Gallo C, Poletti G, Bedoya G, Rothhammer F, Uitterlinden AG, Ikram MA, Wolvius E, Kushner SA, Nijsten TE, Palstra RT, Boehringer S, Medland SE, Tang K, Ruiz-Linares A, Martin NG, Spector TD, Stergiakouli E, Weinberg SM, Liu F, Kayser M; International Visible Trait Genetics (VisiGen) Consortium (2019): Novel genetic loci affecting facial shape variation in humans. *Elife* 8: e49898 (web HTML only).
- Yan SM, McCoy RC (2020): Archaic hominin genomics provides a window into gene expression evolution. *Current Opinion in Genetics & Development* 62: 44-49.
- Zanella M, Vitriolo A, Andirko A, Martins PT, Sturm S, O'Rourke T, Laugsch M, Malerba N, Skaros A, Trattaro S, Germain PL, Mihailovic M, Merla G, Rada-Iglesias A, Boeckx C, Testa G (2019): Dosage analysis of the 7q11.23 Williams region identifies BAZ1B as a major human gene patterning the modern human face and underlying self-domestication. *Science Advances* 5: eaaw7908 (15 pp).

Zbiac-Piekarska R, Spolnicka M, Kupiec T, Parys-Proszek A, Makowska Z, Paleczka A, Kucharczyk K, Ploski R, Branicki W (2015): Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. *Forensic Science International: Genetics* 17: 173-179.

Pumas y peces: la iconografía de Cerro Sechín y la construcción del pensamiento cósmico andino

Francisco Seoane

Docente de la Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Trujillo. Email: ghkeshik@gmail.com

Resumen

Cerro Sechín, en el valle de Casma, ha sido tema de varias interpretaciones arqueológicas. Sus pinturas murales y estelas grabadas han sido interpretadas como escenas de guerra, sacrificios sangrientos e incluso como una escuela de medicina en el Perú antiguo. Sin embargo, el presente trabajo trata de uno de los temas iconográficos menos tratados de este sitio arqueológico, la representación polícroma de un pez en una de las fases arquitectónicas anteriores. A través de una interpretación arqueoastronómica, mitológica y etnográfica de su temática, sugieren la gradual transición a unas formas de culto enfocadas principalmente en la naturaleza de la comunicación entre los mundos natural y sobrenatural más que en las deidades o procesos responsables de dicha comunicación. Estas finalmente se refieren a un viaje iniciático a través del cual el hombre se transforma para restablecer un orden cósmico y social que asegure el suministro del agua y la continuidad de la vida durante el Horizonte Temprano en el valle de Casma.

Palabras clave: Cerro Sechín, Iconografía, cosmovisión andina

Abstract

Cerro Sechin, in the Valley of Casma, has been subject of a numer of archaeological interpretations. Its mural paintings and carved lithic slabs had been interpreted as scenes of war, bloody sacrifices and even as a medicine school in ancient Peru. In this paper, we are offering an archaeoastronomical, mithological and ethnographical undertsnading of one of the iconographical representations least known of the site, that of a polichrome fish decorating one of the earlier architectural phases of the site. This interpretation suggests a gradual transition to a cult centered more in the nature of the communion between the natural and supernatural worlds more tan in the deities or processes responsable of said communion. These instead refer to an iniciatic voyage through which man transforms itself to re-establish a cosmic and social order to maintain water flowing between worlds, to sustain life during the Early Horizon in the Valley of Casma.

Keywords: Cerro Sechin, Iconography, andean worldview

Introducción

El valle de Casma vio el surgimiento de centros monumentales elaborados en barro y piedra entre los cuales se encuentran las mayores construcciones monumentales de su tiempo, como Sechín Alto, o notables por sus rasgos arquitectónicos como son Cerro Sechín y Las Aldas. Esto llevó a considerar al valle de Casma como el lugar de origen de las primeras formaciones estatales del mundo andino (Pozorski y Pozorski 2005) durante el periodo Inicial, entre 2.500 y 1.000 años a.C., con su capital en el sitio de Sechín Alto, donde se encuentra la mayor construcción monumental del periodo.

Si bien durante este periodo se pudo apreciar el notable desarrollo de formaciones políticas, la arquitectura monumental fue variada tanto en configuración como en orientación. También compartieron elementos arquitectónicos o configuraciones similares, como las unidades de ambientes cuadrangulares o plataformas escalonadas como en Pampa de las Llamas-Moxeque y bahía Seca (Pozorski y Pozorski, 2005) o las alargadas estructuras en U como las Aldas, la orientación de estas estructuras es variada, sugiriendo intereses cosmológicos igualmente variados, aunque compartiendo probablemente el mismo estrecho marco iconográfico y arquitectónico debido a limitaciones tecnológicas, contexto ambiental y tradición.

En este sentido, y con el propósito de esclarecer la naturaleza de estas tempranas estructuras y por qué se su emplazamiento, orientación, remodelaciones y posterior abandono, decidimos examinar la naturaleza de estos cambios culturales en el valle de Casma durante este periodo, desde un punto de vista particular: Cerro Sechín. Estudios preliminares sobre Pampa de las Llamas-Moxeque y Huaca de la Luna en el valle de Moche (Seoane 2013; Seoane y Culquichicón 2018) ya nos habían sugerido la presencia de un interesante fenómeno en la costa norte respecto a la arquitectura sagrada a lo largo del tiempo: el dominio de observaciones astronómicas nocturnas con fines rituales y de configuración de centros sagrados, y su posterior reemplazo o superación por la observación de los desplazamientos del Sol en algún momento a fines del Intermedio Temprano (0-600 años d.C.) y Horizonte Medio (600-900 años d.C.).

Estas observaciones habrían sido utilizadas para definir calendarios agrícolas, fijar fechas rituales de importancia y organizar la vida humana en sus aspectos sociales y económicos al establecer una correspondencia y equilibrio entre los mundos divino y humano. Un cambio en el tipo de observaciones habría estado reflejado en un cambio en la configuración y orientación de estructuras sagradas según la posición en el cielo o el interés en diferentes cuerpos celestes fuera cambiando, como queda sugerido por las investigaciones de Illescas (1977; 1990), Sakai (1998), Bauer y Dearborn (1998), Milla (2008) y Benfer (2010), Seoane (2013), entre otros.

Al cobrar importancia ciertos fenómenos celestes sobre otros, estos habrían requerido la elaboración o construcción de un conjunto de mitos que explicaran y justificaran tales fenómenos y en consecuencia un orden social determinado. La diferencia entre sociedades, entonces podría establecerse según como se fueran explicando un mismo fenómeno, ya que revelaría un tipo de unidad ideológico-religiosa que no podría hacerse arqueológicamente evidente a través de la simple descripción y análisis tecnológico de la arquitectura que albergara actividades de carácter ritual.

Con el propósito de establecer esta unidad ideológico-religiosa, a partir de como se explica un determinado fenómeno celeste, y como la arquitectura se ajusta a esta concepción y la registra, decidimos empezar un estudio de los principales sitios en el valle de Casma durante el Horizonte Temprano (1300-0 años a.C.), con la idea de establecer o confirmar “asociaciones” de sitios para este periodo. Estas asociaciones no estarían definidas por similitudes arquitectónicas o iconográficas, sino a partir del tratamiento de la arquitectura frente a los principales fenómenos astronómicos que tuvieron importancia en el mundo andino desde temprano (Milla 2008). En este sentido, proponemos ubicar Cerro Sechín en el contexto histórico del valle de Casma para dar inicio a la comprensión de los procesos culturales que se dieron en el mundo andino en periodos posteriores desde esta perspectiva.

Cerro Sechín

El sitio de Cerro Sechín, en el valle de Casma, se encuentra situado a las faldas del Cerro Sechín, junto a la carretera Casma-Huaráz, cerca de la confluencia de los ríos Casma y Sechín (Figura 1). Este sitio fue uno de los hallazgos más importantes que realizara Julio C. Tello en 1937. Aquí ubicó una serie de estelas de piedra con figuras grabadas en un estilo uniforme, las que formaban parte de los muros que definían una estructura cuadrangular de esquinas redondeadas la cual, a través de sus excavaciones, mostraba estructuras de distintas épocas. Estas estelas, que dieron fama a la estructura, consistían de una serie de grandes monolitos que representaban personajes seccionados a la altura de la cintura, partes de cuerpos, guerreros o sacerdotes armados, así como cabezas y órganos amontonados. Para Tello, estas estelas habrían sido reutilizadas de edificios más antiguos como material constructivo u ornamentación sin tener consciencia de su significado. Tello consideró estas piezas como derivadas de la tradición Chavín; para otros, sin embargo, son la expresión de una cultura particular e incluso han sugerido un parecido con las estructuras tempranas de Monte Albán (Kauffmann 1972: 266). Estas estelas también han sido interpretadas como evidencia de sacrificios sanguinarios, evidencia de violentas guerras e incluso como una “escuela de medicina” que exhibe el profundo conocimiento anatómico en el valle de Casma durante el Horizonte Temprano.



