

ARCHAEOFAUNA

INTERNATIONAL JOURNAL OF ARCHAEOZOOLOGY



ARCHAEOFAUNA

ARCHAEOFAUNA es una revista anual que publica trabajos originales relacionados con cualquier aspecto del estudio de restos animales recuperados en yacimientos arqueológicos. Los manuscritos deben enviarse a:

ARCHAEOFAUNA is an annual journal that publishes original papers dealing with aspects related to the study of animal remains from archaeological sites. Manuscripts should be sent to:

EUFRASIA ROSELLÓ IZQUIERDO

Laboratorio de Arqueozoología. Dpto. Biología. Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid. España (Spain)

Para la elaboración de manuscritos, que serán evaluados por un mínimo de dos revisores externos, consultar las instrucciones de la contraportada. Todos los manuscritos no conformes con las normas de publicación serán automáticamente devueltos a los autores. Cada autor o grupo de autores recibirán un pdf de su trabajo.

For preparation of manuscripts, that will be evaluated by a minimum of two external referees, please follow the instructions to authors. All manuscripts not conforming to these instructions will be automatically returned to the authors. Each author (or group of authors) will receive a pdf of his/her (their) work.

Director: ARTURO MORALES MUÑIZ

Laboratorio de Arqueozoología. Dpto. Biología. Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid. España (Spain)

Comité editorial / Editorial board:

U. ALBARELLA. Department of Archaeology, University of Sheffield, UK.

D. BENNET. equinestudies.org, USA.

I. CRUZ. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Argentina.

M. DOMÍNGUEZ RODRIGO. Departamento de Prehistoria, Universidad Complutense, Spain.

K. EMERY. Florida Museum of Natural History, USA.

E.M. GEIGL. Institute Jacques Monod, UMR CNRS Université Paris Diderot, France.

H. GREENFIELD. University of Manitoba and St. Paul's College, Winnipeg, Canada.

A. HADJIKOUMIS. Department of Archaeology, University of Sheffield, UK.

L. JONSSON. Gothenburg Museum of Natural History, Sweden.

C. LEFÈVRE. Muséum national d'Histoire naturelle UMR 7209, Paris.

A. LUDWIG. IZW, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany.

R.H. MEADOW. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, USA.

M. MORENO GARCÍA. Instituto de Historia, CSIC, Spain.

N. MUNRO. Anthropology Department, University of Connecticut, USA.

J. NADAL LORENZO. Secció de Prehistoria i Arqueologia, Universitat de Barcelona, Spain.

N. SYKES. University of Exeter, UK.

M. ZEDER. Smithsonian Institution, Washington DC, USA.

Revista incluida en las bases de datos ICYT (CINDOC), Catálogo Latindex, Zoological Record, The Arts & Humanities Citation Index y Current Contents / Arts & Humanities (JCR)

ARCHAEOFAUNA

Laboratorio de Arqueozoología. Depto. Biología.
Universidad Autónoma de Madrid
Cantoblanco 28049. Madrid. España

Editor: Eufrasia Roselló Izquierdo

Editor Adjunto / Assitant Editor: Laura Llorente Rodríguez

Faculty of Archaeology, Universiteit Leiden, The Netherlands. l.llorente.rodriguez@arch.leidenuniv.nl



LAZ

Diseño y maquetación:

Ismael Sánchez Castro

Tel.: 670 763 012

ismasan76@gmail.com

Imprime:

Impresores Digitales S.L.

FRONTISPIECE: The animals from miniature no. 5 of the *Cantiga 29, fol 44r. Códice Rico. Biblioteca del Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial.*

ISSN - 1132-6891

ARCHAEOFAUNA

INTERNATIONAL JOURNAL OF ARCHAEOZOOLOGY



Depósito Legal: M. 30872-1992

Diseño y maquetación:
Ismael Sánchez Castro
Tel.: 670 763 012
ismasan76@gmail.com

Imprime:
Impresores Digitales S.L.

Índices/Contents

Gift of the Mamelukes: Animal ambassades as vectors of exotic fauna introductions in the Spanish Middle Ages. El regalo de los mamelucos: Las embajadas animales como vectores de introducciones de fauna exótica en la Edad Media española. <i>Dolores Carmen Morales-Muñiz & Arturo Morales-Muñiz</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.001	7-19
Análisis de las cuentas de conchas marinas del collar y la pulsera del cerro de las chinchillas (Rioja, Almería, España). <i>M^a de La Paz Román-Díaz, Diego Moreno & Adolfo Moreno-Márquez</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.002	21-40
Evidencias tafonómicas y biomoleculares de termoalteración y formación de los depósitos óseos de peces dulceacuícolas en el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina, Colombia. Taphonomic and biomolecular evidence of thermoalteration and formation of freshwater fish bone deposits at the San Pedro archaeological site of the Momposina Depression, Colombia. <i>Saán Flórez-Correa, Sneider Rojas-Mora, Sergio Solari-Torres & Luz Fernanda Jiménez-Segura</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.003	41-62
Negro sobre blanco. La explotación de pingüinos y cormoranes en la Patagonia Austral durante el Holoceno. Black on white. The exploitation of penguins and shags in Southern Patagonia during the Holocene. <i>Isabel Cruz & Bettina Ercolano</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.004	63-80
A Pack of Hounds and its Master? A Bi-Species Burial from the Necropolis of Deir El-Banat (Fayum). <i>G.A. Belova, B.F. Khasanov, O.A. Krylovich, S. Ikram, D.D. Vasyukov & A.B. Savinetsky</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.005	81-100
Crevettes marines et dulcicoles: critères d'identification des restes archéologiques. Application au quartier portuaire romain de Saint-Lupien à Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique, France). <i>Aurelia Borvon & Yves Gruet</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.006	101-122
La malacofauna de la villa romana de Pla de Palol (Platja d'Aro, Baix Empordà). <i>Josep Burch, Margarida Casadevall, Simonas Valiuska & Vianney Forest</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.007	123-138
Comparación de dos sistemas de registros zooarqueológicos rápidos y sus resultados interpretativos a través de la Presencialidad Multivariable. Ventajas e inconvenientes. Comparison of two rapid zooarchaeological recording systems and their interpretative results through Multivariate Presence. Advantages and disadvantages. <i>Alejandro Beltrán Ruiz & Laura María Arenas Gallego</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.008	139-158
La identidad de los Camélidos mochica mediante la osteometría de la primera falange, costa norte del Perú. <i>Víctor F. Vásquez Sánchez & Teresa E. Rosales Tham</i> http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.009	159-175
Announcements.....	177

Evidencias tafonómicas y biomoleculares de termoalteración y formación de los depósitos óseos de peces dulceacuícolas en el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina, Colombia

Taphonomic and biomolecular evidence of thermoalteration and formation of freshwater fish bone deposits at the San Pedro archaeological site of the Momposina Depression, Colombia

SAÁN FLÓREZ-CORREA^{1,2}, SNEIDER ROJAS-MORA¹, SERGIO SOLARI-TORRES³ & LUZ FERNANDA JIMÉNEZ-SEGURA²

¹Programa de Investigación Arqueológica de la Depresión Momposina (PIDMO). Línea de Paleocología del Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO). Universidad de Antioquia.

²Grupo de Investigación en Ictiología (GIUA). Universidad de Antioquia.

³Grupo de Investigación en Mastozoología (GM). Universidad de Antioquia.
e-mail: saan.florez@udea.edu.co

(Received 10 March 2023; Revised 31 May 2023; Accepted 11 July 2023)

RESUMEN: El uso histórico de la biodiversidad de peces llevado a cabo por las poblaciones humanas que han habitado el Caribe colombiano se ha registrado en la mayoría de yacimientos arqueológicos de la región. En esta investigación se analizan las evidencias tafonómicas y biomoleculares de termoalteración y formación de los depósitos óseos de peces dulceacuícolas aprovechados por una comunidad indígena en el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina durante el siglo VII d.C. Se evidencia el aprovechamiento de especies migratorias como *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Prochilodus magdalenae* y *Ageneiosus pardalis*, y taxones residentes como *Hoplias malabaricus* y *Caquetaia kraussii*, que presentan evidencias de quema, carbonización y calcinación posterior a su consumo, generando cambios de color, fragmentación, agrietamiento de los sistemas osteónicos, polimerización del colágeno, fusión de los cristales de hidroxiapatita y degradación del ADN contenido en la matriz ósea. Posterior a la quema, se encontró un patrón de descarte y acopio de las evidencias en depósitos de cerámica, carbón y arqueofauna acuática generando la incorporación diagenética de Hierro en las muestras y la adherencia de concreciones sedimentarias por procesos de lixiviación. Las secuencias estratigráficas y la formación de los depósitos arqueológicos documentan una serie de cambios de composición taxonómica y abundancia relativa de restos óseos en asociación al régimen hidroclimático de la región.

PALABRAS CLAVE: PECES DULCEACUÍCOLAS, ARQUEOLOGÍA, TAFONOMÍA, BIOLOGÍA MOLECULAR, ADN ANCESTRAL, HISTOLOGÍA ÓSEA, DEPRESIÓN MOMPOSINA (COLOMBIA)

ABSTRACT: The historical fish biodiversity use of human populations in the Colombian Caribbean has left record at most archaeological sites in the region. This research analyzes the taphonomic and biomolecular evidence of thermoalteration and the formation of freshwater fish bone deposits used by an indigenous community at the San Pedro archaeological site of the Momposina Depression during the 7th century AD. There is evidence of the use of migratory species such as *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Prochilodus magdalenae*, and *Ageneiosus*



pardalis, as well as resident taxa such as *Hoplias malabaricus* and *Caquetaia kraussii*, whose skeletal remains show evidence of burning, carbonization, and calcination after consumption, generating color changes, fragmentation, cracking of osteonic systems, degradation of contained aDNA in the bone matrix, collagen polymerization, and the hydroxyapatite crystal fusion. After burning, a pattern of remains from discarding and collecting was found in ceramics, charcoal, and aquatic archaeofaunal deposits, generating iron diagenetic incorporation in the samples and the adhesion of sedimentary concretions by leaching processes. The stratigraphic sequences and the formation of archaeological deposits document a series of changes in taxonomic composition and relative abundance of bone remains in association with the region's hydroclimatic regime.

KEYWORDS: FRESHWATER FISHES, ARCHAEOLOGY, TAPHONOMY, MOLECULAR BIOLOGY, ANCIENT DNA, BONE HISTOLOGY, MOMPOSINA DEPRESSION (COLOMBIA)

INTRODUCCIÓN

En el planeta se conocen cerca de 35.500 especies de peces (Fricke *et al.*, 2022; Froese & Pauly, 2023). Aproximadamente el 43% corresponde a especies dulceacuícolas constituyendo una gran diversidad (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2017). En Colombia se conocen cerca de 1610 especies (Donas-cimiento *et al.*, 2020). El 76% de las 374 especies endémicas del país se encuentra en la zona hidrográfica del Magdalena-Cauca, donde los órdenes más diversos son Characiformes y Siluriformes con las familias Characidae, Curimatidae, Prochilodontidae y Pimelodidae (Jiménez-Segura *et al.*, 2016). La mayor parte de las especies endémicas que allí habitan enfrentan alguna categoría de amenaza (Mojica *et al.*, 2012).

La pesca desarrollada en las llanuras aluviales del Caribe colombiano constituye uno de los servicios ecosistémicos más valorados por su contribución a la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas de las riberas de los ríos y ciénagas. En las cuencas Magdalena-Cauca la pesca se enfoca en cerca de 91 especies que representan el 39 % de la diversidad total de peces en la región (Lasso *et al.*, 2011). El uso histórico de estas poblaciones ha conformado un importante registro arqueobiológico en yacimientos del Holoceno tardío (Peña-León, 2001; Rodríguez & Peña-León, 2001; Díaz, 2016; Carvajal-Contreras, 2019; Ramos & Niño, 2019; Rojas-Mora & Flórez-Correa, 2023).

La formación de los depósitos arqueológicos comienza con la ocupación humana de un sitio, las actividades que ocurrieron durante la ocupación, y lo que sucedió posterior al abandono (Schiffer,

1983). Un estrato arqueológico es una unidad tridimensional que supone procesos de remoción o abandono, transporte y depositación de materiales (Harris, 1991). Los depósitos óseos de ictiofauna se clasifican en: 1) residuos del procesamiento animal en estaciones de pesca; 2) desechos alimenticios en asentamientos; 3) entierros intencionales; y 4) acumulaciones naturales (Reitz & Wing, 2008).

La tafonomía estudia las leyes del enterramiento y los procesos en el traspaso de los restos orgánicos de la biósfera a la litósfera como producto de agentes geológicos, climáticos, hidrológicos, biológicos y antrópicos. La caracterización tafonómica de los depósitos óseos de fauna en sitios arqueológicos permite reconstruir los procesos de formación de los sitios y discernir los agentes que intervinieron en su depositación. En contextos de inundación, la tafonomía constituye una herramienta clave en la identificación de los depósitos óseos antropogénicos en contraste con los restos de los vertebrados depositados por la dinámica fluvial (Efremov, 1940; Reitz & Wing, 2008; Gifford-González, 2018).

