



# CKQ

07

LEIOA

2017

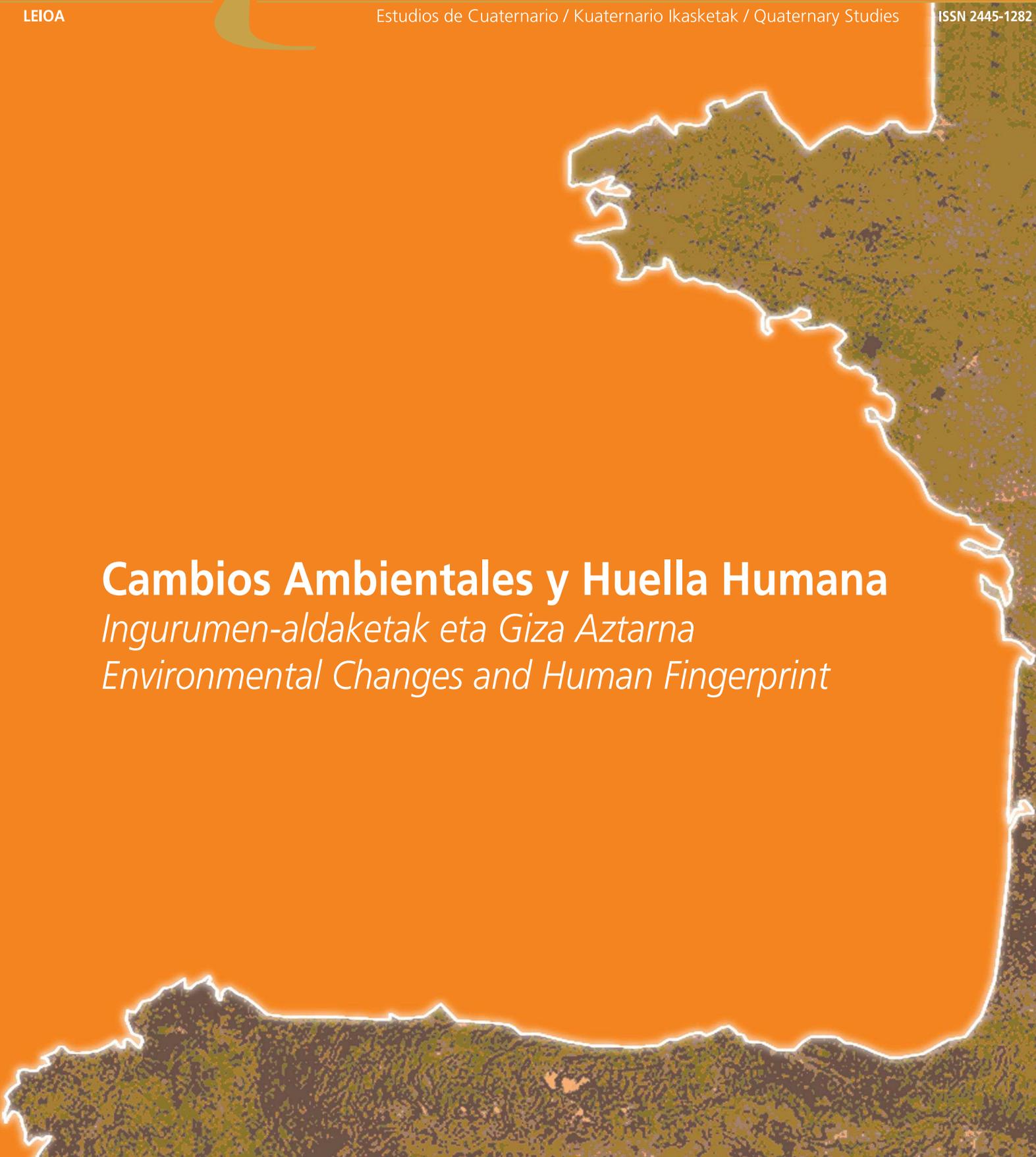
Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies

ISSN 2445-1282

## **Cambios Ambientales y Huella Humana**

*Ingurumen-aldaketak eta Giza Aztarna*

*Environmental Changes and Human Fingerprint*





**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** es una revista de la Sociedad de Ciencias Aranzadi editada en colaboración con la Universidad del País Vasco UPV/EHU gracias al Convenio firmado para el desarrollo del programa formativo de los Estudios de Postgrado (Máster y Doctorado) en Cuaternario.