Figura 1.- Ubicación de Cerro Sechín, valle de Casma (Tomado de Google Earth 2021).

Posteriormente, se realizaron trabajos desde 1969 a cargo de Jiménez Borja descubriéndose la galería lítica, y estableciéndose que el edificio de barro era anterior al de piedra, a diferencia de lo planteado por Tello. A partir de 1980, el Proyecto Arqueológico de Sechín se definió como objetivo principal la caracterización de los elementos constructivos, así como establecer la secuencia constructiva del monumento (Maldonado 1992: 69) elaborándose un conjunto de planos de planta, cortes y elevaciones a diferentes escalas.

Hoy en día se reconoce su compleja historia constructiva abarcando un tiempo prolongado entre 1.800 y 1.500 años a.C. aproximadamente. Las excavaciones arqueológicas han revelado tres edificios y tres plataformas (Figura 2). El edificio central principal de esquinas curvas, dos edificios laterales ubicados al noreste y noroeste del edificio principal (Edificios A y B), y tres plataformas denominadas Larco Hoyle, Julio C. Tello y Sur. Estas estructuras están separadas del edificio principal por pasajes norte-sur y un pasaje sur, los cuales se encuentran actualmente cubiertos por relleno arqueológico.

Maldonado (1992) define cuatro etapas constructivas: la primera correspondiente a la construcción monumental de barro, con tres fases constructivas; la segunda, correspondiente al edificio monumental de piedra; la tercera, con dos fases de reutilización; y una cuarta etapa correspondiente a la reocupación del sitio, con construcciones domésticas en piedra, barro y caña. Para el presente análisis nos interesan solamente los cambios en las dos primeras fases constructivas: el edificio antiguo de barro y el posterior de piedra, y lo que a través de sus remodelaciones puedan revelarnos.

Considerando las estructuras conservadas, se trazaron líneas imaginarias sobre los planos de las diferentes fases constructivas, orientados respecto al norte verdadero, considerando puntos de salida y puesta del Sol, la inclinación del brazo mayor y menor de la Cruz del Sur según la propuesta de Milla (2008) y la salida y puesta del Sol al momento del tránsito solar correspondientes a la ubicación geográfica de Cerro Sechín. Se utilizó el programa astronómico Redshift 7 para calcular las tablas de posiciones de los cuerpos celestes para 1.500 años a.C. como referencia.

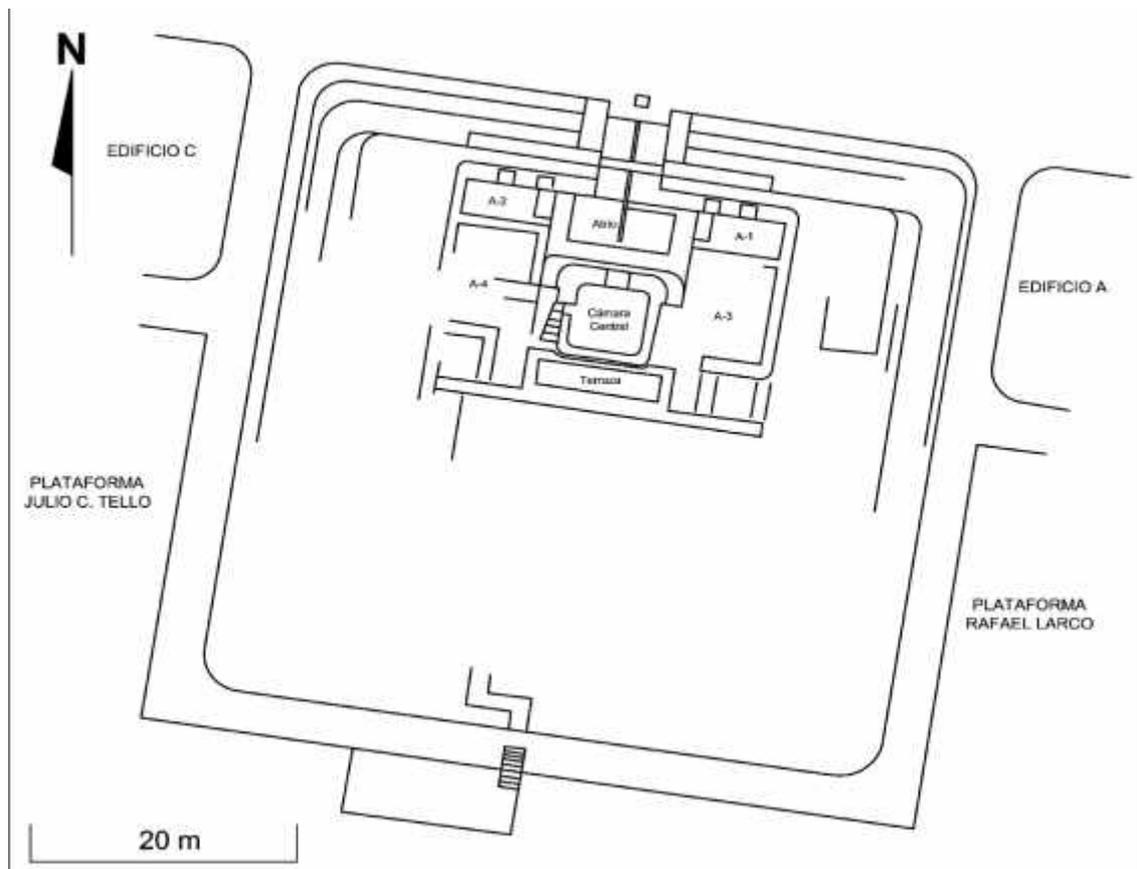


Figura 2.- Las principales estructuras definidas en Cerro Sechín. (Redibujado de Maldonado 1992).

El Edificio de Barro: Primera Etapa Constructiva

Este primer edificio de barro es de aspecto sólido y masivo, de planta rectangular con esquinas curvas. Su primera fase constructiva (Figura 3) se encuentra bien conservada, y comprende una cámara central, dos aposentos laterales hacia el noroeste y noreste (Aposentos 1 y 2) y otros dos ambientes a cada lado de la cámara central de forma rectangular. La escalera de esta fase presentaba cuatro gradas y un atrio que daba acceso a la cámara central. Esta cámara central presenta un acceso secundario en el muro oeste que permite el ingreso al segundo nivel de esta edificación y estaba cuidada por dos gigantescos pumas pintados en el exterior (Figura 4, tomado de Samaniego 1980, foto 2). Estas estructuras estaban pintadas con óxidos: de color celeste los pisos y el interior de la cámara central, de color rosado los paramentos

restantes. Probablemente se trató de estructuras a cielo abierto (Maldonado 1992: 88).