Los cambios antrópicos en el tejido óseo de los vertebrados se producen a partir del manejo, captura, sacrificio, aprovechamiento y descarte. Los acontecimientos previos al enterramiento son objeto de estudio de la bioestratigrafía mientras que la diagénesis estudia los cambios posteriores a la depositación. Ambos procesos generan impactos físico-químicos en los restos (Reitz & Wing, 2008), afectando evidencias moleculares y bioquímicas como el colágeno, la hidroxiapatita, los isótopos y el ADN (Banerjee & Brown, 2004; Geigl, 2005; Ferrari *et al.*, 2021).

Las alteraciones térmicas en los restos óseos de fauna son indicadores del contacto con distintos

valores de temperatura que superan los existentes en el ambiente, revelando aspectos del comportamiento culinario de las sociedades pasadas y la exposición del hueso al fuego en estado fresco y rodeado de tejidos blandos (cartílago, masas musculares, periostio y médula ósea), produciendo una coloración que va desde marfil a ocre, hasta marrón (Shipman *et al.*, 1984; Etxeberria, 1994).

La carbonización de los componentes orgánicos sucede tras la carbonatación entre los 300-350°C y coincide con la desaparición de carbonatos. A altas temperaturas (>650°C) el CO₂ formado por la combustión de la materia orgánica con el oxígeno produce la calcinación y la fusión de las sales del hueso. En esta fase, la hidroxiapatita se convierte en beta fosfato tricálcico. La presencia de restos completamente carbonizados (negros), parcialmente calcinados (gris-azulados) o calcinados (blancos) indica las formas de piro reducción de los restos óseos posterior al consumo (Correia, 1997). Distintas aproximaciones experimentales han propuesto fases para caracterizar las transformaciones del tejido óseo expuesto al calor (Shipman *et al.*, 1984; Etxeberria, 1994; Fernández, 2011; Solari *et al.*, 2015).

Las manifestaciones fisicoquímicas de termoalteraciones en el tejido óseo dependen de factores asociados a la reacción química del fuego como la distancia de exposición, el material combustible, la temperatura de ignición, la cantidad de oxígeno, y un ambiente adecuado para el mantenimiento de estas condiciones (Holck, 2005) que generan impactos en el tejido óseo a nivel macroscópico en su textura y coloración, deformación anatómica y contracción, disminución de la densidad mineral ósea, y determinados patrones de fisuras, fracturas, exfoliaciones y agrietamientos (Bennett, 1999; Cortesão, 2005).

A nivel celular, los cambios comienzan con la deshidratación, la formación de burbujas en las láminas externas, expansión de las lagunas osteocíticas, agrietamiento y deformación de las osteonas (Evans, 1973). Las fases de termoalteración a escala nanoestructural consisten en la pirólisis de los componentes orgánicos como el colágeno, la pérdida de carbonatos y la fusión de los cristales. Estudios nanométricos en Microscopía Electrónica de Transmisión han demostrado la pérdida de colágeno en huesos de peces sometidos a temperaturas desde los 60°C (Richter, 1986). La polimerización del colágeno es un proceso químico de agrupamiento molecular que se observa entre 500 y

600°C. El tejido se vuelve isotrópico y el colágeno pierde su birrefringencia, que se puede observar con luz polarizada hasta los 800°C (Schultz *et al.*, 2008).

El ADN se caracteriza por su afinidad con la hidroxiapatita, y su degradación se asocia con la pérdida de cristalinidad de la misma y con la pérdida de colágeno por agentes tafonómicos como los cambios de temperatura, la exposición a la luz, la humedad, el pH del sedimento y la contaminación bacteriana y fúngica, que derivan en la degradación física y bioquímica del ADN genómico (Bender *et al.*, 2004).

En las células vivas, los procesos enzimáticos de reparación garantizan la integridad del ADN. Tras la muerte del organismo, se da la ruptura de los compartimentos celulares que contienen enzimas catalíticas generando la degradación del material genético (Collins *et al.*, 2002). EL ADN ancestral (ADNa) se refiere al ADN derivado de plantas y animales que han estado muertos por más de 100 años, y se caracteriza por su escasez, desintegración, modificación molecular y contaminación (Oosting *et al.*, 2019). La investigación del estado de preservación del ADNa de los peces constituye una evidencia biomolecular que permite reconstruir la historia tafonómica de los restos óseos contribuyendo a la identificación de los agentes de modificación de los conjuntos ictioarqueológicos.

En el caso particular de la Depresión Mompovina, una región inundable con un clima tropical estacional húmedo-seco (Koeppen, 1948), la investigación paleogenética debe concentrarse en el abordaje tafonómico de ADNa degradado ya que en los ambientes tropicales es frecuente la fragmentación de las biomoléculas debido a las altas temperaturas y las condiciones de precipitación (Grealy *et al.*, 2015). A su vez, en los ambientes acuáticos se da la exposición del material genético a distintos componentes químicos que causan su acidificación y oxidación, generando modificaciones moleculares en las secuencias, lesiones y cross-links o enlaces cruzados (Fernández-Domínguez *et al.*, 2003; Calderón-Ordóñez, 2017; Ferrari *et al.*, 2021).

Por estas razones, la aplicación de técnicas biomoleculares para la identificación de especies en contextos arqueológicos de zonas tropicales y subtropicales ha sido poco frecuente debido a la escasa preservación del ADNa, donde se cuenta con pocos estudios sobre mamíferos y plantas (Orlando *et al.*,

2008; Murray *et al.*, 2012; Gutiérrez-García *et al.*, 2014; Kistler *et al.*, 2014), aves (Mitchell *et al.*, 2014) y peces (Nicholls *et al.*, 2003; Grealy *et al.*, 2015). Puntualmente en el Neotrópico los estudios pioneros se han llevado a cabo en muestras antiguas de mamíferos (Hollos, 2016; Gasco & Metcalf, 2017; Rabinow, 2020), plantas (Zúñiga, 2017) y no se registran en peces.

El objetivo de esta investigación consistió en caracterizar las evidencias tafonómicas y biomoleculares de los patrones de termoalteración y formación de los depósitos óseos de peces dulceacuícolas aprovechados por la población humana que habitó el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina, Colombia, durante el siglo VII d.C.

ÁREA DE ESTUDIO: LA DEPRESIÓN MOMPOSINA

La Depresión Momposina se localiza en el Caribe colombiano entre los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar (9° 06' N; 74° 25' W), ubicada por debajo de los 200 m de altitud. En este delta interior se da la fusión de los ríos Cesar, Magdalena, Cauca y San Jorge, con un flujo de $2.200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, donde convergen cerca del 80% de las ciénagas de la región, siendo el principal lugar de alimentación de las pesquerías de las cuencas Magdalena-Cauca (Galvis & Mojica, 2007; Lasso *et al.*, 2011; Jiménez-Segura *et al.*, 2016). Esta región permanece inundada durante

siete meses al año entre abril y noviembre, constituyendo una de las más grandes áreas de inundación del mundo con una extensión estimada en 10.000 km^2 (Van der Hammen, 1986; Berrío *et al.*, 2001; Rojas-Mora & Montejo-Gaitán, 2015) (Figura 1).

A partir de las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo desde hace más de 70 años en la Depresión Momposina (Rojas-Mora, 2022) se ha identificado que las sociedades asentadas en la región modificaron el entorno mediante la construcción de un intrincado sistema de canales de drenaje hidráulico y camellones de cultivo (Parsons & Bowen, 1966; Plazas & Falchetti, 1981; Plazas *et al.*, 1993), y también lo hicieron acumulando sedimentos hasta conformar elevaciones artificiales en las que ubicaron sus viviendas (plataformas de vivienda) y entierros mortuorios (túmulos funerarios) (Plazas & Falchetti, 1981, Plazas *et al.*, 1993). En el primer conjunto de estas elevaciones artificiales, denominadas plataformas de vivienda se han reconocido basureros y fogones que dan cuenta del uso de estos espacios como lugares de habitación (Naranjo, 2020).

Las plataformas de vivienda y los túmulos funerarios han sido poco exploradas por la arqueología de la región. No obstante, las evidencias con las cuales se cuenta acerca de la construcción de las plataformas de vivienda dan cuenta de una constante readecuación de estos espacios, siempre ajustados a los ritmos de las inundaciones, lo cual se hace evidente en la estratigrafía de estas elevacio-

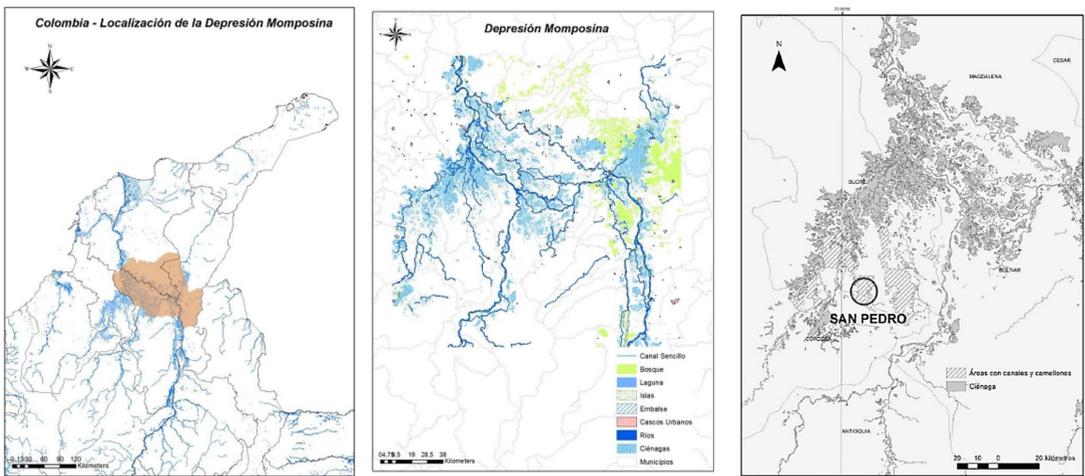


FIGURA 1

Localización de la Depresión Momposina. Adaptado de Sánchez-Díaz, 2015. Recuperado en abril 24, 2023, <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002136.pdf>. Sitio San Pedro. Recuperado en abril 24, 2023, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0486-65252015000200014

nes en la que se puede observar cómo se superponen estratos culturales en direcciones diferentes a las que dibujan las superficies (Rojas-Mora, 2010).

En la hacienda Tuloviste, a 30 km al Sureste del municipio de San Marcos, Sucre, localizada en la margen Oeste del caño Rabón, se encuentra ubicado el antiguo poblado de San Pedro, donde hay una concentración de alrededor de 60 plataformas de vivienda rodeadas de sistemas hidráulicos (Plazas *et al.*, 1993). Rojas-Mora & Montejo-Gaitán (2015) plantean que se trata de una zona central ubicada en el siglo VII d.C., donde se dio la administración de los recursos locales.

En este sector se han realizado exploraciones arqueológicas por parte de PIDMO-UdeA en las que se han recuperado muestras de cerámica, carbón, restos botánicos y arqueofauna compuesta por peces (*Actinopterygii*), mamíferos (*Hydrochoerus isthmius* y *Saguinus oedipus*), reptiles (*Trachemys venusta callirostris*, *Chelonoidis carbonarius*, *Caiman crocodilus fuscus* y *Crocodylus acutus*) y restos malacológicos (*Marisa cornuarietis* y *Pomacea flagellata*) (Flórez-Correa, 2018).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las excavaciones arqueológicas en San Pedro se realizaron en el año 2014 explorando tres plataformas de vivienda. Durante la temporada de campo se estudiaron tres elevaciones de un total de 60, las cuales por sus características geomorfológicas se consideraron podrían ser plataformas de vivienda, en las que se llevaron a cabo 115 pozos de sondeo, denominados en PIDMO como Unidades de Recuperación (U.R), con dimensiones de 40 x 40 cm de ancho, hasta 2 m de profundidad; unidades que fueron excavadas siguiendo niveles arbitrarios de 10 cm. Esta estrategia de excavación tenía como propósito identificar los lugares con presencia y/o ausencia de material arqueológico, a partir del cual fuese posible levantar mapas de distribución y posteriormente seleccionar lugares en los cuales llevar a cabo exploraciones de mayores dimensiones. De esta manera, a partir de los resultados obtenidos en las diferentes unidades de recuperación se seleccionaron dos áreas en las cuales llevar a cabo dos cortes estratigráficos. El primero correspondió a una trinchera de 6 x 1 m, identificada como U.R 100, la cual estaba ubicada en la plataforma 1. La segunda correspondió a un corte de 2 x 1 m, iden-

tificada como U.R 101, ubicada en la plataforma 3. Estas excavaciones alcanzaron una profundidad máxima de 2 m en ambos casos.

La U.R 100 se ubicó en la parte superior de la plataforma y su objetivo era identificar las etapas constructivas de la misma. En esta excavación se observó que los estratos arqueológicos y los horizontes edafológicos tenían una tendencia a la horizontalización, indicando que siempre correspondió a la cima de la plataforma de vivienda. Esta trinchera, se subdividió en tres unidades denominadas cuadrículas 1, 2 y 3 con dimensiones de 2 x 1 x 2 m, siendo la primera aquella que estaba ubicada en el costado Nororiental y la tercera en el costado Suroccidental del corte.

La U.R 101 corresponde a un corte de 2 x 1 x 2 m, y se dividió en dos partes iguales denominadas cuadrículas 1 y 2, con dimensiones de 1 x 1 x 2 m cada una. El material arqueológico dio cuenta de una estratigrafía cultural en la que se registra una inclinación en sentido Sur-Oriente, con un rumbo del Noroccidente al Suroriente y un buzamiento de 30°.