Cada número de **CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** está constituido por las Memorias de Tesis que han sido defendidas durante ese curso académico dentro del Máster Universitario en Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) que se imparte actualmente en la Universidad del País Vasco UPV/EHU. La revista presenta trabajos de investigación inéditos en diferentes líneas centradas en la Prehistoria, la Antropología y la Geología del Cuaternario.



**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** Aranzadi Zientzia Elkartearen aldizkari bat da, UPV/EHUK argitaratzen duena Euskal Herriko Unibertsitatearekin lankidetzan. Izan ere, bi erakundeen artean hitzarmen bat sinatu zen Graduondoko Kuaternario Ikasketen (Masterraren eta Doktoregoaren) prestakuntza-programa garatzeko.

**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** aldizkariaren ale bakoitzean, gaur egun UPV/EHUK eskaintzen duen "Kuaternarioa: Ingurugiro Aldaketak eta Giza Oinatzia ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario))" unibertsitate-masterrean ikasturte akademiko horretan defendatutako hiru tesi-memoriak jasotzen dira. Aldizkarian, inoiz argitaratu gabeko ikerketa-lanak aurkezten dira, Kuaternarioko Geologiaren, Antropologiaren eta Historiaurrearen hainbat lerro buruzkoak.



**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** is a Journal of the Aranzadi Science Society edited thanks to the Agreement signed with the University of the Basque Country (UPV/EHU) for the development of the Postgraduate formative programme (Master and Doctorate) in Quaternary Science.

Every issue of **CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)** is constituted by the MSc thesis dissertations carried out during the last academic course within the Master in Quaternary: Environmental Changes and Human Fingerprint ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) taught presently at the University of the Basque Country (UPV/EHU). The journal includes different works dedicated to variable research lines focusing on Prehistory, Anthropology and Quaternary Geology.



# CKQ

Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies

7

2017

LEIOA

ISSN 2445-1282



UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO  
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA



**ARANZADI**

zientzia elkarte . society of sciences  
sociedad de ciencias . société de sciences

nº 7	LEIOA	2017	ISSN 2445-1282
------	-------	------	----------------



*Director / Zuzendaria / Editor:*

*Dr. Alejandro Cearreta: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi*

*Comité Editorial Prehistoria / Historiaurreko Argitalpen Batzordea / Prehistory Editorial Board:*

*Dr. Javier Fernández Eraso: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dr. José Antonio Mujika Alustiza: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dra. María José Iriarte: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dr. Pedro Castaños: S.C. Aranzadi*

*Comité Editorial Geología y Antropología / Geologia eta Antropologiako Argitalpen Batzordea / Geology and Anthropology Editorial Board:*

*Dra. Miren Karmele Urtiaga: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dr. Alejandro Cearreta: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi*  
*Dra. Neskuts Izagirre: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dra. Arantza Aranburu: Universidad del País Vasco UPV/EHU*

*Consejo de Redacción / Erredakzio Kontseilua / Editorial Board:*

*Dr. Alejandro Cearreta: Secretario de Redacción (Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi)*  
*D. Juantxo Agirre-Mauleon: Secretario General, S.C. Aranzadi*  
*Dña. Lourdes Ancín: Responsable de Biblioteca. S.C. Aranzadi*

*Redacción e intercambio / Erredakzio eta Trukaketa: Sociedad de Ciencias Aranzadi/Zientzia Elkartea*

*Zorroagaina 11 - 20014 Donostia*  
*Tel: 34 943 46 61 42 / Fax: 34 943 45 58 11*  
*Redacción: [ckq@aranzadi-zientziak.org](mailto:ckq@aranzadi-zientziak.org)*  
*Intercambio: [liburutegia@aranzadi-zientziak.org](mailto:liburutegia@aranzadi-zientziak.org)*  
*[www.aranzadi-zientziak.org](http://www.aranzadi-zientziak.org)*

n° 7	LEIOA	2017	ISSN 2445-1282
------	-------	------	----------------



## Máster en Cuaternario

### Cambios Ambientales y Huella Humana

#### RESPONSABLE DEL MÁSTER

- Cearreta Bilbao, Alejandro

#### COMISIÓN ACADÉMICA

- Presidente: Cearreta Bilbao, Alejandro
- Vocal: Fernandez Eraso, Javier María
- Vocal: Concepción De la Rúa Vaca