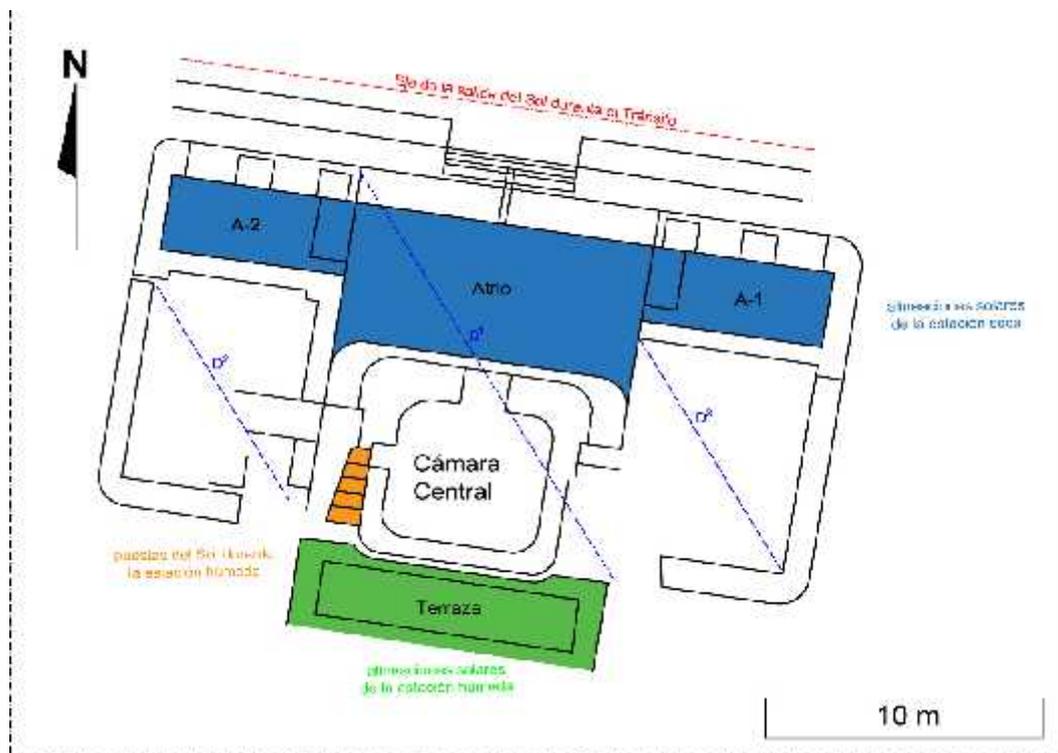


Figura 3.- Edificio de barro, primera etapa, primera fase constructiva, indicando sus principales relaciones astronómicas.

El resultado del procedimiento arriba indicado es que se definieron un conjunto de orientaciones astronómicas significativas para esta primera fase. El edificio en conjunto no está orientado exactamente al norte, pero presenta una ligera diferencia hacia el este de unos 9° , lo que coincide con el punto de la salida del Sol durante el tránsito solar, lo que habría ocurrido a fines de octubre cuando la estructura estaba en uso. El acceso secundario de la cámara central tiene una alineación similar, y parece ser el corazón de la actividad ritual de esta primera fase. Los peldaños de la escalera que lleva a este acceso secundario se corresponden con la posición de la puesta del Sol durante el equinoccio (septiembre), el tránsito solar, octubre, noviembre y diciembre, coincidiendo de esta manera con marcadores para la estación húmeda tal como está definida por Hocquenghem (1989) para las sociedades andinas. El atrio, los Aposentos 1 y 2 (A1 y A2) y los pilares que decoran su extremo norte pueden haber actuado a manera de relojes solares para seguir los desplazamientos del astro a través de las sombras generadas sobre los pisos y banquetas de estos espacios especialmente significativos durante la estación seca: usando el atrio como punto de observación, las diagonal que atraviesa el atrio hacia A1 y A2 se pueden definir un conjunto de alineaciones significativas con la salida y puesta del Sol en estas fechas, y otras que anuncian la llegada de la estación húmeda como la puesta del Sol durante el Solsticio de diciembre, así como el caso de la plataforma o terraza sobre la que descansa la cámara central coincidente con la puesta del Sol a fines de octubre, poco antes del día del tránsito solar. La terraza posterior, en cambio, parece definirse

por un conjunto de alineaciones similares, pero relacionadas predominantemente con la estación húmeda.

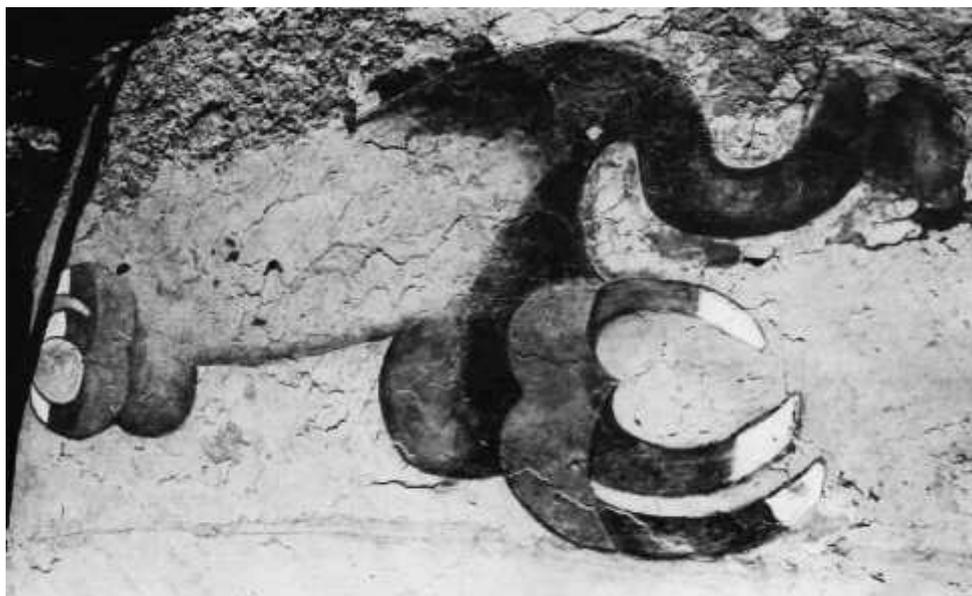


Figura 4.- Representación de felino que decoraba el acceso a la cámara central (Tomado de Samaniego 1980, foto 2).

A diferencia de estos, los ambientes laterales (A3 y A4), así como la organización general de la estructura y el atrio, presentan un comportamiento diferente. La diagonal de estos recintos corresponde con el ángulo respecto al norte celeste (sobre el suelo, el norte verdadero) que presenta la Cruz del Sur al anochecer del día del solsticio de junio, así como las diagonales que definen la porción nuclear (atrio y cámara central) de la estructura hasta la terraza (D¹). Incluso como las diagonales de las porciones oeste (D²) y este (D³) a los lados de la porción central han sido configuradas siguiendo esta alineación estandarizada. En síntesis, tenemos para la primera fase de la primera etapa constructiva, lo siguiente:

1. El edificio está ligeramente desviado respecto al norte verdadero unos 9° lo que es relevante para el amanecer del día del tránsito solar en el sitio. Los ambientes interiores están definidos por la diagonal que sigue el brazo mayor de la Cruz del Sur en el cielo para el solsticio de junio. Este consiste en el principal eje organizador del sitio a través de su historia de uso.
2. Los aposentos 1 y 2 se organizan de acuerdo a la posición de la salida y puesta del Sol relevantes para la estación seca, configurando la porción norte del edificio de acuerdo con observaciones solares.
3. El atrio y porción central del edificio se configuran de acuerdo a posiciones del Sol relevantes al inicio de la estación húmeda (tránsito), cuando el Sol pasa del horizonte norte al sur, definiendo el “núcleo” del edificio.
4. Los ambientes 3 y 4 se configuran su diagonal interior siguiendo una desviación estandarizada del brazo mayor de la Cruz del Sur, alrededor del solsticio de junio. Tanto la Porción central de la estructura como

estos espacios laterales se configuran de acuerdo con las alineaciones importantes para definir el inicio del año en la tradición andina, asociado a la estación seca.

5. La terraza posterior se configura de manera tal que es relevante para observaciones respecto al progreso de la estación húmeda, cuando el Sol se encuentra sobre el horizonte sur de la estructura.
6. Las representaciones felínicas que decoran el exterior de la cámara central son un tema recurrente e importante en las visiones del mundo andinas, desde sus más remotos inicios durante el Precerámico hasta época incaica. Si bien en diferentes periodos puede estas adquirir significados y asociaciones diferentes, están indudablemente ligadas en la tradición andina y amazónica a la época de lluvias.

Por ejemplo, en el dibujo de Santa Cruz Pachacuti (1993: 30) de la plancha de oro fino que supuestamente decoraba la pared del Coricancha se encuentra la representación de un felino con cuatro ojos proyectados hacia adelante, bajo la palabra granizo y sobre otra que se lee como “coa” o “colca” ochuquechinchay, en la parte derecha donde se organizan otros elementos asociados al agua y la estación húmeda. Diferentes investigadores han asociado esta representación con una serie de cuerpos celestes, como la cola de Escorpio, la Cruz del Sur, Tauro o las Pléyades. En el caso de Cerro Sechín, esta representación también la vemos asociada notablemente con el inicio de la estación de lluvias, y de acuerdo con la interpretación del contexto arquitectónico y astronómico donde se encuentra, corresponde con más probabilidad para este periodo de una representación del tiempo del tránsito como inicio de la estación húmeda, anunciando la inminente llegada de las lluvias y una regeneración de la vida (Earls y Siverblatt 1978).