La mayor cantidad de arqueofauna fue recuperada en las U.R 100 y 101. Las acumulaciones de restos óseos fueron recuperadas en bloques y embaladas en papel aluminio y bolsas de ziploc. Las muestras se transportaron al Laboratorio de Arqueología de la Universidad de Antioquia (UdeA) donde se lavaron sobre cernidores con luz de malla de 1mm. Para la datación de los contextos por el método de ¹⁴C, se tomaron muestras de carbón vegetal en las excavaciones U.R. 100 y U.R. 101, y se enviaron al Laboratorio Beta Analytic para la calibración de la edad radiocarbónica a años calendario.

La identificación taxonómica de los peces se concentró en el análisis de las vértebras que fueron clasificadas por morfotipos con base en caracteres osteológicos como la forma del cuerpo, la presencia y distribución de accidentes óseos, textura, proporciones, forma y diámetro de los discos articulares craneal y caudal, la ornamentación lateral, las características de las fosas dorsal y ventral, la extensión del cuerpo vertebral y la posición y forma de la banda lateral.

Se realizó un análisis comparativo con la Colección Ictiológica (CIUA) y la Colección del Laboratorio de Arqueología de la UdeA, estudiando los esqueletos de las especies *Prochilodus magdalenae*, *Ichthyoelephas longirostris*, *Curimata mivartii*, *Leporinus muyscorum*, *Plagioscion magdalenae*, *Triporthus magdalenae*, *Cinopotamus*

magdalenae, *Hoplias malabaricus*, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Pseudopimelodus sp.*, *Sorubim cuspicaudus*, *Pimelodus yuma*, *Pimelodus grosskopfii*, *Ageneiosus pardalis*, *Trachelyopterus insignis*, *Salminus afinis*, *Caquetaia kraussii*, *Kronoheros umbrifer*, *Geophagus steindachneri*, *Andinoacara latifrons*, y *Apteronotus eschmeyeri*. Para la estimación de la abundancia relativa de cada taxón, se cuantificó: 1) El Número de Restos por U.R; 2) Número de Especímenes Identificados por Taxón (NISP); 3) Mínimo Número de Elementos Anatómicos (MNE), y 4) Mínimo Número de Individuos (MNI) en cada depósito.

El análisis tafonómico consistió en la caracterización de variables macroscópicas y microscópicas de exposición al calor como cambios cromáticos, textura, patrones de agrietamiento y porcentaje de fragmentación, determinando el estado de alteración térmica (sin alteración, quemado, carbonizado o calcinado) (Etxeberria, 1994; Shipman *et al.*, 1984). Las muestras termoalteradas se registraron en Estereoscopio Digital Brand NY.

Para el análisis histológico se seleccionaron vértebras no quemadas de las especies identificadas y se procesaron en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT) de la UdeA, donde se realizó un montaje en resina epóxica con curado de 24 horas y postcurado de 4 horas a 60°C. Luego se seccionaron con cortadora de disco de precisión, se hizo un desbaste con papel abrasivo grado 600, 1000 y 1500, un pulido en paño con alúmina de 0.3 µm, lavado en agua y etanol, y secado con aire. En el Centro de Microscopía Avanzada de la UdeA se fijaron las placas en cinta de grafito y se recubrieron en oro (Au) con el equipo Denton Vacuum Desk IV. Finalmente, se analizaron las grietas de los sistemas osteónicos en un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) en alto vacío (JEOL JSM 6490 LV) con el detector de electrones secundarios.

El análisis nanoestructural de las fibras de colágeno se llevó a cabo en una muestra de tejido óseo fresco de un radio anal de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (A) y radios arqueológicos de peces en estado de quema (B), carbonización (C), calcinación parcial (D) y calcinación total (E). Las secciones de hueso se trituraron en macerador de ágata, se suspendieron en Etanol grado analítico y se sonicaron con ultrasonidos para romper los aglomerados. Se tomó una alícuota de cada suspensión y se colocó en una rejilla de cobre Lacey/carbon 200 mesh para su análisis en Microscopio Electrónico de Transmisión

(TEM) Tecnai G2 F20. Se cuantificó la composición química en Espectroscopía de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS-EDX) y se realizó un Análisis de Componentes Principales en PAST 4.03.

La preservación del ADN ancestral contenido en la matriz ósea se analizó en el Laboratorio de Identificación Genética IdentiGEN de la UdeA. Se seleccionaron vértebras arqueológicas de cada taxón sin evidencias de carbonización o calcinación y se procedió con la purificación físicoquímica, pulverización en Molino Retsch MM 400, eliminación de sales minerales (descalcificación del polvo con EDTA), y digestión en una solución de EDTA 0.5 M a pH 8, Tween 20 y Proteinasa K al 10% en el Baño María. Para la extracción del ADN se aplicó el método del QIAquick PCR Purification Kit (QIAGEN) empleando columnas de sílice. Los extractos se almacenaron a -20°C.

Para cuantificar el ADN extraído se tomaron 20 µL de cada muestra y se procesaron en un Fluorómetro Qubit™ en el Laboratorio IdentiGEN. A su vez, se cuantificaron seis muestras de 1 µL por Espectrofotometría en Nano Droop 2000 en el Laboratorio de Genética Molecular (GenMOL) de la UdeA, calculando las concentraciones de ADN y el contenido de sales, alcoholes y proteínas.

Para la amplificación del ADN mitocondrial por Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) se emplearon los primers para peces del gen COX-I (Ward *et al.*, 2005) (F: T-C-A-A-C-C-A-A-C-C-A-C-A-A-A-G-A-C-A-T-T-G-G-C-A-C, R: T-A-G-A-C-T-T-C-T-G-G-G-T-G-G-C-C-A-A-A-G-A-A-T-C-A) para probar su potencial de amplificación del ADN.

Cada reacción se preparó en un volumen de 12,5 µL, aplicando 2,5 µL del buffer 2_x QIAGEN Multiplex PCR Master Mix, 7,5 µL del extracto de ADN, y 1,25 µL de cada primer. La PCR se procesó en un termociclador SimpliAmp, con una predesnaturalización a 94°C por 5', y 35 ciclos de amplificación con una desnaturalización a 94°C por 35'', hibridación a 54°C por 45'', polimerización a 72°C por 1', polimerización final a 72°C por 10'', y conservación a 12°C. Los productos de PCR se visualizaron en el Laboratorio de Genética Animal de la UdeA en Electroforesis en Gel de Agarosa al 4%. En cada pozo de la cubeta electroforética se sembró 1 µL de Buffer + Intercalante Colour Red más 4 µL del producto de PCR y se empleó el Quick-Load Purple 100 pb DNA Ladder como marcador de peso molecular. Las muestras se mi-

graron a 73 V durante 1 hora. Los resultados se registraron en un fotodocumentador E-Gel Imager con luz UV.

Los criterios de autenticidad del ADN consistieron en el análisis en un laboratorio exclusivo de ADN de restos óseos con áreas de extracción, PCR y post PCR separadas físicamente y esterilizadas con luz UV y el reactivo DNAZap™ PCR Degradation Solutions, uso de elementos de bioseguridad y equipamiento exclusivo, eliminación de la capa superficial de las muestras, cuantificación del material genético con dos técnicas y en laboratorios inde-

pendientes por distintos investigadores, determinación de contaminantes, extracción y cuantificación independiente de ADN de diferentes restos óseos asociados contextualmente y de diferentes contextos arqueológicos, realización de varias extracciones de un mismo espécimen y de distintas amplificaciones por PCR de un mismo extracto, uso de controles positivos de PCR (ADN actual de peces exclusivamente en el Laboratorio de Genética Animal) y negativos (Agua), y la correlación inversa entre el tamaño del amplicón y la intensidad del producto de PCR en Electroforesis en Gel de Agarosa.

Representación Anatómica de los Peces en el Sitio San Pedro			
UNIDAD ANATÓMICA	U.R. 100	U.R. 101	TOTAL
Aletas	342	46	388
Espina	53	1	54
Espina Dorsal	87	3	90
Espina Pélvica	1	0	1
Espina Predorsal	9	1	10
Radios	192	41	233
Arco hioideo y branquial	6	0	6
Anterohial	2	0	2
Hipohial	2	0	2
Posterohial	1	0	1
Urohial	1	0	1
Caja torácica	51	6	57
Costillas	51	6	57
Cintura Pectoral	35	2	37
Cleitro	6	0	6
Coracoides	1	0	1
Espina Pectoral	28	2	30
Columna Vertebral	1403	157	1560
Atlas	43	6	49
Vértebra	30	15	45
Vértebra Precaudal-Caudal	668	61	729
Vértebra Pretorácica	47	3	50
Vértebra Torácica	615	72	687
Cráneo	58	5	63
Angular	9	1	10
Basioccipital	18	2	20
Cuadrado	3	0	3
Dentario	6	0	6
Maxilar	10	1	11
Opérculo	7	0	7
Premaxilar	5	1	6
Total general	1895	216	2111

TABLA 1

Representación anatómica de los peces en las U.R 100 y 101 del sitio arqueológico San Pedro.

RESULTADOS

La muestra de restos óseos de peces del sitio San Pedro está compuesta por un total de mínimo 2111 elementos esqueléticos (MNE) provenientes de la U.R. 100 (89,76%) y U.R. 101 (10,23%), que evidencian el aprovechamiento de todas las regiones anatómicas de los peces (Tabla 1). Se cuantificó un total de 1560 vértebras (73,89%). El 89,93% (MNE: 1403), fue recuperado en la U.R. 100, y el 10,06% (MNE: 157) en la U.R. 101. Se registró la presencia de concreciones sedimentarias adheridas a los restos óseos por procesos de lixiviación en el 2,99% de las vértebras de la U.R. 100, y en el 9,04% de la U.R. 101.

Bioestratigrafía de la U.R. 100

A partir de la excavación de la U.R. 100 se determinó la presencia de 10 unidades de estratigrafía arqueológica que se observan en los perfiles Noroccidental y Nororiental y en el esquema del perfil Noroccidental (Figura 2).

De acuerdo con el análisis estratigráfico de la U.R. 100 se determina un solo depósito mezclado dentro del cual se podrían identificar por lo menos dos acumulaciones de cerámica, carbón vegetal y restos óseos, que se encuentran distribuidos a lo largo de la secuencia, y están separadas por una disminución de las evidencias arqueológicas en

el nivel 16 (150-160 cm) (2,21%). El sedimento presenta textura arcillosa (90%) y arenosa (10%), color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4), de patrón moteado, conserva humedad, tiene fractura granular y poca estructura. Los restos de fauna están constituidos por la clase Actinopterygii (87,73%), seguido por *Trachemys venusta callirostris* (6,13%), *Hydrochoerus isthmius* (4,91%), *Caiman crocodilus fuscus* (0,36%), Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda) (0,36%), *Chelonoidis carbonarius* (0,26%), *Saguinus oedipus* (0,15%) y *Crocodylus acutus* (0,05%).

La primera acumulación (A), fechada en 560 a 650 años d.C. (Estrato 9) está dominada por peces, cuya abundancia relativa de vértebras se comporta de forma ascendente, creciendo entre los niveles 20 (0,84%), 19 (7,02%), 18 (15,32%) y 17 (16,75%), con representación de especies migratorias como *Prochilodus magdalenae* (MNI: 9), *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (MNI: 2), y *Ageneiosus pardalis* (MNI: 1), propios de los cauces de los ríos en aguas bajas, y de las planicies de inundación en aguas altas, y taxones residentes como *Caquetaia kraussii* (MNI: 4) y la especie *Hoplias malabaricus* (MNI: 1) a partir del nivel 19.

La segunda acumulación (B) (Estrato 8), se comporta de forma descendente entre los niveles 15 (35,09%), 14 (16,96%), 13 (4,22%), 12 (0,52%) y 11 (0,26%), con presencia de especies migratorias como *Prochilodus magdalenae* (MNI: 7), *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (MNI: 3), y *Ageneiosus pardalis* (MNI: 1), y taxones residentes

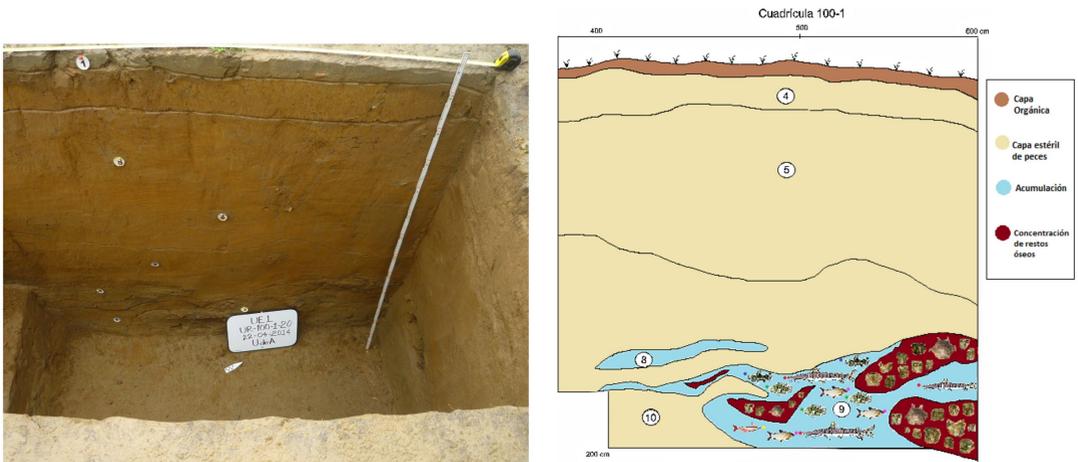


FIGURA 2

Corte U.R. 100, Cuadrícula 1, Plataforma 1 del sitio San Pedro. Vista de los perfiles Noroccidental y Nororiental y esquema de la bioestratigrafía basada en la frecuencia de vértebras de peces.

como *Caquetaia kraussii* (MNI: 5) y *Hoplias malabaricus* (MNI: 1) (Figuras 2 y 3).