#### PROFESORADO

PROFESOR/A	INSTITUCIÓN DE PROCEDENCIA
Alday Ruiz, Alfonso	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Alonso Alegre, Santos	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Alvarez Alonso, David	UNED
Alvarez Fernanandez, Esteban	Universidad de Salamanca
Aranburu Artano, Arantza	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Arostegi Garcia, Jose Javier	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Arriortua Marcaida, Maria Isabel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Arribabalaga Valbuena, Alvaro	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Astibia Ayerra, Humberto	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Baceta Caballero, Juan Ignacio	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Bazan Blau, Begoña del Pilar	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Bao Casal, Roberto	Universidad de A Coruña
Bermúdez de Castro Risueño, José María	CENIEH
Cearreta Bilbao, Alejandro	Universidad del País Vasco UPV/EHU
De la Rúa Vaca, Concepción	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Díez Martín, Fernando	Universidad de Valladolid
Domingo Martínez Rafael	Universidad de Zaragoza
Domingo Sanz Inés	Universitat Autònoma de Barcelona
Edeso Fito, Jose Miguel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Eguiluz Alarcón, Luis	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Etxeberria Gabilondo, Francisco	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Fernandez Eraso, Javier María	Universidad del País Vasco UPV/EHU
García Díez, Marcos	Universidad del País Vasco UPV/EHU
García García, Francisco	Universidad Politécnica de Valencia
García Rojas, Maite	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Garrido Pena Rafael	Universidad Autónoma de Madrid
Gómez Olivencia, Asier	Universidad del País Vasco UPV/EHU
González Sáinz, César	Universidad de Cantabria
Herrero Rubio, Jose Miguel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Hervella Afonso Montserrat	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Irabien Gulias, Maria Jesús	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Iriarte Aviles, Eneko	Universidad de Burgos
Iriarte Chiapusso, María José	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Izagirre Arribalzaga, Neskuts	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Jiménez Sánchez, Montserrat	Universidad de Oviedo
Larrañaga Varga, Aitor	Universidad del País Vasco UPV/EHU
López Horgue, Miguel Angel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Morales Mateos, Jacob	Universidad de las Palmas
Mujika Alustiza, José Antonio	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Murelaga Bereikua, Javier	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Ortega Cuesta, Luis Angel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Parés Casanova Josep Maria	CENIEH
Pascual Cuevas, Ana María	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Payros Agirre, Aitor	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Pizarro Sanz, José Luis	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Portillo Ramírez, Marta	Universitat de Barcelona
Quirós Castillo, Juan Antonio	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Rodríguez Lázaro, Julio Manuel	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Sáenz de Buruaga Blázquez, José Antonio	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Santos Zalduegui, José Francisco	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Sesma Sesma Jesús	Gobierno de Navarra
Tarriño Vinagre, Andoni	CENIEH
Urriaga Greaves, Miren Karmele	Universidad del País Vasco UPV/EHU
Yusta Arnal, Iñaki	Universidad del País Vasco UPV/EHU

## PRESENTACIÓN DEL DIRECTOR

El Cuaternario es la división del tiempo geológico que corresponde a los últimos 2,6 millones de años en la historia de nuestro planeta y que se caracteriza por frecuentes, rápidas e intensas oscilaciones climáticas. Paralelamente a estas extremas variaciones ambientales, durante este período de tiempo aparecen los humanos en la Biosfera y evolucionan hasta adquirir una creciente capacidad para transformar el entorno en el que vivimos.

Dentro de este marco científico y cultural, se inicia la revista **Estudios de Cuaternario** dedicada a la investigación universitaria en temas cuaternaristas.

Cada número anual estará constituido por las Memorias de Tesis que hayan sido defendidas durante ese curso académico dentro del Máster Universitario en Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) que se imparte actualmente en la Universidad del País Vasco UPV/EHU.

La revista **Estudios de Cuaternario** está publicada por la Sociedad de Ciencias Aranzadi ([www.aranzadi-zientziak.org](http://www.aranzadi-zientziak.org)) gracias al Convenio firmado con la UPV/EHU para el desarrollo del programa formativo de los Estudios de Postgrado (Máster y Doctorado) en Cuaternario, y contendrá a lo largo de los años trabajos de investigación en diferentes líneas centradas en la Prehistoria, Antropología y la Geología del Cuaternario, los tres pilares básicos de este máster universitario.

## ZUZENDARIAREN AURKEZPENA

Kuaternarioa gure planetaren historiaren azken 2,6 milioi urteko aro geologikoaren aldia da. Honek maizko oszilazio klimatikoak, azkarrak eta handiak ditu ezaugarri. Ingurumenaren muturreko aldaketa hauekin batera, aro honetan giza espezieak Biosferan agertzen eta garatzen dira, bizi garen inguru eraldatzeko, gero eta ahalmen handiagoa lortuta.