Esto nos revela que el interés en esta estructura se centraba en los desplazamientos aparentes del Sol sobre el horizonte, configurando el núcleo central de la estructura. De especial interés era el tránsito solar a fines de octubre, con referencia a los equinoccios y el solsticio de diciembre, aprovechando los aposentos del extremo norte cuando el Sol se encontraba sobre el horizonte sur, y los del sur cuando el Sol se encontraba sobre el horizonte norte. Esta organización parece revelar un enfoque particularmente predominante en la definición, registro y establecimiento de la estación húmeda respecto a la seca, estableciendo fechas de inicio y término utilizando elementos arquitectónicos para realizar una observación directa o indirectamente a través de la proyección de sombras sobre las estructuras. Sin embargo, la organización global y periférica de la edificación sigue la inclinación estandarizada del brazo mayor de la Cruz del Sur al momento del Solsticio de Junio (estación seca), que marcaba el inicio de año nuevo según la tradición andina: las diagonales de los ambientes laterales quedan al parecer reservada para referencias a observaciones nocturnas, mientras que los aposentos al norte, centro y sur, están definidos por las observaciones solares.

Edificio de Barro: Segunda Etapa Constructiva

De acuerdo con los trabajos realizados (Maldonado 1992: 89), este edificio también tiene una planta rectangular con esquinas curvas. Todos los ambientes del primer nivel fueron rellenados con tierra y cascajo (atrio, aposentos y cámara central). Sobre estos espacios rellenados se construyeron nuevos ambientes de los que quedan escasos restos. A la escalinata de acceso se le han agregado nuevos escalones (hasta un total de 13). El edificio no presenta ya el juego de volúmenes de la fase anterior, aunque al parecer aún está pintado de rosado y celeste como el edificio de la primera etapa. La fachada norte queda en este caso totalmente lisa.

La pobre conservación de las estructuras de esta fase no ha permitido identificar un comportamiento similar al descrito para la estructura de la fase anterior, aunque dos alineaciones significativas se sugieren para esta fase. La primera, al incrementarse el número de peldaños en la escalinata frontal, su diagonal queda siguiendo la orientación estandarizada del brazo mayor de la Cruz del Sur propuesta por Milla (2008), mientras que las estructuras que cubren ahora el atrio continúan asociándose con la puesta del Sol durante el solsticio de junio (estación seca).

Con estos elementos podemos definir un comportamiento entre ambas fases. Mientras que en la primera fase la configuración de los ambientes interiores nucleares se determinaba por la posición de la puesta del Sol en las fechas indicadas, organizándose todo respecto a la inclinación estandarizada del brazo mayor de la Cruz del Sur respecto al norte ($31^{\circ}30'$), para esta fase hay un cambio. Hasta donde la evidencia lo permite, al parecen se están “extrayendo” las alineaciones del edificio nuclear (Cámara Central, Atrio, Aposentos 1 y 2) para configurar el exterior de la nueva estructura. Mientras tanto, el interés por el día del tránsito solar se conserva, como lo estaría indicando la separación central de la escalinata cuya función sería precisamente la determinación de esta fecha (Figura 5).



Figura 5.- La separación central en la escalinata principal de Cerro Sechín.

En síntesis, para esta etapa, el edificio estaría combinando elementos solares y estelares para la configuración de la estructura, sin jerarquizarlos claramente en una porción nuclear y periférica como en el caso anterior. Las representaciones iconográficas mismas parecen estar ausentes en esta etapa.

El Edificio de Barro: Tercera Etapa Constructiva

Para esta etapa la planta cuadrangular se mantiene, realizándose ampliaciones en todas direcciones, relleniéndose los espacios con barro y fragmentos de adobe, al parecer provenientes de muros de adobe destruidos. La antigua escalinata fue cubierta y reemplazada por otra, con la intención de modificar la fachada del edificio, agregándosele dos muros sobre la primera plataforma. Algunos de los anteriores ambientes parecen continuar en uso mientras otros fueron rellenos. La fachada fue remodelada en un segundo momento y sobre estos nuevos paramentos se pintaron dos peces en color (Figura 6), y a la escalinata se le agregaron dos grandes alfardas como protección (Maldonado 1992: 94).



Figura 6.- Peces polícromos sobre la tercera etapa constructiva del edificio de barro (Tomado de Samaniego 1980, foto 7).

Los cambios que afectaron a la arquitectura en esta fase, continuarían con la tendencia expresada en la fase anterior: un interés en “extraer” las alineaciones solares desde los espacios nucleares hacia el exterior de la fachada (Figura 7). En este caso, las nuevas estructuras en la fachada referencian la puesta del sol y amaneceres durante los solsticios.

En el caso del edificio de barro, a través de sus fases constructivas, se ve un creciente interés en hacer más exteriores los referentes solares de la arquitectura, mientras que las de tipo estelar (especialmente sobre la Cruz del Sur, y posiblemente constelaciones negras y otras estrellas relevantes) se mantendrían camufladas en el interior del templo o actuando como ejes para el diseño de los componentes arquitectónicos. Este comportamiento nos puede indicar una reorganización del sistema de creencias en Cerro Sechín, con una definida jerarquía entre cuerpos celestes organizando el templo en sus primeras fases para fusionarse en un mapa menos claro que puede asociarse con la aparición de nuevas formas cosmogónicas en el valle de Casma que desembocarían en un pensamiento propiamente andino (Seoane y Culquichicón 2018). Con el tiempo, este proceso lleva a una reorganización de las ideas iniciales con un elemento central solar y estelar periférico, en uno donde los elementos estelares son ahora centrales, mientras los solares pasan a ser periféricos, pero siempre centrados alrededor del tránsito solar y los inicios de la estación húmeda. En apoyo de esta conclusión, se encuentran las representaciones de peces pintados durante la última remodelación del edificio de barro.

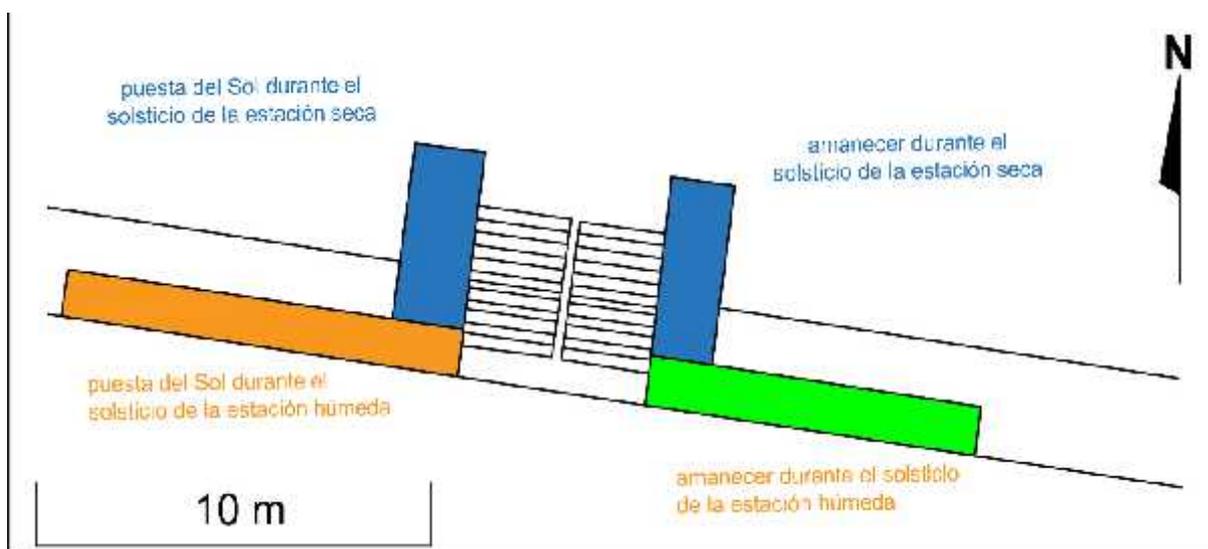


Figura 7.- Alineaciones astronómicas más significativas en la fachada de la primera etapa, tercera fase constructiva.

El Pez Celestial

Unos peces grabados y pintados a color en el lado norte del muro que encerraba perimetralmente todo el edificio, alcanzaban los 3,6 m de largo por 1,5 m de alto. Realizado de forma realista, presenta una boca abierta hacia arriba y franjas verticales en el cuerpo, y por la forma de las aletas se le asocia con especies carnívoras de fondos rocosos cercanos a la orilla del mar como pueden ser peces como el mero, la doncella o el cherlo. Sin embargo, esta representación de corte realista no tiene por qué corresponder a una especie real (Narby 1992: 109), ya que su propósito es la representación o explicación de un fenómeno sobrenatural. Bischof (1988) asocia esta representación a otra

de un personaje de cabeza con la boca y ojos cerrados, con el cráneo abierto del cual brota un chorro de sangre que se extiende hacia arriba. De esta escena deduce la existencia de sacrificios humanos, que consistían en arrojar una persona al mar para ser devorada por los peces.