Este contexto presenta evidencias de mezcla estratigráfica de ambas acumulaciones. Por un lado, se identificó un Dentario de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* fragmentado en dos partes, una de las cuales fue hallada en el nivel 17 (160-170 cm) y otra en el nivel 15 (140-150 cm). Un caso similar sucedió con una pieza cerámica hallada en la misma excavación, cuyos fragmentos se encontraron distribuidos en los niveles 9 (primeros 100 cm), 12 (110-120 cm), 14 (130-140 cm), 15 (140-150 cm), 17 (160-170 cm), 18 (170-180 cm) y 19 (180-190 cm).

Bioestratigrafía de la U.R. 101

A partir de la excavación de la U.R. 101, Cuadrículas 1 y 2, se determinó la presencia de 9 unidades de estratigrafía arqueológica que se observan en la fotografía y el esquema del perfil Norte (Cuadrícula 2) (Figura 4). Se identificaron dos depósitos de restos óseos de fauna de la clase Actinopterygii (53,63%), *Hydrochoerus isthmius* (33,42%), *Trachemys venusta callirostris* (10,78%), *Chelonoidis carbonarius* (0,53%) y *Caiman crocodilus fuscus* (1,61%).

El primer depósito (I) (Estrato 5), se distribuye entre los niveles 15 (38%), 14 (15,44%), 13 (5,66%) y 12 (26,41%) de la Cuadrícula 1, y los niveles 12 (24,13%), 11 (24,13%) y 10 (17,24%) de la Cuadrícula 2 y corresponde a un basurero de origen antrópico con abundante material cerámico, restos óseos, material orgánico, carbón vegetal y fragmentos de barro cocido. El sedimento presenta fractura irregular y color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2). Está dominado por el roedor *Hydrochoerus isthmius* a la par con peces migratorios como *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (MNI: 4), y *Prochilodus magdalenae* (MNI: 2), y taxones residentes como *Caquetaia kraussii* (MNI: 1) y *Hoplias malabaricus* (MNI: 1).

Luego se observa una disminución del registro arqueofaunístico entre los niveles 11 (9,7%), 10 (0,26%) y 9 (0,26%) de la Cuadrícula 1, y el nivel 9 (0%) de la Cuadrícula 2, que corresponde a la interfaz sedimentaria del Estrato 4, de textura arcillosa, fractura irregular color verde oliva (5Y 5/3) y sin material cerámico, interpretado como un momento de readecuación de la plataforma de vivienda.

En el nivel 8 (2,69%) de la Cuadrícula 1 y los niveles 8 (24,13%) y 7 (10,34%) de la Cuadrícula 2, se consolida un segundo depósito pequeño (II) fechado en 600 a 660 años d.C. (Estrato 3). El sedimento es de textura arcillosa con materia orgánica y fractura irre-

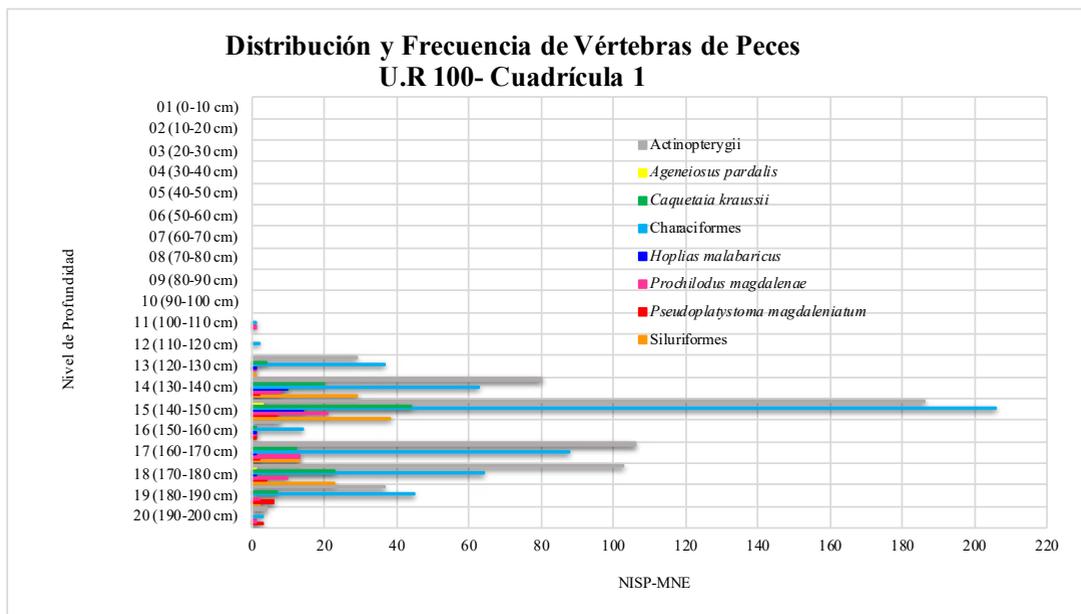


FIGURA 3

Distribución y frecuencia de vértebras de peces. U.R. 100, Cuadrícula 1.

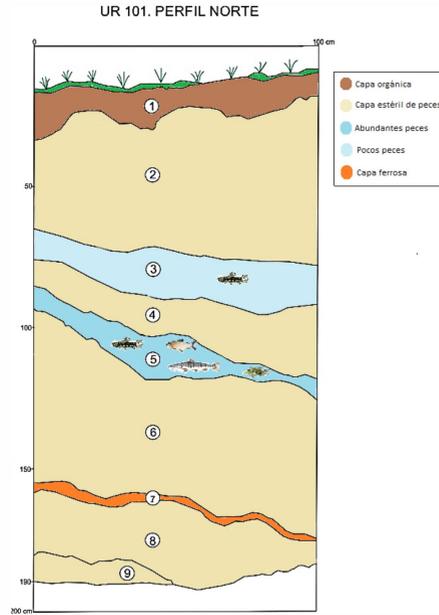


FIGURA 4

Corte 101, Cuadrícula 2, Plataforma 3 del sitio San Pedro. Vista del Perfil Norte y esquema de la bioestratigrafía basada en la frecuencia de vértebras de peces de la Cuadrícula 1.

gular. Hay abundante material cerámico, restos óseos y carbón vegetal que se interpretan como un basurero de menor intensidad. Este depósito está dominado exclusivamente por peces, con representación de *Hoplias malabaricus* (MNI: 1) (Figuras 4 y 5).

Alteraciones macroscópicas del tejido óseo por exposición térmica

A partir del análisis macroscópico se establecieron cinco fases de termoalteración en la colección ictioarqueológica, a saber: no quemado (Ocre), quemado (Marrón), carbonizado (Negro), parcialmente calcinado (Gris-azulado) y calcinado (Blanco) (Etxeberria, 1994) (Figura 8). En la U.R. 100 se encontró que el 29,89% no está quemado (ocre), el 67,98% está quemado entre los 250 y 300°C (marrón), el 1,09% presenta evidencias de carbonización (negro) entre los 300 y 350°C, y el 1,02% evidencias de calcinación parcial (gris-azulado) entre los 550 y 600°C. En la U.R. 101, Cuadrícula 1, el 23,95% no está quemado (ocre), el 57,29% está quemado entre los 250 y 300°C (marrón), el 7,29% se encuentra carbonizado entre los 300 y 350°C (negro), el 9,89% presenta calcinación

parcial entre los 550 y 600°C (gris-azulado), y el 1,56% calcinación total (blanco) a más de 650°C, exclusivamente en el Estrato 3 (Figura 6).

Agrietamiento de los sistemas celulares en MEB

A partir del análisis de secciones delgadas se encontró un patrón de agrietamiento sobre los ejes estructurales de los sistemas osteónicos del tejido compacto de las vértebras no quemadas. En la sección sagital de *Prochilodus magdalenae* las grietas siguieron los límites de las lamelas concéntricas, observable a X170 (A). En la sección sagital de *Hoplias malabaricus* a X300 se observa cómo siguen el eje longitudinal de los canales de Havers con un avanzado estado de degradación diagenética (B). En la sección transversal de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* se observan grietas concéntricas siguiendo los límites de las lamelas y las líneas intersticiales a X400. En la sección transversal del espécimen de *Caquetaia kraussii* se presentan grietas concéntricas al centro vertebral, y a X400 se aprecia cómo las grietas no siguen los límites de los sistemas osteónicos secundarios, probablemente debido a la acelularidad característica de los ciclidos (Figura 7).

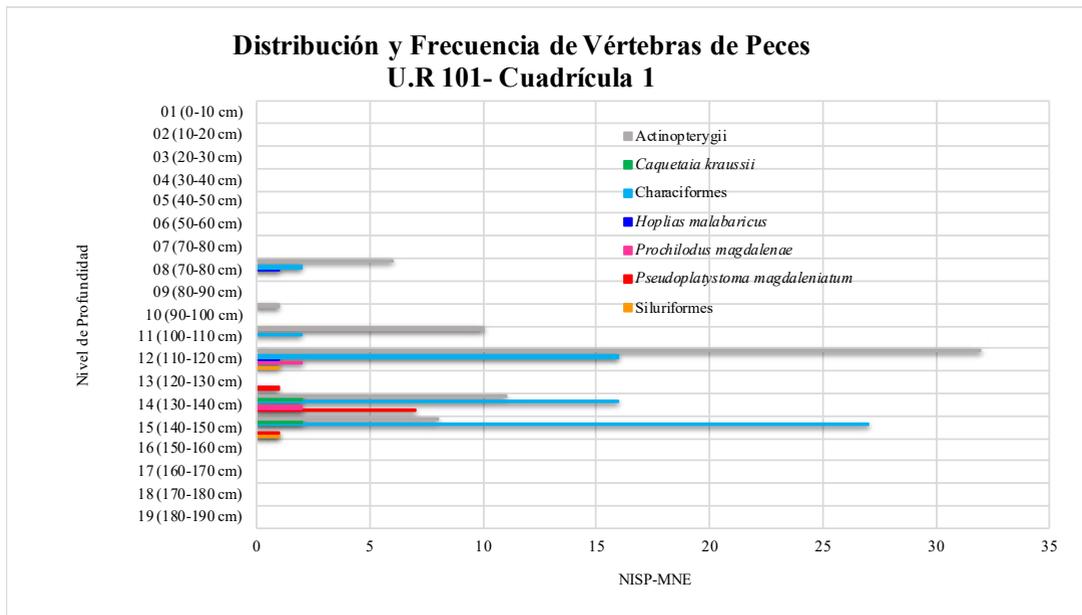


FIGURA 5
Distribución y frecuencia de vértebras de peces. U.R. 101, Cuadrícula 1.



FIGURA 6

Vértex arqueológicas de peces con diferentes estados de alteración térmica bajo Estereoscopia Digital. A) No quemada [100-1-19]; B) Quemada [311- 100-1-17]; C) Carbonizada [1464-101-1-15]; D) Parcialmente calcinada [1472-101-1-15]; E) Calcinada [1492-101-1-10].

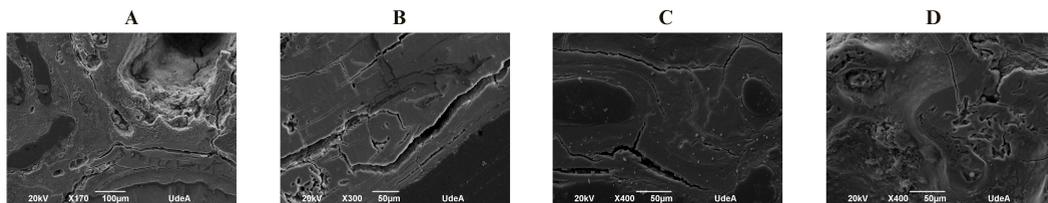


FIGURA 7

Grietas en sistemas celulares de vértebras de peces en Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). A) *Prochilodus magdalenae*; B) *Hoplias malabaricus*; C) *Pseudoplatystoma magdaleniatum*; D) *Caquetaia kraussii*.

Alteraciones térmicas de las fibras de colágeno en TEM

El análisis en TEM evidenció la alteración nanoestructural de las fibras de colágeno a 200 nm, presentando cambios graduales en su integridad, organización estructural, forma y tamaño en los Archaeofauna 33(1) (2024): 41-61

distintos estados térmicos de la colección, en asociación a la fusión paulatina de los cristales de hidroxiapatita con el aumento de temperatura. El tejido óseo fresco de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (A), es más compacto y con una organización estructural más fina. El tejido quemado (B) presenta un proceso de expansión gradual en el

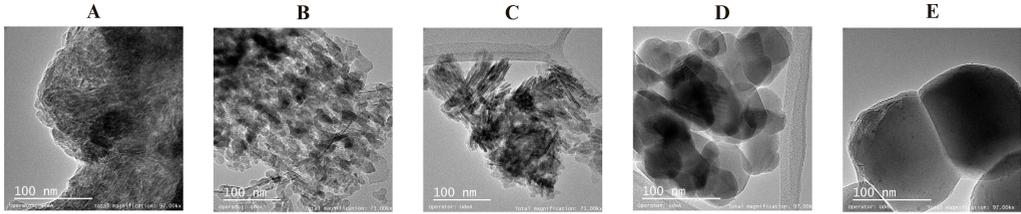


FIGURA 8

Magnificación a 200 nm en Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM) de muestras óseas de peces en diferentes estados térmicos. A) Fresco; B) Quemado; C) Carbonizado; D) Parcialmente calcinado; E) Calcinado.

tamaño de las fibras de colágeno de aspecto oval. En el tejido carbonizado (C) se visualiza una orientación paralela de las fibras, debido al proceso de agrietamiento y la pérdida de los componentes orgánicos. El tejido parcialmente calcinado (D), exhibe un proceso de expansión molecular, asociado al comienzo de la polimerización del colágeno, la cual se observa más contundentemente en el tejido calcinado (E) (Figura 8).

Composición química de muestras termoalteradas en EDS-EDX

Los principales elementos químicos identificados en las muestras óseas corresponden al Cal-

cio (Ca), Fósforo (P), Oxígeno (O), Hierro (Fe) y Magnesio (Mg). En la muestra calcinada se identificó Potasio (K). De acuerdo con las proporciones de cada elemento en los diferentes estados térmicos, no se encontró un patrón de degradación o pérdida de alguno de los componentes en asociación al aumento de la temperatura (Figura 9). La presencia de Hierro (Fe) se registró únicamente en las evidencias arqueológicas, más no en el tejido óseo fresco, lo cual se expresa en el Análisis de Componentes Principales en PAST 4.03 con una varianza ajustada del 99,6% (Figura 10), lo que indica su incorporación diagenética en asociación al contacto con la matriz edafológica, rica en Óxidos de Hierro.

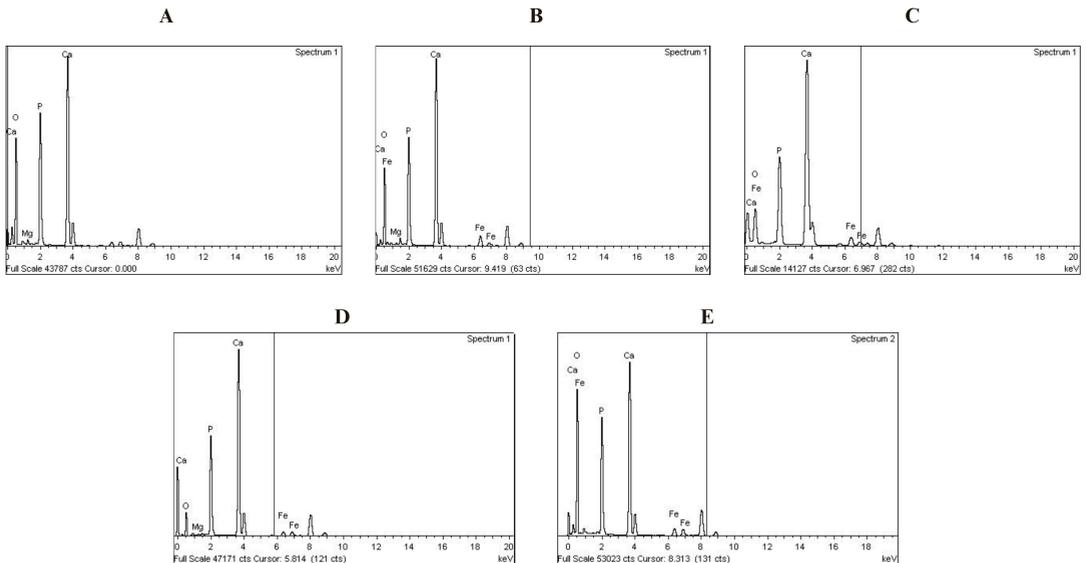


FIGURA 9

Análisis de composición química mediante Espectroscopía de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS-EDX) en muestras óseas de peces con diferentes estados térmicos realizado en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Transmisión del Centro de Microscopía Avanzada de la Universidad de Antioquia. A) Fresco; B) Quemado; C) Carbonizado; D) Parcialmente calcinado; E) Calcinado.

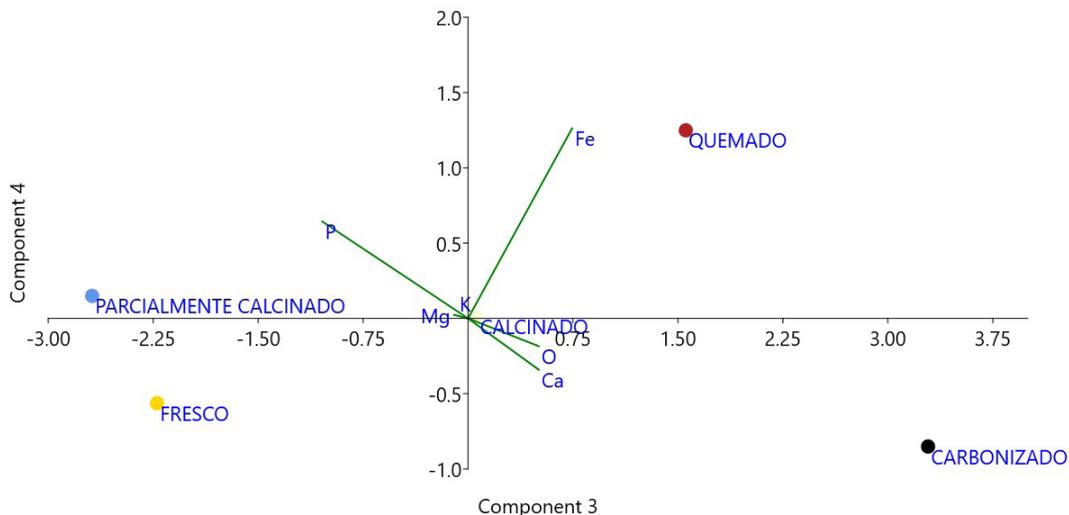


FIGURA 10

Análisis de Componentes Principales (ACP) en PAST 4.03 con los datos de composición química obtenidos por Espectroscopía de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS-EDX) de las muestras óseas de peces con diferentes estados térmicos. A) Fresco; B) Quemado; C) Carbonizado; D) Parcialmente calcinado; E) Calcinado.

Estado de Preservación del ADN contenido en la matriz ósea

A partir de la extracción del ADN de las vértebras arqueológicas de peces, se cuantificaron concentraciones de ADN por Fluorometría QUBIT considerablemente más bajas (0,0076-0,0422 ng/ μ L) en contraste con el ADN obtenido de una vértebra contemporánea de *Prochilodus magdalenae* (0,103 ng/ μ L), que indica los valores esperables para ADN ancestral proveniente de tejido óseo con evidencias de alteraciones térmicas y químicas. A partir del análisis de Espectrofotometría en Nano Droop 2000 se encontraron proporciones de sales, alcoholes (260/230) y proteínas (260/280), por fuera del rango de pureza (1,5 – 2), que indican la presencia de estos contaminantes en las muestras.

En la Electroforesis A se sembró el ADN total (4 μ L) obtenido de los taxones identificados y se encontró un avanzado estado de degradación por debajo de los 100 pb. En la Electroforesis B se comparan los resultados de amplificación por PCR del marcador FISH COX-I a partir de ADN extraído de tejido muscular contemporáneo de *Ageiniosus pardalis* (pozos 2, 3 y 4) como control positivo (600 pb), con los resultados de PCR empleando ADN extraído de vértebras arqueológicas del Sitio San Pedro, donde se observa la amplificación de fragmentos cercanos a los 100 pb (pozos 5, 6, 7 y 8) (Figura 11).

En la Electroforesis C se presentan las réplicas de PCR del ADN extraído de vértebras arqueológicas (pozos 2 a 11), con el marcador genético FISH COX-I y el control negativo de PCR (pozo 12) donde se evidencia un patrón de amplificación similar en las muestras de fragmentos cercanos a los 100 pb en los pozos 3 (*Actinopterygii*), 4 (*Actinopterygii*), 6 (*Characiformes*), 7 (*Siluriformes*), 8 (*Caquetaia kraussii*), 9 (*Ageiniosus pardalis*) y 11 (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) (Figura 11).

DISCUSIÓN

Los resultados de identificación de los restos óseos de peces y el análisis de las evidencias tafonómicas y biomoleculares de alteraciones térmicas, al igual que las características contextuales del sitio San Pedro, permiten plantear un escenario de procesamiento diacrónico de las poblaciones locales de peces en el sector del Caño Rabón.

El aprovechamiento de los peces en la paleodieta de las comunidades prehispánicas de la Depresión Momposina ha sido planteado por otros autores con base en la presencia de restos óseos de ictiofauna en yacimientos arqueológicos (Plazas *et al.*, 1993; Rojas-Mora & Montejo-Gaitán, 2006, 2015). En el sitio San Pedro se encontró una composición de peces migratorios como *Pseudoplatystoma*

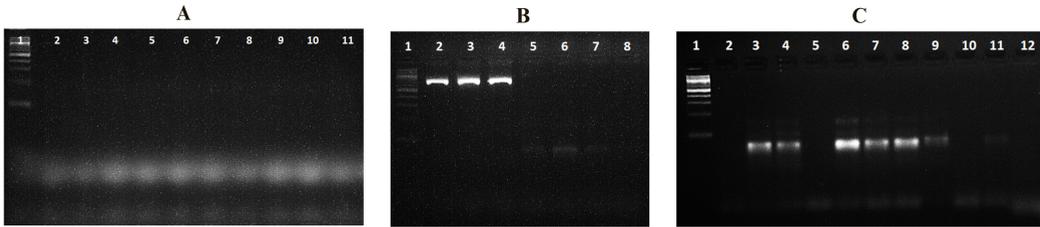


FIGURA 11

Electroforesis en Gel de Agarosa. A) ADN total (4 μ L) extraído de vértebras arqueológicas de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (pozos 2, 3 y 4), *Prochilodus magdalenae* (pozos 5, 6 y 11), *Hoplias malabaricus* (pozos 7 y 10) y *Caquetaia kraussii* (pozos 8 y 9). B) Amplificación por PCR del marcador Mitocondrial FISH COX-I en muestras de ADN actual de *Ageneiosus pardalis* (controles positivos) (pozos 2 a 4), y muestras de ADN ancestral de vértebras arqueológicas de Actinopterygii (pozo 5) Siluriforme (pozo 6) y *Hoplias malabaricus* (pozos 7 y 8). C) Réplicas de amplificación por PCR del marcador Mitocondrial FISH COX-I con ADN ancestral de *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (pozos 2, 5 y 11), Actinopterygii (pozos 3, 4 y 10) Characiforme (pozo 6), Siluriforme (pozo 7), Cichlidae (pozo 8), *Ageneiosus pardalis* (pozo 9) y el control negativo de PCR (pozo 12).

magdaleniatum y *Prochilodus magdalenae* que han sido reportadas en el sitio Rotinet (1850 a.C.) en la Ciénaga del Guájaro (Angulo, 1988), el sitio Las Brisas de la Ciénaga del Piñal (siglos VII d.C. a XII d.C.) (Rodríguez & Peña-León, 2001) y La Galepia (posterior a 1400 d.C.) (Gutiérrez-Ferro, 2022) en el Bajo Magdalena y los sitios Cogollo (siglo II a.C.) (Plazas *et al.*, 1993) y Pueblo Búho (680 años d.C.) (Rojas-Mora & Montejo-Gaitán, 2006) en la cuenca del bajo río San Jorge.

Los taxones residentes como *Hoplias malabaricus* y *Caquetaia kraussii* también han sido identificados en algunos de los contextos mencionados y en ausencia de especies migratorias se han empleado como bioindicadores de períodos secos (Peña-León, 2001). La identificación de la especie migratoria *Ageneiosus pardalis* en el sitio San Pedro constituye el primer registro de este taxón en contextos arqueológicos de la Depresión Momposina.

Las evidencias de mezcla estratigráfica de la U.R. 100 probablemente se relacionan con la readecuación de la plataforma de vivienda que es una práctica común en la región durante la época seca para el control de las inundaciones en época de lluvias (Plazas *et al.*, 1993). Los cambios en la composición de especies registrados en la U.R. 101, documentan una secuencia hidroclimática de períodos húmedos y secos durante el siglo VII d.C. en la zona, de acuerdo con lo planteado por Plazas *et al.* (1993) y Van der Hammen (1986), donde los depósitos de arqueofauna representan la época seca y las interfaces sedimentarias el registro de la inundación. En la U.R. 101 también se identificó un estrato con concentraciones de óxidos de Hierro (Estrato 7) que es anterior a los depósitos de

arqueofauna e indica el registro de una época más temprana de intensa sequía en el sitio.