Estas representaciones deben entonces enmarcarse en el contexto donde la exteriorización de las observaciones celestes se puede asociar a la progresiva importancia de las observaciones estelares como base y ordenador de las actividades del culto más secretas, sagradas o privadas, las solares representarían para esta fase aquellas más públicas o seculares. Esto revela un sistema de creencias con una doble naturaleza en Cerro Sechín. Las complejas observaciones nocturnas heredadas de siglos anteriores requirieron del uso de espejos de agua, así como del registro de ángulos Inter solsticiales y la “conversión” de coordenadas celestes en terrestres para organizar la arquitectura en un intento de “centrar el mundo” (Wheatley 1969) en el tiempo y espacio de Cerro Sechín. Las observaciones solares requirieron solamente de varas y cordeles (Knight y Lomas 2001) y carecían de las propiedades que hacían de la observación astronómica más interesante a estas sociedades, cuyo propósito era al parecer la medición de algún tipo de cuenta larga (Seoane y Culquichicón, 2018). La realización de estas mediciones debió requerir de actividades y rituales no del todo accesibles, con una jerarquía que entre ellas debió reconfigurarse continuamente según unas u otras ganaban importancia o la perdían para el culto.

La primacía que con el tiempo fueron ganando las observaciones estelares debió darse por la gran importancia que empezaban a gozar durante la vida ritual del Horizonte Temprano, como podía ser inicialmente el diseño y uso de una cuenta larga o el registro de la Precesión de los Equinoccios (Santillana y Von Deschend 1977). En este sentido, las observaciones solares habrían quedado progresivamente relegadas a un segundo plano hasta tiempos posteriores cuando esta tendencia se invierte y se vuelven a hacer predominantes cuando la tradición heredada desde el Prececerámico finalmente pierde fuerza y se ve superada por nuevas creencias que requirieron de otros justificantes, primero a alrededor de los inicios del Intermedio Temprano y luego durante el Horizonte Medio (Seoane y Culquichicón, 2018).

En este contexto los peces de color que decoran la última fase de esta estructura son reveladores: Cerro Sechín habría sido establecido alrededor de un sistema de creencias cuyo eje central estaría asociado al Tránsito Solar y el inicio de la estación húmeda, y esta importancia y enfoque se mantuvieron a lo largo de toda su historia de ocupación, a pesar de los cambios y remodelaciones. Pero esta interpretación se transfiere a las observaciones estelares (nocturnas) para las últimas fases, sin por ello perder su sentido inicial: ha cambiado solamente el lenguaje de formas, la iconografía y sus manifestaciones mitológicas pero referidas siempre al mismo evento celeste, a manera de una especie de *pseudomorfosis* cultural (Spengler 1989).

Por tránsito solar se entiende el momento en el que el Sol pasa por el cenit del lugar en cuestión, por lo que, en aquellos días del año, los volúmenes no hacen sombra cuando el Sol alcanza su posición más alta en el cielo. Con

este propósito toma importancia la ranura o separación en la escalinata exterior de acceso al templo, establecer cuando ocurría este fenómeno. Cuando el sistema de creencias en Cerro Sechín trasladó el foco de su interés hacia las observaciones nocturnas, fue necesario replantear el esquema mítico del sitio para continuar con su utilización como foco de la vida ritual durante el Horizonte Temprano. En este sentido, debieron los responsables del culto reestablecer el propósito del tránsito solar hacia un tránsito nocturno lo cual habría requerido la remodelación del edificio antiguo para adecuarlo al nuevo esquema, evitando su abandono y la construcción de un nuevo centro ceremonial en algún otro punto (Eliade 1996, Wheatley 1969). Este habría sido el propósito de la representación de peces en la fachada del nuevo edificio: trasladar el sentido del tránsito solar a un grupo de estrellas que se encontrara en el cenit en esta época del año y marcara el inicio de la estación húmeda como era el interés del culto de la época, pero con un referente nocturno.

El “pez celestial” alcanzaba el cenit sobre Cerro Sechín el día del equinoccio de septiembre, y esta observación debió finalmente ser utilizada para trasladar el significado del puma y el tránsito solar como marcador de la estación húmeda a esta fecha, muy próxima a la primera, en el templo de barro. Este pez se construye con un conjunto de estrellas y constelaciones que en términos modernos son las siguientes (Figura 8): la boca (Tauro), los opérculos y la aleta sobre la cabeza del pez (Orión), la aleta dorsal (Unicornio y el Gran Can), la aleta caudal (Popa), y las aletas pectorales y ventrales con las constelaciones de La Paloma, La Liebre y Eridano.

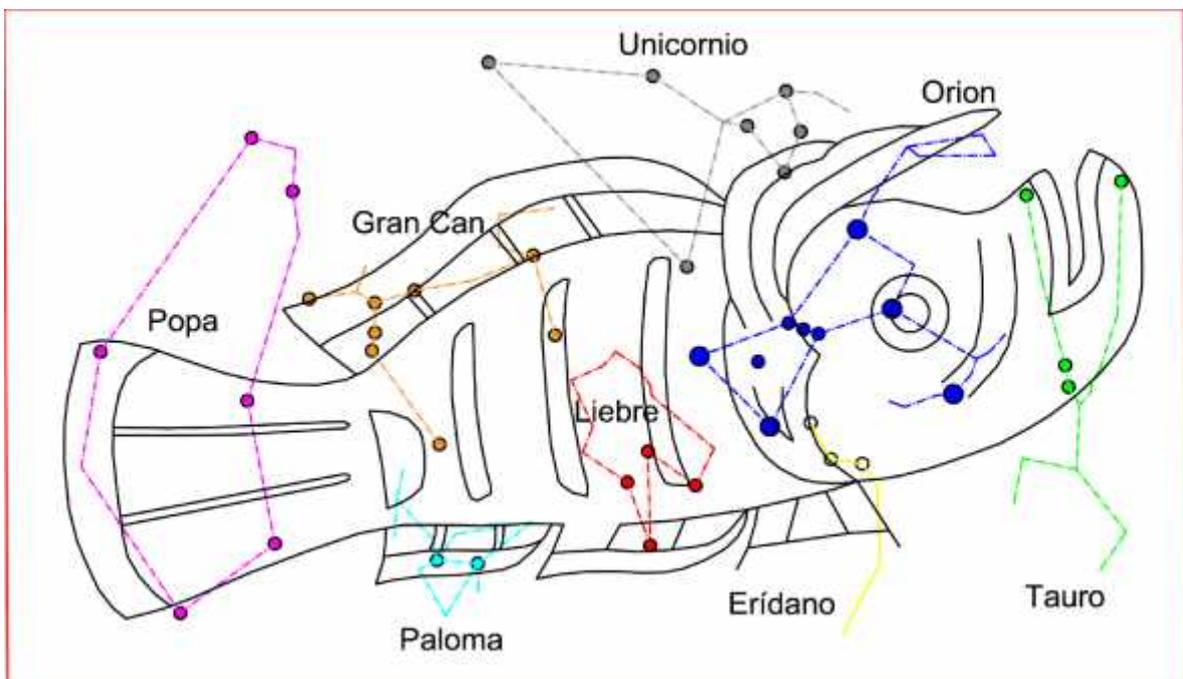


Figura 8.- El “Pez Celestial” de Cerro Sechín y su conformación a partir de las principales estrellas en el cenit la noche del tránsito solar. Las constelaciones modernas y las principales estrellas indicadas como referencia.

La importancia de este sector del cielo no fue sólo grande para el mundo andino, y se le puede identificar en otros lugares como el antiguo Egipto, Medio Oriente, Norte de Europa, Norteamérica aborigen, entre otros: Una referencia al origen del mundo, cuando los dioses vivían en la tierra con los hombres, antes de partir a los cielos por las trasgresiones de estos últimos. Aquel día es recordado en muchas mitologías como el principio del mundo o el inicio de una nueva era, y contar el paso del tiempo hasta el retorno de los dioses a la tierra fue parte importante de la vida ritual de innumerables pueblos a lo largo de la historia (Santillana y Von Deschend 1977, Seoane y Culquichicón 2018).

El Edificio de Piedra: Segunda Etapa Constructiva

Finalmente, en algún momento tras la última fase del edificio de barro, algún evento importante debió ocurrir y el antiguo templo de barro fue circundado con una pared de piedra rellenándose el espacio entre esta y las estructuras anteriores con grandes piedras de granito y barro. La forma cuadrangular del edificio se mantuvo, junto con sus esquinas redondeadas. Este nuevo muro consistía de grandes y pequeñas piedras canteadas unidas con barro y cuñas de piedra, donde se encontraban grabadas figuras de personajes seccionados, partes de cuerpos, cabezas humanas, órganos amontonados, vísceras, huesos, etc. Este muro estaba interrumpido en dos puntos. El acceso principal hacia el norte y el acceso a una galería en el lado sur del edificio. Junto a este edificio se construyeron las plataformas laterales de piedra (Rafael Larco, Julio C. Tello y Sur).

Si bien muchas de las estructuras de este edificio se han perdido, un reducido número de alineaciones pueden ser identificadas para esta etapa constructiva. Con el acceso principal como referencia continúan en uso las referencias solares indicadas para la etapa anterior. Una nueva es posible sugerir: la puesta del Sol a inicios del mes de mayo coincide con la esquina del Edificio C desde el mismo punto de observación. Esta es una fecha de importancia en el mundo andino incluso hasta la actualidad, e indicaba antiguamente el inicio de la celebración de la “Cruz de Mayo”. La importancia de esta fecha fue que por entonces la Cruz del Sur aparecía “erguida” en el cielo al anochecer, no inclinada como era lo usual (Milla 2008).

Estos dos datos nos ofrecen una imagen para el edificio de piedra. En un primer aspecto, las observaciones de eventos solares parecen continuar siendo desplazadas o relegadas al exterior del montículo nuclear. En segundo lugar, las alineaciones del brazo mayor de la Cruz del Sur han cobrado notable importancia. No es solamente que estas organizaran el interior de las estructuras asociadas a las actividades menos públicas e incluso secretas del culto (iniciación o entrenamiento de sacerdotes), sino que empiezan a regir y subordinar incluso aspectos solares que ahora se trazan en referencia a observaciones estelares nocturnas, estableciendo un patrón que se mantendría durante los siguientes 1.500 años en los Andes prácticamente sin cambios (Seoane y Culquichicón 2018).

El edificio de piedra en este sentido puede plantearse como la materialización de la definición ideológico-ritual de un conjunto mitológico que

superpone aspectos solares y nocturnos para crear una visión del mundo donde lo esencial es la apertura y mantenimiento de la comunión entre los mundos humano y sobrenatural, ocurriendo esto alrededor de la estación húmeda, cuando ambos mundos entran en contacto; y como afirma la tradición andina, el agua fluye del mundo sobrenatural hacia el humano para mantener la vida. Es en este contexto que debemos entender las imágenes grabadas sobre estas estelas, correspondientes a cuerpos seccionados, partes de cuerpos, cabezas humanas y guerreros.

Suplicio e Iniciación

Partiendo del principal aspecto del edificio principal, su alineación respecto al amanecer del día del tránsito solar (puma) y su posterior reinterpretación con el pez celestial dada la transición al carácter nocturno de esta visión del mundo, ofrecemos un marco referencial de los aspectos más significativos que pudieron establecer la importancia de esta fecha para los ocupantes de Cerro Sechín durante el Horizonte Temprano.

Asociado a estas fechas en los calendarios rituales andinos posteriores están con frecuencia las escenas de suplicio, tanto para el calendario mochica en la costa norte (Hocquenghem 1989:79) como posteriormente durante tiempos incaicos, según lo muestra Guamán Poma. Las escenas de suplicio entre los mochica se representan como hombres o mujeres atados a picotas o construcciones de madera, con la piel de la espalda o el rostro arrancada, expuestos a los buitres y cerca de las tumbas o templos. La interpretación de estas escenas ha sido variada, encontrándose entre estas “castigos infligidos a los adúlteros, ladrones y curanderos inefectivos”.

Según Guamán Poma, en el calendario incaico, estas escenas correspondían al segundo mes del tiempo caliente y seco, cuando sacrificaban a los dioses e ídolos “para que enviasen agua del cielo” (Guaman Poma 1956: 179). Con este propósito reunían en la plaza carneros y perros, dejándolos sin comer y dándoles de palos para lograr que aullaran. Lo mismo hacían hombres, mujeres y niños “haciendo grandes llantos” para pedir agua a los dioses. Este suplicio o expiación buscaba así restaurar el orden social que pudiera haber sido alterado por errores graves, asegurándose en esta forma, en el último mes de la estación seca y cálida, de lograr la continuación de la vida y el orden social castigando a los responsables de amenazar el orden del mundo, como a los adúlteros, ladrones y malos curanderos. Estas actividades se habrían realizado asociadas al tiempo del tránsito solar, cuando el astro pasaba del horizonte sur al norte, anunciando la pronta llegada de las lluvias. De esta forma, “el agua y la muerte son siempre asociadas por el pensamiento indígena. Para obtener una hay que sufrir la otra” (Levi-Strauss 2005: 193).

La asociación entre agua y muerte se puede explicar por qué, como la tierra, el mar está rebosante de vida, pero de una vida diferente y extraña. Para sobrevivir en el mar debe uno dejar el tipo de vida en la tierra y abrazar un tipo de vida distinto en el mar. Esta imagen es una poderosa metáfora para comprender la relación entre el mundo de los hombres y el “otro mundo” de los ancestros, de cómo pueblos que dependieron notablemente de la oportuna

llegada del agua asociaban la vida a su presencia en este mundo, y la muerte a su ausencia. En este sentido la elección de un “pez” representado durante la fase final del edificio de barro nos aclara el porqué de esta elección: una bestia marina (o al menos acuática) que al llegar “a las alturas del cielo” (cenit) derrama el agua sobre la tierra para mantener la vida, por lo cual el hombre debía “expiar” sus malas acciones y asegurar el envío del agua desde ese otro mundo a este. La importancia de esta “bestia marina” responsable de abastecer de lluvias a la tierra, puede tener otro buen ejemplo en el sitio de Las Aldas, al sur del valle de Casma y al pie del mar, cuya existencia fue posible en otro tiempo gracias a las filtraciones de agua que se producían en los acantilados cercanos rodeados de estériles e improductivos desiertos.

Pero asociados al suplicio, muerte y desmembramiento no está sólo la llegada del agua que asegura la continuidad de la vida y el orden social. Tenemos una serie casi inagotable de mitos donde el héroe, su madre u otro personaje son devorados y sus huesos son cocidos con sustancias mágicas (piedras, cuarzo, metales) para devolverlos a la vida. Caso contrario, “devoran un cadáver” tras lo cual renacen como seres mágicos, medio humanos, medio espíritu. Este acto, ya sea el devorar o el ser devorados y restaurados a la vida, consagran al héroe definitivamente en su oficio de brujo (Fourtané 1993: 261).

Este acto de suplicio y muerte se traduce muchas veces de forma simbólica, “los sufrimientos que provoca corresponden a las torturas iniciáticas; el aislamiento síquico de un “enfermo escogido” es el paralelo del aislamiento y la soledad rituales de las ceremonias iniciáticas; la inminencia de la muerte conocida por el enfermo evoca la muerte simbólica adoptada en toda ceremonia de iniciación” (Eliade 1996: 45). Varios relatos hablan por ejemplo de la presencia del espíritu del futuro chamán varios días entre los muertos “durante el cual el candidato era descuartizado, sus miembros desgarrados y separados, tras lo cual se juntan todos sus huesos para su restauración posterior, su enfrentamiento con un ser marino que lo hiere gravemente, es asesinado por otro chamán o los espíritus, le cortan la cabeza para limpiarle el cerebro y que pueda penetrar en los misterios de los malos espíritus y las enfermedades, etc.”

En este contexto las imágenes sangrientas de la última fase del templo de piedra de Cerro Sechín nos ofrecen la visión no de la conmemoración de una sangrienta batalla ni la de una escuela de anatomía ni tampoco horribles sacrificios humanos. Más bien, relatan el viaje iniciático del futuro sacerdote o chamán al mundo de los muertos donde aprende los secretos del oficio y es transformado física y mentalmente para ocupar su nuevo rol en la sociedad. En este sentido es el relato del viaje del candidato por la tierra de los muertos (Figura 9) donde atraviesa una serie de pruebas para emerger como un hombre-espíritu victorioso, capacitado para mantener el contacto entre los mundos del ancestro y del hombre. El mundo de los muertos es con frecuencia representado o está asociado a formas de incontinencia anal o la gula en varios lugares de la América aborígen (Levi-Strauss 2008) y a los espíritus como “cabezas voladoras en varias leyendas comunes en los Andes (Toro 1991). El descuartizamiento o la representación de precisamente ambas porciones del cuerpo humano revelan el éxito o no de este viaje iniciático, que en una forma

no del todo diferente puede observarse en el conocido mural de la sacerdotisa en Pañamarca para la época mochica.