De acuerdo con Erickson (2000) los pueblos agricultores rurales en América sobrevivieron y prosperaron durante períodos de perturbación climática y cambio ambiental. Muchas de las interpretaciones del cambio climático en contextos arqueológicos corresponden a evidencias de perturbación antrópica del medio ambiente regional. Las evidencias aquí encontradas, junto con lo reportado por Plazas *et al.* (1993), Rojas-Mora & Montejo-Gaitán (2015), y Aguirre (2020) en el mismo sitio, demuestran cambios en las respuestas tecnológicas en el antiguo poblado de San Pedro asociadas al ciclo hidroclimático, que probablemente pudieron tener influencia en la obtención de recursos hidrobiológicos como los peces.

La migración potamódroma es una estrategia común de algunas especies de peces en las cuencas de los ríos del Norte de América del Sur. Durante la estación seca, la mayoría de los peces migratorios se mueven hacia el canal de flujo libre porque las condiciones del agua en las ciénagas de la planicie de inundación se vuelven desfavorables, con bajo oxígeno disuelto y menor cantidad de agua, altas temperaturas, reducción de área y profundidad y mayor depredación. Algunas especies se quedan en el canal de conexión y no se mueven hacia el río principal, mientras que otras permanecen en los sistemas lénticos, lo que les otorga la categoría de residentes (Jiménez-Segura *et al.*, 2016).

La especie *Hoplias malabaricus* es común en aguas estancadas con bajos niveles de oxígeno disuelto, altas temperaturas y tiene capacidad de respiración atmosférica y migración terrestre local en épocas de sequía (Rantin *et al.*, 1992). Por su parte,

Caquetaia kraussii pertenece a hábitats lénticos dentro de ríos y arroyos (Kullander, 1998). Estas especies residentes son aprovechadas por las comunidades pescadoras durante todo el año, sin embargo, la pesca de especies migratorias se intensifica especialmente en la época seca aprovechando la migración ascendente a través de los caños. Estos movimientos locales y regionales conocidos localmente como subienda impactan en las pesquerías artesanales, por lo que la pesca desarrollada por la población humana del sitio San Pedro tuvo que darse en ambientes dinámicos con una sucesión de períodos secos y húmedos que pueden explicar los cambios en la composición y abundancia relativa de las especies migratorias y residentes en la U.R. 101, las cuales coinciden en el Estrato 5, seguido por una desaparición de las especies migratorias en el Estrato 3, lo que podría estar asociado con una posible sequía regional, que es consistente con lo reportado por Plazas *et al.*, (1993) acerca de una época corta de intensa sequía entre los siglos VI d.C. y VII d.C., y Rojas-Mora & Montejo-Gaitán (2006), quienes plantean que entre los años 610 a 680 d.C. se registraron condiciones ambientales que condujeron a bajas inundaciones, pero con niveles constantes de humedad que posibilitaron la utilización de los canales hidráulicos para actividades agrícolas.

Los estados térmicos de quemado, carbonizado y calcinado encontrados en las muestras ictioarqueológicas dan cuenta del procesamiento de los restos derivados de la alimentación humana mediante su piro reducción a altas temperaturas, y la concentración de evidencias calcinadas en el Estrato 3 soportan la hipótesis de la formación de este depósito en una época de mayor temperatura ambiental que en el Estrato 5, lo que es consistente con la desaparición de especies migratorias en la secuencia.

Las evidencias más tempranas de cocción intencional de los peces por homínidos fueron halladas en el sitio Gesher Benot Ya'aqov, Israel y datan del Pleistoceno medio temprano (780.000 años a.P.). A partir del análisis de deformación en dientes faríngeos se determinó su cocción a temperaturas inferiores a los 500°C mediante difracción de rayos X en polvo (Zohar *et al.*, 2022). El estudio de las transformaciones microestructurales, las modificaciones del colágeno y los cambios de composición química en el tejido óseo después de procesos de cocción, han sido temas poco explorados en peces dulceacuícolas del río Magdalena, salvo el antece-

dente de Gaitán (2013) con la especie *Prochilodus magdalenae*.

Shimosaka & Minoru (1996) detectaron pequeñas cantidades de calcio, fósforo y magnesio en el agua de cocción de espinas de peces, que estaban presentes en grandes cantidades previo al experimento. Estos resultados son consistentes con las proporciones de calcio, fósforo y magnesio encontradas en las vértebras de peces del sitio San Pedro, cuya probable elución en el agua de cocción pudo haber aportado nutrientes y proteínas a la población humana que hizo uso de los peces dentro de su alimentación.

En su estudio de la estructura interna de los huesos expuestos a un fogón experimental López *et al.*, (2011) identificaron múltiples alteraciones relacionadas al tiempo de exposición. En las secciones delgadas de las vértebras no quemadas del sitio San Pedro visualizadas en MEB se encontró un patrón de agrietamiento celular del tejido compacto, cuyas grietas siguieron los patrones estructurales de los sistemas osteónicos, excepto en el espécimen de *Caquetaia kraussii*, ya que los cíclidos se caracterizan por presentar hueso acelular en respuesta a la carga alterada. La acelularidad en un gran número de especies proporciona una ventaja mecánica al esqueleto (Ofer *et al.*, 2020).

Los análisis en TEM de las muestras arqueológicas del sitio San Pedro evidenciaron la alteración nanoestructural de las fibras de colágeno y los cristales de hidroxiapatita ante la exposición al fuego. En su estudio experimental con espinas de peces, Gaitán (2013) determinó la afectación de las fibras de colágeno y la alteración de la estructura molecular de los cristales de hidroxiapatita por la duración del tratamiento, que terminan perdiendo su arreglo arquitectónico y la diferenciación entre capas.

Las altas temperaturas alteran la condición física del material biológico, dañando el material genético (Banerjee & Brown, 2004). La degradación producida por la temperatura puede estar asociada con la ruptura de las moléculas orgánicas y la intensificación de los agentes degradadores del ADN (Oosting *et al.*, 2019). Esta condición tafonómica de los restos óseos puede explicar la fragmentación del ADN ancestral de los peces del Sitio San Pedro y demuestra la viabilidad de emplear los análisis biomoleculares como indicadores de alteraciones térmicas, y la necesidad de evaluar estas y otras evidencias tafonómicas previo a la selección de muestras para la extracción de ADN con el fin

de obtener un material genético más íntegro y mejor preservado (Palmer *et al.*, 2018).

Por lo general, los ambientes fríos y secos conservan mejor el ADN en comparación con los ambientes cálidos y húmedos (Damgaard *et al.*, 2015) como es el caso de la Depresión Momposina. La degradación del material genético en ambientes tropicales da como resultado que la mayoría de los fragmentos de ADN sean muy cortos (Grealy *et al.*, 2015) como se observó en los resultados obtenidos en el sitio San Pedro. Al respecto, un equipo de la Universidad de Mainz analizó las variaciones térmicas ambientales de las muestras orgánicas antes, durante y después de la excavación, empleando muestras de varios yacimientos neolíticos y preneolíticos, con el fin de inferir la influencia de la temperatura ambiental en el ADN (Bollongino *et al.*, 2008).

La degradación del ADN está determinada por una amplia gama de variables. La composición de los suelos y sedimentos es determinante en la preservación, modificación o degradación del ADN. Los sedimentos densos y arcillosos conservan mejor el material biomolecular en contraste con los sedimentos arenosos (Hlinka *et al.*, 2002). A su vez, la ruptura de las cadenas de ADN también puede generarse por la acción de microorganismos o la presencia de enzimas celulares como las nucleasas que destruyen su estructura, mientras que las modificaciones moleculares se generan por procesos como las lesiones hidrolíticas o lesiones oxidativas (Fernández-Domínguez *et al.*, 2003). De acuerdo con los criterios establecidos por Pääbo *et al.* (2004) es recomendable el diseño de primers especie específicos de secuencias solapantes para la amplificación de fragmentos de 50-100 pb de los marcadores genéticos de interés (COX-I) en muestras de ADN, análisis de preservación bioquímica mediante racemización de aminoácidos en el colágeno óseo (Poinar *et al.*, 1996), secuenciación de los productos de PCR con técnicas de Nueva Generación (NGS), clonación del ADN en plásmidos de bacterias y secuenciación de clones, y análisis filogenético empleando secuencias de ADN actual y ADN ancestral.

Los análisis de composición química por EDS-EDX confirman que el radio de coloración marrón se asoció a una mayor concentración de Hierro en el ACP, y junto con la ausencia de este elemento en el radio fresco de *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, indican que probablemente la coloración marrón pudo producirse en el contacto con la matriz edafológica. Al igual que en este estudio, López

et al. (2011) encontraron Hierro, pero asociado a partículas de Azufre en restos óseos de un sitio sumergido del Pleistoceno Tardío de la costa central de Chile, mediante EDS-EDX, e infirieron su incorporación diagenética. Por otro lado, las concentraciones de sales y proteínas en las muestras de ADN del sitio San Pedro pueden provenir de otros componentes endógenos del tejido óseo como el colágeno tipo I, la osteocalcina, la osteopontina, la sialoproteína ósea, sales minerales del hueso y partículas sedimentarias (Calderón-Ordóñez, 2017).

La determinación de alteraciones térmicas con base en aspectos macroscópicos como el color debe complementarse con análisis biofísicoquímicos que permitan discernir entre distintos agentes tafonómicos. Ramos & Campos (2014), encontraron que la coloración negra no estaba asociada a termoalteración en restos óseos de tortugas del Caribe colombiano, sino por óxidos del suelo. También encontraron rangos de temperatura de transición al estado de calcinación que sí pueden correlacionarse con las coloraciones grises y azules. En ese sentido, se resalta la importancia de integrar variables macroscópicas, microscópicas, moleculares y culturales en el diseño de experimentos de alteración térmica del tejido óseo en el área de estudio aplicados a peces Actinopterygii y otros vertebrados.

CONCLUSIONES

A partir del análisis de los restos óseos de peces en depósitos de residuos domésticos del sitio San Pedro de la Depresión Momposina (U.R. 100 y U.R. 101), se encontró una composición de especies migratorias frecuentes en ríos y ciénagas como *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (en peligro crítico de extinción), *Prochilodus magdalenae* (vulnerable) y *Ageneiosus pardalis* (vulnerable), al igual que taxones residentes y adaptados a ecosistemas lénticos como *Hoplias malabaricus* y *Caquetaia kraussii*.

Este ensamblaje íctico está relacionado con la pesca en una gran variedad de ecosistemas acuáticos como las ciénagas de El Firme y Caracolí, caños como el Rabón y Sampumoso, madres viejas, zapales, charcas artificiales, y las irrigaciones de canales y camellones del sistema hidráulico antropogénico.

Los análisis de representación anatómica de las muestras evidencian el aprovechamiento de todas

las regiones anatómicas de los peces que probablemente fueron transportados completos hasta los yacimientos desde las estaciones de pesca.

Se encontró un patrón de piro reducción de los restos óseos con evidencias de quema, carbonización y calcinación posterior al consumo, que generó la polimerización paulatina de las fibras de colágeno y la fusión de los cristales de hidroxiapatita en muestras de radios arqueológicos de peces con diferentes estados térmicos.

Posterior a la quema se produjo el descarte y acopio de las evidencias en depósitos de cerámica, carbón y arqueofauna acuática. La lixiviación en los yacimientos generó la adherencia de concreciones sedimentarias en los restos óseos. El análisis de composición química de los radios de peces evidencia la incorporación diagenética de Hierro en las muestras.

El procesamiento humano de los peces, los cambios de temperatura y las condiciones de enterramiento en el sitio San Pedro contribuyeron al agrietamiento de las células óseas sobre sus límites estructurales y la degradación molecular del gen Mitocondrial COX-I en fragmentos cercanos a los 100 pb en muestras de ADN ancestral contenido en la matriz ósea de peces del siglo VII d.C.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Antioquia, al equipo de trabajo del Programa de Investigación de la Depresión Momposina (PIDMO) y del Laboratorio de Arqueología, al Centro de Investigaciones Sociales y Humanas (CISH), al CODI-Vicerrectoría de Investigación, al Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO), al Grupo de Ictiología (GIUA), al Grupo de Mastozoología (GM), al Laboratorio de Identificación Genética (Identigen), al Laboratorio de Genética Animal, al Grupo de Genética Molecular (GenMOL), al Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT), al Centro de Microscopía Avanzada y al Instituto Colombiano de Antropología e Historia-ICANH. Un agradecimiento especial a las personas de la Depresión Momposina, campesinos y pescadores que nos han acogido durante diferentes temporadas de campo. A las y los editores de *Archaeofauna International Journal of Archaeozoology*, y a las y los evaluadores, quienes con sus comentarios enriquecieron el documento final.

Archaeofauna 33(1) (2024): 41-61

REFERENCIAS

- AGUIRRE, A.M. 2020: *Análisis espacial y estratigráfico de las modificaciones prehispánicas del paisaje en la Depresión Momposina del Caribe Colombiano*. Universidad de Antioquia, Medellín. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/15599>
- ANGULO, C. 1988: *Guájaro en la Arqueología del Norte de Colombia*. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales del Banco de la República. Bogotá.
- BANERJEE, M. & BROWN, T.A. 2004: Non-random DNA damage resulting from heat treatment: Implications for sequence analysis of ancient DNA. *Journal of Archaeological Science* 31: 59–63. [https://doi.org/10.1016/S0305-4403\(03\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(03)00099-2)
- BENDER, K.; FARFAN, M.J. & SCHNEIDER, P.M. 2004: Preparation of degraded human DNA under controlled conditions. *Forensic Science* 139: 135-140.
- BENNETT, J. 1999. Thermal alteration of buried Bone. *Journal of Archaeological Science* 26: 1-8. <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0283>
- BERRÍO, J.C.; BOOM, A.; BOTERO, P. & HERRERA, L. 2001: Multi-disciplinary evidence of the Holocene history of a cultivated floodplain area in the wetlands of northern Colombia. *Vegetation History and Archaeobotany* 10: 161-174. <https://doi.org/10.1007/PL00006928>
- BOLLONGINO, R.; TRESSET, A. & VIGNE, J.D. 2008: Environment and excavation: Pre-lab impacts on ancient DNA analyses. *Comptes Rendus Palevol* 7: 91-98.
- CALDERÓN-ORDÓÑEZ, A. 2017: *Estudio sobre ADN antiguo en restos arqueológicos desde una perspectiva histórica. El caso de las Islas Canarias. San Cristóbal de La Laguna*. Universidad de La Laguna, Tenerife. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/23829/374976_988100.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CARVAJAL-CONTRERAS, D.R. 2019: La pesca y la recolección de moluscos: Algunos comentarios con base a información etnohistórica y la arqueofauna de cuatro sitios arqueológicos en la región Caribe colombiana. *Cadernos do Lepaarq* XVI, 32: 76-105. <https://doi.org/10.15210/lepaarq.v16i32.16472>
- COLLINS, M.; NIELSEN-MARSH, C.; HILLER, J.; SMITH, C.; ROBERTS, J.; PRIGODICH, R.; WESS, T.; CSAPO, J.; MILLARD, A. & TURNERWALKER, G. 2002: The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 44: 383-394. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00071>
- CORREIA, P.M. 1997: Fire Modification of Bone. A Review of the Literature. In: Haglund, W.W.D. & Sorg, M.H. (eds.): *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*: 275-293. CRC Press, Boca Ratón. Florida. <https://doi.org/10.1201/9781439821923.ch18>

- CORTESÃO, F. 2005: Breve análisis sobre los factores que mimetizan características físicas de huesos quemados. En: *Nuevas perspectivas del diagnóstico diferencial en Paleopatología, Actas del VII Congreso Nacional de Paleopatología (Mahón-Menorca, 2 al 5 de octubre de 2003)*: 497-503. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.
- DAMGAARD, P.B.; MARGARYAN, A.; SCHROEDER, H.; ORLANDO, L.; WILLERSLEV, E. & ALLENTOF, M.E. 2015: Improving access to endogenous DNA in ancient bones and teeth. *Scientific Reports* 5: 11184. <https://doi.org/10.1038>
- DÍAZ, A. 2016: *Étude archéozoologique des sites de Monsu (Colombie) et Hope Estate (Saint-Martin). Proposition de reconstitution de l'alimentation et des écosystèmes fréquentés*. Museum National D'Histoire Naturelle, Paris. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01560597>
- DONASCIMIENTO, C.; VILLA NAVARRO, F.A.; ALBORNOZ GARZÓN, J.G.; MÉNDEZ LÓPEZ, A. & HERRERA-COLLAZOS, E. 2020: *Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia 2 (12)*. Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist. <http://doi.org/10.15472/numrso>.
- EFREMOV, I.A. 1940: Taphonomy: New Branch of Paleontology. *Pan American Geologist* 74: 81-93. <http://serc.carleton.edu/resources/19358.html>
- ERICKSON, C.L. 2000: Occupation mounds (Lomas) in the Llanos de Moxos. In: Coirolo, A.D. & Boksar, R.B. (eds.): *Arqueología de las Tierras Bajas*: 207-226. Comisión Nacional de Arqueología, Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo. <https://anthropology.sas.upenn.edu/sites/default/files/page/EricksonOccupationMoundsLomasLlanosDeMoxos2000.pdf>
- ETXEBERRÍA, F. 1994: Aspectos macroscópicos del hueso sometido al fuego. Revisión de las cremaciones descritas en el País Vasco desde la Arqueología. *Munibe* 46: 111-116. <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/1994111116AA.pdf>
- EVANS, F.G. 1973: Factors Affecting the Mechanical Properties of Bone. *Bulletin of New York Academy of Medicine* 49(9): 751-764. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1807062/>
- FERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, E.; PÉREZ-PÉREZ, A.; TURBÓN, D. & ARROYO-PARDO, E. 2003: ADN Antiguo: Química y Aplicaciones. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 3: 27-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=719047>
- FERNÁNDEZ, R. 2011: *Estudio Histológico del Hueso para Análisis de los Cambios por Diferencia de Temperatura*. Universidad de Granada, Granada. <https://digi-ubug.ugr.es/handle/10481/19851?locale-attribute=en>
- FERRARI, G.; CUEVAS, A.; GONDEK-WYROZEMSKA, A.T.; BALLANTYNE, R.; KERSTEN, O.; PÁLSDÓTTIR, A.H. & STAR, B. 2021: The preservation of ancient DNA in archaeological fish bone. *Journal of Archaeological Science* 126: 105317. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105317>
- FROESE, R. & PAULY, D. (eds.) 2023: FishBase. World Wide Web electronic publication. Consultado Abril 24, 2023. <https://www.fishbase.org>
- FRICKE, R.; ESCHMEYER, W.N. & VAN DER LAAN, R. (eds.) 2022: *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- FLÓREZ-CORREA, S. 2018: *La fauna destinada a la alimentación humana. Análisis zoológico del sitio San Pedro de la Depresión Momposina (Sucre, Colombia)*. Universidad de Antioquia, Medellín. <http://hdl.handle.net/10495/15793>
- GAITÁN, O. 2013: *Efecto de la temperatura en el colágeno presente en espinas intramusculares de filetes de bocachico (Prochilodus magdalenae) sobre las características de textura y microestructurales*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21870>
- GALVIS, G. & MOJICA, J.I. 2007: The Magdalena River freshwater fishes and fisheries. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10(2): 127-139. <https://doi.org/10.1080/14634980701357640>
- GASCO, A. & METCALF, J. 2017: Tres miradas sobre una escápula arqueológica de vicuña procedente de un sitio cordillerano (ARQ-18, San Juan, Argentina). *Archaeobios* 11(1): 39-66.
- GEIGL, E.M. 2005: Why ancient DNA research needs taphonomy. In: O'Connor, T. (ed.): *Biosphere to lithosphere: New studies in vertebrate taphonomy*: 79-86. Oxbow Books, Oxford. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1kw294s>
- GIFFORD-GONZÁLEZ, D. 2018: *An introduction to zooarchaeology*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65682-3>
- GREALY, A.; MCDOWELL, M.; SCOFIELD, P.; MURRAY, D.; FUSCO, D.; HAILE, J.; PRIDEAUX, G. & BUNCE, M. 2015: A critical evaluation of how ancient DNA bulk bone metabarcoding complements traditional palaeontological methods. *Quaternary Science Reviews* 128: 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.014>
- GUTIÉRREZ-FERRO, S. 2022: *Peces, subsistencia y alimentación humana en el sitio de La Galepia (Mompós, Bolívar)*. Una aproximación zoológico y histórica. Universidad de los Andes, Bogotá. <http://hdl.handle.net/1992/60061>
- GUTIÉRREZ-GARCÍA, T.A.; VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ, E.; ARROYO-CABRALES, J.; KUCH, M.; ENK, J.; KING, C. & POINAR, H.N. 2014: Ancient DNA and the tropics: a rodent's tale. *Biology Letters* 10: 20140224.

- HARRIS, E.C. 1991: *Principios de estratigrafía arqueológica*. Crítica, Barcelona.
- HLINKA, V.; ULM, S.; LOY, T. & HALL, J. 2002: The genetic speciation of archaeological fish bone: A feasibility study from Southeast Queensland. *Queensland Archaeological Research* 13: 71–78. <https://doi.org/10.25120/qar.13.2002.69>
- HOLCK, P. 2005: *Cremated Bones: A medical-anthropological study of an archaeological material on cremation burials*. Oslo Anatomical Institute, University of Oslo, Oslo. <https://www.sudoc.fr/103094741>
- HOLLOS, M. 2016: *Análisis de la Diversificación Evolutiva del género Callicebus (Primates: Pitheciidae) en Colombia, mediante marcadores moleculares obtenidos principalmente a partir de ADN antiguo*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT 2017: Biodiversidad. Consultado Abril 24, 2023, <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap1/102/#seccion2>
- JIMÉNEZ-SEGURA, L.F.; GALVIS-VERGARA, G.; CALA-CALA, P.; GARCÍA-ALZATE, C.A.; LÓPEZ-CASAS, S.; RÍOS-PULGARÍN, M.I.; ARANGO, G.A.; MANCERA-RODRÍGUEZ, N.J.; GUTIÉRREZ-BONILLA, F. & ÁLVAREZ-LEÓN, R. 2016: Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean river basins of north-western South America. *Journal of Fish Biology* 89: 65–101. <https://doi.org/10.1111/jfb.13018>
- KISTLER, L.; RATAN, A.; GODFREY, L.R.; CROWLEY, B.E.; HUGHES, C.E.; LEI, R.; CUI, Y.; WOOD, M.L.; MULDON, K.M.; ANDRIAMALISON, H.; MCGRAW, J.J.; TOMSHO, L.P.; SCHUSTER, S.C.; MILLER, W.; LOUIS, E.E.; YODER, A.D.; MALHI, R.S. & PERRY, G.H. 2014: Comparative and population mitogenomic analyses of Madagascar's extinct, giant 'subfossil' lemurs. *Journal of Human Evolution* 60(4): 45–54.
- KOEPPEN, W. 1948: *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México.
- KULLANDER, S. O. 1998: A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). In: Malabarba, L.R.; Reis, R.E.; Vari, R.P.; Lucena, Z.M.S. & Lucena, C.A.S. (eds.): *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*: 461–498. Edipucrs, Porto Alegre.
- LIASSO, C.A.; AGUDELO CÓRDOBA, E. JIMÉNEZ-SEGURA, L.F.; RAMÍREZ-GIL, H.; MORALES-BETANCOURT, M.; AJIACO-MARTÍNEZ, R.E.; DE PAULA GUTIÉRREZ, F.; USMA OVIEDO, J.S. MUÑOZ TORRES, S.E. & SANABRIA OCHOA, A.I. (eds.) 2011: *Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32542>
- LÓPEZ, P.; CARTAJENA, I.; OLIVARES, G.; LÓPEZ, O.; CARABIAS, D. & MORALES, C. 2011: Aplicación de microscopio electrónico de barrido (MEB) y espectroscopía de energía dispersiva (EDS) para distinguir alteraciones térmicas en restos osteofaunísticos de un sitio sumergido del Pleistoceno Final de la costa de Chile Central. En: Acosta, A.; Loponte, D. & Mucciolo, L. (eds.): *Temas de Arqueología: Estudios Tafonómicos y Zooarqueológicos II*: 25–44. Asociación Amigos del Instituto Nacional de Antropología, Buenos Aires. <https://www.researchgate.net/publication/278158171>
- MITCHELL, K.; LLAMAS, B.; SOUBRIER, J.; RAWLENCE, N.J.; WORTHY, T.H.; WOOD, J.; LEE, M.S.Y. & COOPER, A. 2014: Ancient DNA reveals elephant birds and kiwi are sister taxa and clarifies ratite bird evolution. *Science* 344: 898–900.
- MOJICA, J.I.; USMA, J.S.; ÁLVAREZ-LEÓN, R. & LIASSO, C.A. (eds.) 2012: *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, Colombia, <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34197>
- MURRAY, D.C.; PEARSON, S.G.; FULLAGAR, R.; CHASE, B.M.; HOUSTON, J.; ATCHISON, J.; WHITE, N.E.; BELLGARD, M.I.; CLARKE, E.; MACPHAIL, M.; GILBERT, M.T.P.; HAILE, J. & BUNCE, M. 2012: High-throughput sequencing of ancient plant and mammal DNA preserved in herbivore middens. *Quaternary Science Reviews* 58: 135–145.
- NARANJO, M.I. 2020: *Residuos químicos en contextos de inundación de la Depresión Momposina: estudio exploratorio de indicadores químicos en una plataforma de vivienda prehispánica del sitio San Pedro*. Universidad de Antioquia, Medellín.
- NICHOLLS, A.; MATISOO-SMITH, E. & ALLEN, M.S. 2003: A novel application of molecular techniques to Pacific archaeofish remains. *Archaeometry* 45: 133–147.
- OFER, L.; ZASLANSKY, P. & SHAHAR, R. 2020: A comparison of the structure, composition and mechanical properties of anosteocytic vertebrae of medaka (*O. latipes*) and osteocytic vertebrae of zebrafish (*D. rerio*). *Journal of Fish Biology* 98(4): 885–1006. <https://doi.org/10.1111/jfb.14334>
- OOSTING, T.; STAR, B.; BARRETT, H.; WELLENREUTHER, M.; RITCHIE, P. & RAWLENCE, N. 2019: Unlocking the potential of ancient fish DNA in the genomic era. *Evolutionary Applications* 12: 1513–1522. <https://doi.org/10.1111/eva.12811>