Para Cerro Sechín, los candidatos, hombres comunes, “dejan atrás” o se separan de sus porciones más mundanas (sistema gástrico, piernas (y sexo), para renacer (de sus amontonamientos de huesos) convertidos en magos o chamanes con conocimiento del mundo de los espíritus, responsables de esta transformación operada en ellos (cabezas voladoras).

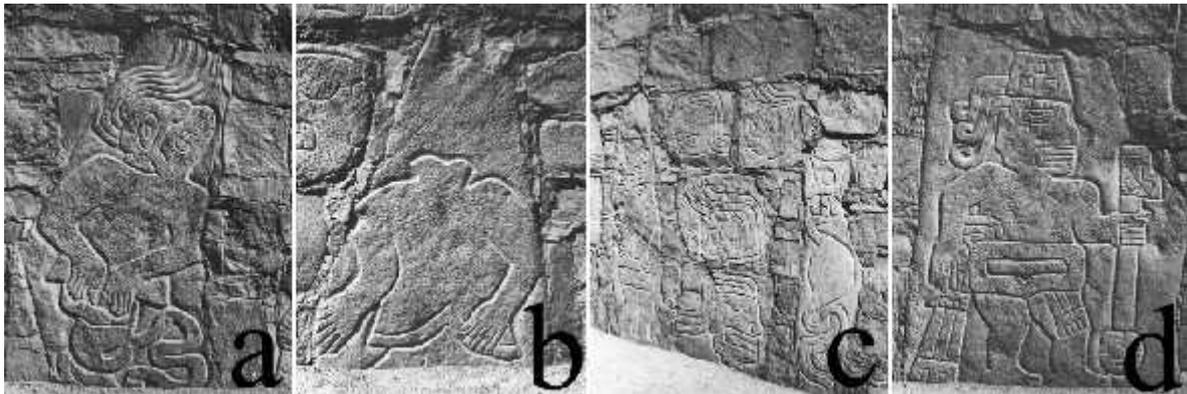


Figura 9.- La transformación del hombre durante el viaje al otro mundo: a) la separación del hombre de la fuente de su materialidad (sistema gastrointestinal); b) separación de la cabeza para su transformación; c) en el mundo de los espíritus; y d) su retorno final como hombre-espíritu (chamán).

Conclusiones

Las representaciones de cuerpos seccionados y partes de cuerpos sobre las estelas de Cerro Sechín deben ser entendidas como la representación del viaje iniciático o simbólico que el sacerdote o chamán debía realizar para restablecer el orden social y cósmico, siendo transformado durante el proceso en un ser hombre-espíritu que pudiera realizar la comunión entre ambos mundos. Su viaje a través del mundo inferior representaría en cierta manera “ser devorado” para cuyo propósito probablemente se elaboró la galería lítica en el extremo sur del monumento. Allí el candidato debía permanecer un periodo determinado de tiempo durante el cual debía ser transformado a través de una serie de ritos que simbolizarían ese viaje por el mundo de los muertos, representado en las estelas por las cabezas y vísceras entre los personajes que “avanzan” entre ellas, donde estos serían seccionados (retirándoles las vísceras que los hacen humanos), amontonando sus restos para restaurarlos posteriormente como seres espirituales a la “superficie” para asegurar el orden social.

Estas ceremonias habrían estado asociadas a los eventos celestes que definían y delimitaban el periodo cuando el camino o conexión entre los mundos se abría (el inicio de la estación de lluvias) para “traer el agua a este mundo”. Inicialmente, estas este momento habrían sido definido por los desplazamientos solares asociados a la llegada de las lluvias; pero eventualmente, con el desarrollo y difusión de las observaciones estelares

nocturnas durante el Horizonte Temprano y los cambios en las necesidades simbólicas del culto por las transformaciones de la visión del mundo andina, se trasladaron estos significados a un conjunto de estrellas cenitales que reimaginaron los viejos paradigmas y pudieron continuar utilizando la estructura con un mínimo de alteración.

La construcción de esta compleja visión del mundo no fue instantánea ni estática. Se trató de un proceso dinámico e irregular donde se reinterpretó el orden cósmico y su relación con el mundo del hombre a partir de un conjunto de creencias que pudieron haberse heredado de tiempos anteriores, los cuales fueron gradualmente modificados según se iba concediendo mayor importancia a ciertos fenómenos sobre otros. La arquitectura, como representación de ese espacio cósmico debió entonces modificarse para adecuarla a las cambiantes representaciones de ese orden, incorporándose en el sistema de creencias las relaciones entre el agua, la muerte, los ancestros y la comunicación entre ellos como responsables de la persistencia del orden social y natural desde la perspectiva de Cerro Sechín.

Referencias Bibliográficas

- Bauer BS, Dearborn DS. (1998): *Astronomía e Imperio en los Andes*. 230 p.; Cusco; Centro Bartolomé de las Casas.
- Benfer RA. (2010): Definición de la astronomía temprana del sitio de Buenavista. Proyecto de Investigación arqueológica, Informe Final 2007.
- Bischof H. (1988): Los relieves de barro de Cerro Sechín, evidencias de un culto marino en el antiguo Perú. *Boletín de Lima* 55: 59-68.
- Bischof H. (1995) Los murales de adobe y la interpretación del arte de Cerro Sechín. *Arqueología de Cerro Sechín/Escultura II*, pp. 125-156.; Lima; Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Earls J, Silverblatt I. (1978): La realidad física y social en la cosmología andina. En: *Actes du XLII Congrès International des americanistes*, IV. Fondation Singer/Polignac, París, pp. 299-326.
- Eliade M. (1996): *El chamanismo y técnicas arcaicas de éxtasis*. México; Fondo de Cultura Económica.
- Fourtane N. (1993): Tradición y creación en el cuento folclórico de los Andes peruanos. En: *Mito y simbolismo en los Andes* editado por Henrique Urbano, Pp 261-282.
- Guaman Poma F. (1956): *La nueva crónica y buen gobierno*. Primera Parte. Interpretada por el Teniente-Coronel Luis Bustios Galvez; Lima; Editorial Cultura.
- Hocquenghem AM. (1989): *Iconografía Mochica*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial.

- Illescas Cook G. (1977): Astrónomos en el antiguo Perú. Lima; Kosmos.
- Illescas Cook G. (1990): El cielo de los antiguos peruanos. Lima; Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC).
- Kauffman F. (1972): Historia General de los Peruanos. tomo I; Lima; Iberia S. A.
- Knight C, Lomas R. (2001): Soñadores del diluvio. Madrid; Oberon.
- Levi-Strauss C. (2005): Mitológicas I: Lo crudo y lo cocido. México; Fondo de Cultura Económica.
- Levi-Strauss C. (2008): La alfarera celosa. Barcelona; Piados.
- Maldonado E. (1992): Arqueología de Cerro Sechín. vol. 1, Arquitectura; Lima; Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP, Fundación Volkswagenwerk-Alemania.
- Milla C. (2008): Génesis de la Cultura Andina. Lima; Carlos Milla Villena.
- Narby J. (1992): La serpiente cósmica. Lima; Takiwasi y racimos de Ungurahui.
- Pozoski T, Pozorski S. (2005): Architecture and Chronology at the Site of Sechin Alto, Casma Valley, Peru. *Journal of Field Archaeology* 30 (2): 143-161.
- Sakai M. (1998): Reyes, estrellas y cerros en Chimor. Lima; Editorial Horizonte.
- Santa Cruz Pachacuti Yamqui Salcamaygua J. (1993): Relación de antigüedades deste reyno del Piru. Estudio etnohistórico y lingüístico de Pierre Duviols y César Itier, 274 p.; Cusco; Instituto francés de Estudios Andinos y Centro de Estudios Regionales andinos Bartolomé de las Casas.
- Samaniego L. (1980): Informe sobre los hallazgos en Sechín. Monumento arqueológico en la costa norte del Perú. *Indiana* 6: 307-348.
- Santillana G, Von Dechend H. (1977): Hamlet's Mill. Boston; David R. Godine.
- Seoane F. (2013): Del atardecer a la mañana: replanteando el orden del mundo en la sociedad moche durante el Horizonte Medio. *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia* 9: 77-106.
- Seoane F, Culquichicón MJ. (2018): Hitching the Present to the Stars: The Architecture of Time and Space in the Ancient Andes. En: *Constructions of Time and History in the Pre-Columbian Andes* editado por Edward Swenson y Andrew P. Roddick, Capítulo 8; Pp. 239-262.
- Spengler O. (1989): La Decadencia de Occidente. Madrid; Espasa-Calpe.
- Toro C. (1991): Mitos y leyendas del Perú. Lima, AFA Editores Importadores S. A.