- ORLANDO, L.; CALVIGNAC, S.; SCHNEBELEN, C.; DOUADY, C.J.; GODFREY, L.R. & HANNI, C. 2008: DNA from extinct giant lemurs links archaeolemurids to extant indriids. *BMC Evolutionary Biology* 8: 121.
- PÄÄBO, S.; POINAR, H.; SERRE, D.; JAENICKE-DESPRES, V.; HEBLER, J.; ROHLAND, N.; KUCH, M.; KRAUSE, J.; VIGILANT, L. & HOFREITER, M. 2004: Genetic analyses from ancient DNA. *Annual Review of Genetics* 38: 645-679.
- PALMER, E.; TUSHINGHAM, S. & KEMP, B.M. 2018: Human use of small forage fish: Improved ancient DNA species identification techniques reveal long term record of sustainable mass harvesting of smelt fishery in the northeast Pacific Rim. *Journal of Archaeological Science* 99: 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.09.014>
- PARSONS, J.J. & BOWEN, W.A. 1966: Ancient ridged fields of the San Jorge river floodplain, Colombia. *Geographical Review* VI(3): 317-343. <https://doi.org/10.2307/212460>
- PEÑA-LEÓN, G.A. 2001: Peces migratorios y residentes del sitio arqueológico de Guájaro Colombia: Aproximación a los cambios climáticos entre los siglos IX y XIII D.C. En: Morcote, G. (ed.): *Simposio pueblos y ambientes: Una mirada al pasado precolombino*: 79-88. Colección Memorias 10. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Bogotá. <http://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/98>
- PLAZAS, C. & FALCHETTI, A.M. 1981: *Asentamientos prehispanicos en el bajo río San Jorge*. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República, Bogotá.
- PLAZAS, C.; FALCHETTI, A.M.; SÁENZ, J. & ARCHILA, S. 1993: *La sociedad hidráulica Zenú: Estudio arqueológico de 2000 años de historia en las llanuras del Caribe colombiano*. Banco de la República, Bogotá.
- POINAR, H.N.; HOSS, M.; BADA, J.L. & PÄÄBO, S. 1996: Amino acid racemization and the preservation of ancient DNA. *Science* 272: 864-866.
- RABINOW, S. 2020: *A Novel Commensal Proxy for Tracing Indigenous Interaction in the Ceramic Age Lesser Antilles, Caribbean: Ancient Mitochondrial DNA of Agouti (Dasyprocta sp.)*. Simon Frazer University, Burnaby.
- RAMOS, E. & CAMPOS, L.M. 2014: Microarqueología aplicada al análisis e interpretación de termoalteraciones en restos óseos de tortugas de sitios arqueológicos en el caribe colombiano. *Revista Chilena de Antropología* 29: 81-88. <https://doi.org/10.5354/0719-1472.2014.36211>
- RAMOS, E. & NIÑO, C. 2019: Ciénagas, Peces y alimentación en el Bajo Río Magdalena (Colombia). Potencialidades y retos del estudio ictioarqueológico y etnoarqueológico en el sitio de Cacaramoa. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. Series Especiales* 7: 221-231.
- RANTIN, F.T.; KALININ, A.L.; GLASS, M.L. & FERNANDES, M.N. 1992: Respiratory responses to hypoxia in relation to mode of life of two erythrinid species (*Hoplias malabaricus* and *Hoplias lacerdae*). *Journal of Fish Biology* 41: 805-812.
- REITZ, E. & WING, E. 2008: *Zooarchaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge, Cambridge University Press. <http://pi.lib.uchicago.edu/1001/cat/bib/6669375>
- RICHTER, J. 1986: Experimental study of heat induced morphological changes in fish bone collagen. *Journal of Archaeological Science* 13: 477-481. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(86\)90017-8](https://doi.org/10.1016/0305-4403(86)90017-8)
- RODRÍGUEZ, P. & PEÑA-LEÓN, G. 2001: Restos de peces hallados en el sitio arqueológico de Las Brisas, Magdalena (Colombia). En: Morcote, G. (ed.): *Simposio pueblos y ambientes: Una mirada al pasado precolombino*: 79-88. Colección Memorias 10. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Bogotá. <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/98>
- ROJAS-MORA, S. 2010: *Patrones de asentamiento y organización política en el bajo río San Jorge (Caribe Colombiano)*. UNAM, Ciudad de México.
- 2022: *La Depresión Momposina*. En: Londoño, W. (ed.): *Manual de Arqueología del Norte de Colombia*: 183-189. Unimagdalena, Santa Marta.
- ROJAS-MORA, S. & FLÓREZ-CORREA, S. 2023: Paleoeología, arqueobotánica y zooarqueología en la Depresión Momposina (Caribe colombiano): revisión de los estudios paleoambientales y construcción de un enfoque de investigación arqueobiológica en la región. *Jangwa Pana* 22(2): 1-34.
- ROJAS-MORA, S. & MONTEJO-GAITÁN, F. 2006: Manejo del espacio y aprovechamiento de recursos en la Depresión Momposina Bajo río San Jorge. En: Valdez, F. (ed.): *Agricultura ancestral. Camellones y albarra-das: Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*: 82- 92. Abya-Yala, Quito.
- 2015: Análisis espacial del sitio arqueológico San Pedro, ubicado en el bajo río San Jorge, Caribe colombiano. *Revista colombiana de antropología* 51(2): 339-363. <https://doi.org/10.22380/2539472X24>
- SCHIFFER, M.B. 1983: Toward the identification of formation processes. *American Antiquity* 48(4): 675- 706. <https://doi.org/10.2307/279771>
- SCHULTZ, J.J.; WARRENN, M.W. & KRIGBAUM, J.S. 2008: *Analysis of human cremains: gross and chemical me-* Archaeofauna 33(1) (2024): 41-61

- thods. In: Schmidt, C.W. & Symes, S.A. (eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*: 75-94. Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B978-012372510-3.50006-X>
- SHIMOSAKA, M.S. & MINORU, T.J. 1996: Changes in the physical properties and composition of fish bone during cooking by heating under normal pressure. *Home Economy* 47(12): 1213-1218. DOI:10.11428/JHEJ1987.49.873
- SHIPMAN, P.; FOSTER, G. & SCHOENINGER, M. 1984: Burnt bones and teeth: An experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science* 11: 307-325. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(84\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0305-4403(84)90013-X)
- SOLARI, A.; OLIVERA, D.; GORDILLO, I.; BOSCH, P.; FETTER, G.; LARA, V.H. & NOVELO, O. 2015: Cooked Bones? Method and Practice for Identifying Bones Treated at Low Temperature. *International Journal of Osteoarchaeology* 25: 426-440. <https://doi.org/10.1002/oa.2311>
- VAN DER HAMMEN, T. 1986: Fluctuaciones Holocénicas del nivel de Inundaciones en la Cuenca del Bajo Magdalena- Cauca- San Jorge (Colombia). *Geología Norandina* 10: 10-18.
- WARD, R.D.; ZEMLAK, T.S.; INNES, B.H.; LAST, P.R. & HEBERT, P.D.N. 2005: DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transaction of The Royal Society Lond B: Biological Sciences* 360(1462): 1847-1857. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716>
- ZOHAR, I.; ALPERSON-AFIL, N.; GOREN-INBAR, N.; PRÉVOST, M.; TÛTKEN, T.; SISMA-VENTURA, G.; HERSHKOVITZ, I. & NAJORKA, J. 2022: Evidence for the cooking of fish 780,000 years ago at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Nature Ecology & Evolution* 6: 2016-2028. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01910-z>
- ZÚÑIGA, A.C. 2017: *Primer reporte de ADN antiguo de maderas del último Período Glacial en los Andes tropicales de Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/62374/11835.pdf?sequence=1>

INFORMACIÓN A LOS AUTORES

a) Los originales pueden redactarse en español, inglés, alemán o francés. Los editores pueden considerar, en determinadas circunstancias, la publicación de originales en otros idiomas. En cualquier caso se proporcionará un resumen y palabras clave en español y en inglés.

b) Los originales no deberían sobrepasar 20 páginas A4 (29,5 x 21 cm) incluyendo tablas y figuras. En caso de trabajos más extensos contáctese con el editor. Los manuscritos deberán remitirse a arturo.morales@uam.es.

c) Las figuras y tablas deberán ser originales y de gran calidad. Las leyendas de figuras y de tablas deberán remitirse, numeradas, en ficheros independientes y serán concisas e informativas.

d) Estructuración del manuscrito. El orden requerido en los manuscritos de carácter experimental es el siguiente: Título del trabajo; Autor(es) y Centro(s) de trabajo; Resumen y Palabras Clave; Abstract y keywords; Introducción; Discusión; Conclusiones; Agradecimientos (optativo); Referencias. Si el trabajo así lo requiere, resultados y discusión pueden agruparse en el mismo epígrafe. En manuscritos no experimentales, la estructuración del trabajo se deja a la libre decisión del(de los) autor(es).

e) las citas bibliográficas en el texto incluirán autor y año de publicación, por ejemplo (Smith 1992) o (Smith & Jones, 1992). En trabajos con tres o más autores usar (Martín *et al.*, 1993). En trabajos del(de los) mismo(s) autor(es) y año, se procederá a identificar cada trabajo con letras (a, b, c, etc...) tras la fecha.

f) Referencias. Sólo se incluirán aquellas citadas en el texto y se hará del siguiente modo:

PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ, P. & DÍAZ, J. 1960: Ecological factors and family size. *Journal of Bioethics* 21: 13-24.

RUIZ, L. 1980: *The ecology of infectious diseases*. Siglo XXI, Madrid.

g) Los autores son los únicos responsables de los contenidos de sus artículos.

INFORMATION FOR AUTHORS

a) Manuscripts can be submitted in Spanish, English, German and French. Under certain circumstances papers may also be published in other European Community languages. All papers will include an abstract and keywords in English and Spanish.

b) Manuscripts should usually not exceed 20 A4 printed pages (29,5 x 21 cm), including figures and tables. For longer manuscripts, contact the editor. Manuscripts should be submitted to arturo.morales@uam.es.

c) Figures and tables must be original and high quality. Figure legends should be numbered with arabic numerals and given on a separate file. Figure and table legends should be concise and informative.

d) Papers should be organized as follows: Title, name and mailing address(es) of author(s). Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References. Results and Discussion may be treated together if this is appropriate. Non-experimental works can be organized in the way which the author(s) think(s) is the most appropriate one.

e) Citations in the text should be with author and date of publication, e. g., (Smith, 1992) or (Smith & Jones, 1992) with comma between author and date; for two-author papers, cite both authors; for papers by three or more authors, use Martín *et al.*, 1993. For two or more papers with the same author(s) and date, use, a, b, c, etc., after the date.

f) References: only papers cited in the text should be included; they should be arranged as indicated in point «f» of the other column.

g) Authors are responsible for the contents of their manuscripts.

ÍNDICE / CONTENTS

Gift of the Mamelukes: Animal ambassades as vectors of exotic fauna introductions in the Spanish Middle Ages. El regalo de los mamelucos: Las embajadas animales como vectores de introducciones de fauna exótica en la Edad Media española. <i>Dolores Carmen Morales-Muñiz & Arturo Morales-Muñiz</i>	7-19
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.001	
Análisis de las cuentas de conchas marinas del collar y la pulsera del cerro de las chinchillas (Rioja, Almería, España). <i>M^a de La Paz Román-Díaz, Diego Moreno & Adolfo Moreno-Márquez</i>	21-40
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.002	
Evidencias tafonómicas y biomoleculares de termoalteración y formación de los depósitos óseos de peces dulceacuícolas en el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina, Colombia. Taphonomic and biomolecular evidence of thermoalteration and formation of freshwater fish bone deposits at the San Pedro archaeological site of the Momposina Depression, Colombia. <i>Saán Flórez-Correa, Sneider Rojas-Mora, Sergio Solari-Torres & Luz Fernanda Jiménez-Segura</i>	41-62
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.003	
Negro sobre blanco. La explotación de pingüinos y cormoranes en la Patagonia Austral durante el Holoceno. Black on white. The exploitation of penguins and shags in Southern Patagonia during the Holocene. <i>Isabel Cruz & Bettina Ercolano</i>	63-80
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.004	
A Pack of Hounds and its Master? A Bi-Species Burial from the Necropolis of Deir El-Banat (Fayum). <i>G.A. Belova, B.F. Khasanov, O.A. Krylovich, S. Ikram, D.D. Vasyukov & A.B. Savinetsky</i>	81-100
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.005	
Crevettes marines et dulcicoles: critères d'identification des restes archéologiques. Application au quartier portuaire romain de Saint-Lupien à Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique, France). <i>Aurelia Borvon & Yves Gruet</i>	101-122
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.006	
La malacofauna de la villa romana de Pla de Palol (Platja d'Aro, Baix Empordà). <i>Josep Burch, Margarida Casadevall, Simonas Valiuska & Vianney Forest</i>	123-138
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.007	
Comparación de dos sistemas de registros zooarqueológicos rápidos y sus resultados interpretativos a través de la Presencialidad Multivariable. Ventajas e inconvenientes. Comparison of two rapid zooarchaeological recording systems and their interpretative results through Multivariate Presence. Advantages and disadvantages. <i>Alejandro Beltrán Ruiz & Laura María Arenas Gallego</i>	139-158
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.008	
La identidad de los Camélidos mochica mediante la osteometría de la primera falange, costa norte del Perú. <i>Víctor F. Vásquez Sánchez & Teresa E. Rosales Tham</i>	159-175
http://www.doi.org/10.15366/archaeofauna2024.33.1.009	
Announcements.....	177