Wheatley P. (1969): *City as Symbol. An Inaugural Lecture Delivered at University College, London, 20 November 1967*; London; H. K. Lewis.



FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA

Evidencias arqueobotánicas de frutos de *Genipa americana* L. 1759

Víctor F. Vásquez y Teresa E. Rosales

La *Genipa americana* L., conocida comúnmente como “jagua” o “huito”, es un árbol de la familia de las *Rubiaceae*, decíduo, de 20 m de alto, originario de las selvas húmedas de América Latina. Los especímenes peruanos de esta especie han sido colectados en campos de planicies inundadas o bosques de los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco y San Martín, entre los 0-1000 msnm (Ugent y Ochoa 2006).

El fruto es una baya grande, elíptico, color pardo amarillento, de 5,5 a 12 cm de largo, 5,5 a 9 cm de diámetro, peso de 200 a 463 g; cáscara delgada, con puntuaciones pardo oscuras, mesocarpo fibroso, pastoso, con numerosas semillas aplanadas, duras, de color pardo oscuro. Es utilizada actualmente por los indígenas de la selva, para pintar sus cuerpos como protección contra el sol, los insectos, afrodisíaco, abortivo, y también se indica que son frotados en el cuero cabelludo para hacer crecer el pelo (Luis La Torre, Comunicación Personal, Diciembre 2021).



Figura 1.- Fruto deshidratado de *Genipa americana* L. descubierto en un contexto funerario en Chan Chan

Desde la época prehispánica se reporta el uso de su fruto inmaduro para extraer la pulpa jugosa, que al contacto con el aire se oxida logrando una coloración azul oscura y casi negra. Se indica que este jugo obtenido, es fuente natural de hierro (Fe), rivo flavina y sustancias antibacterianas, y es utilizado para colorearse la piel, especialmente el rostro y el tórax. Es importante conocer el estado de maduración del fruto para obtener un buen resultado en la tonalidad del color, y se comienza separando la masa vegetal de la cáscara, la cual se muele de manera tal que las semillas se separen un poco del mesocarpio que las cubre. El solvente más apropiado en la extracción es agua que debe calentarse a 60° C como máximo, evitando de esta manera la degradación del color; una adecuada relación sólido-solvente, son las condiciones generales que gobiernan el proceso extractivo (Echeverry 2004).

Las primeras evidencias arqueobotánicas de sus frutos deshidratados, han sido recuperados de Cerro Colorado en las cercanías de Huacho, en un cementerio Chancay cuya datación es de 1100 a 1400 años d.C. Los frutos estaban sostenidos en las manos de momias humanas, la piel de las cuales estaban tatuadas con diseños florales, zoológicos y geométricos (Ugent y Ochoa 2006). También con el descubrimiento de la Señora de Cao en el año 2006, se pudo observar que sus extremidades estuvieron tatuadas con diversos motivos de serpientes, arañas y otros motivos, que, por la buena conservación de este personaje, se pudo observar el color negro-azulado de los tatuajes. Siendo que los tatuajes fueron practicados por las culturas costeras, es posible que el fruto de esta especie haya sido conocido en la época Moche y utilizado para tatuajes en las extremidades de este personaje de la élite Mochica.

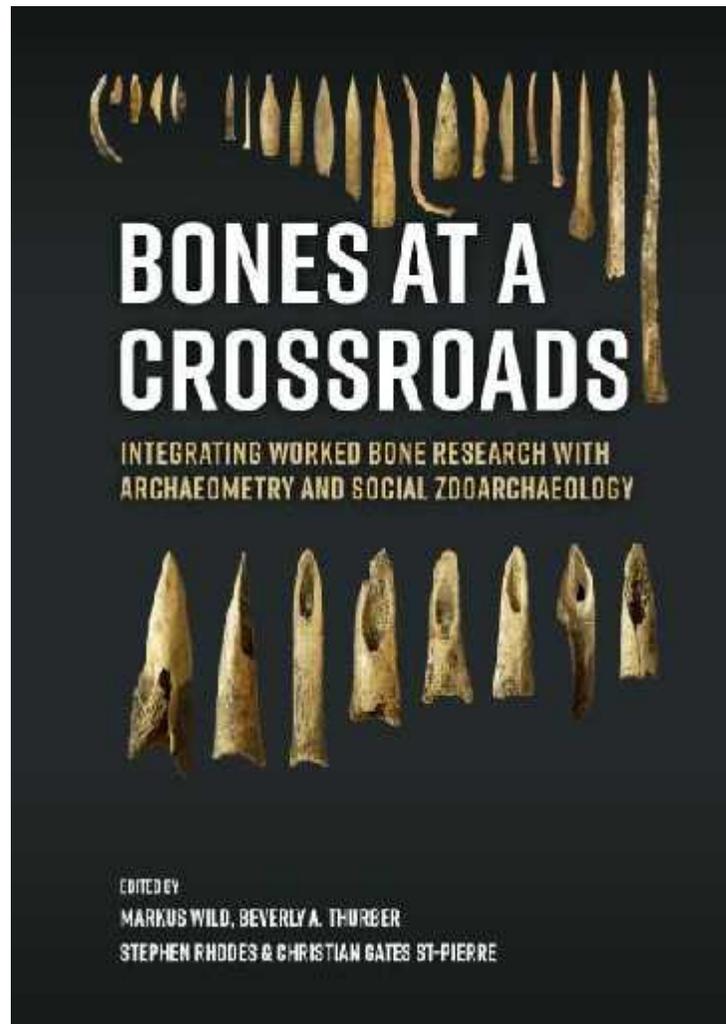
En la figura 1, se presenta por primera vez un fruto completo deshidratado, que muestra aún las características morfológicas tanto en la parte donde se asocia el pedúnculo frutal, sino también en el extremo apical del fruto, que se ha alargado por la deshidratación. La identificación del fruto, fue confirmada por el tipo de semillas negras y planas, que aún estaban uniformemente distribuidas, alrededor del mesocarpio seco de esta baya. Por tanto, esta evidencia y aquellas que mencionan para las momias de Cerro Colorado, son indicadores de un uso difundido de las características tintóreas de los frutos de esta especie en la costa norte prehispánica del Perú.

Referencias bibliográficas

Echeverry JA (2004): Adaptación tecnológica de un proceso en escala piloto para obtener colorante de la Jagua. Trabajo de Grado de Ingeniería de procesos. Medellín: Universidad EAFIT.

Ugent D, Ochoa C (2006): La Etnobotánica del Perú. CONCYTEC. Lima. 380p.

LIBROS PUBLICADOS



Este libro trata sobre los estudios de herramientas óseas que actualmente se encuentran en una encrucijada. Un camino actual es ir más allá de la concatenación de métodos o conceptos tomados de otras disciplinas y apuntar, en cambio, a un enfoque verdaderamente integrado que esté más en línea con los objetivos de la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria. Los artículos de este volumen siguen esta dirección adoptando diversas formas de diálogo e integración entre métodos y enfoques antiguos y nuevos, incluido el análisis tecnológico, el análisis del material usado, la tipología, la zooarqueología, el análisis de isótopos estables, la arqueología experimental o el análisis espacial. Representan una mezcla de cuestiones metodológicas, estudios de casos y discusiones de fenómenos culturales e históricos más amplios que abarcan miles de años y muchas partes del mundo, desde el sur de Asia hasta el Cercano Oriente y Europa, y desde el norte hasta el sur de América.

POLÍTICA EDITORIAL

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

SECCIONES:

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

1.- Artículos de Investigación:

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

2.- Artículos de Revisión:

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

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

3.- Notas Técnicas:

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

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

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

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

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

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

4.- Referencias Bibliográficas:

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

Referencias para Libros:

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

Referencias para Artículos en Libros:

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

Referencias para Artículos de Revistas:

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

5.- Evaluación:

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

por la Revista *ARCHAEOBIOS*) será devuelto a lo autores para su corrección sin ser evaluada.