Marko zientifiko eta kultural honetan **Kuaternario Ikasketak** aldizkariak Kuaternarioko gaiei buruzko unibertsitate ikerketako argitalpen serie bat hasi du. UPV/ Euskal Herriko Unibertsitateko Kuaternario Masterraren barnean eta Giza Aztarna, ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) kurtso akademiko horretan defendatutako tesien memoriak osatzen dute urteko ale bakoitza.

**Kuaternario Ikasketak** aldizkaria Aranzadi Zientzi Elkarteak ([www.aranzadi-zientziak.org](http://www.aranzadi-zientziak.org)) argitaratzen du Gradu-ondoko (Master eta Doktoretza) ikasketak programa garatzeko UPV/EHUrekin sinatutako akordioari esker eta urteetan zehar ildo desberdinetan egindako hainbat ikerketa lan jasoko ditu, bai Historiaurrean, bai Antropologian, bai Geologian oinarritutakoak, hauek baitira unibertsitateko master honen hiru euskarriak.

## EDITORIAL INTRODUCTION

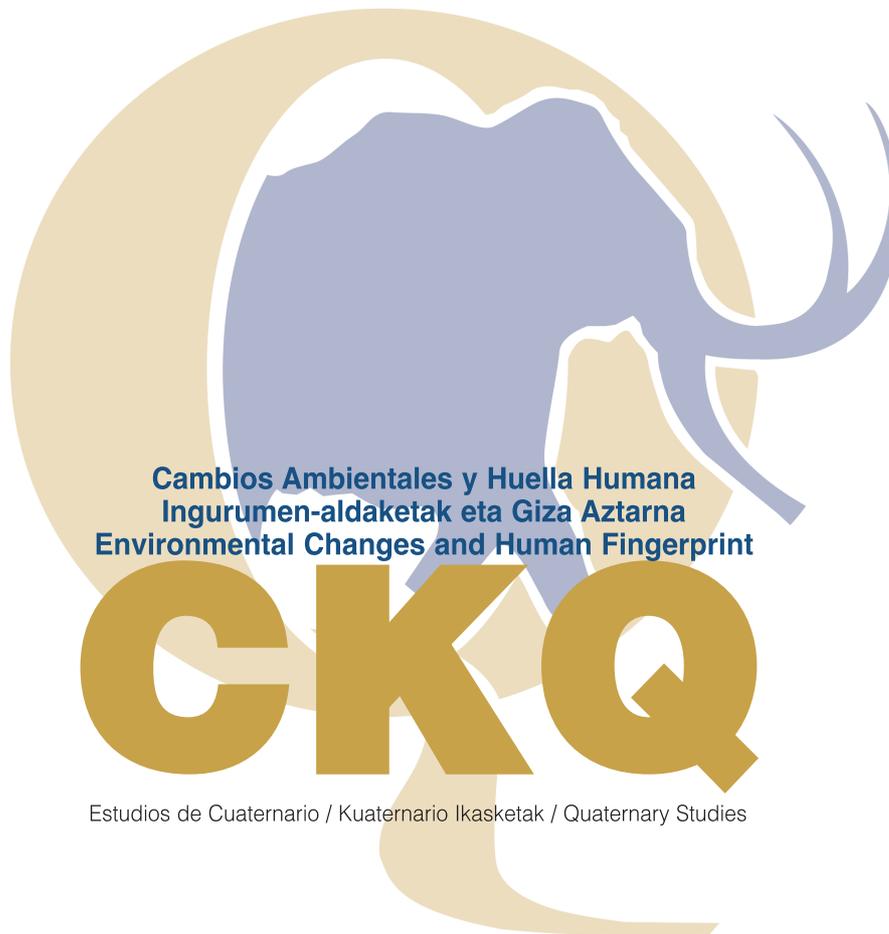
The Quaternary is the geological time period corresponding to the last 2.6 million years in our planet's history, characterized by frequent, rapid and intense climate changes. Simultaneously to these environmental variations, during this time period human species appeared in the Biosphere and evolved to acquire an increasing capacity to transform our surrounding environment.

Under this scientific and cultural framework, it is presented the journal **Quaternary Studies**, that is dedicated to the university research on Quaternary topics.

Each yearly issue is constituted by the MSc thesis dissertations carried out during the last academic course within the Master in Quaternary: Environmental Changes and Human Fingerprint ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) taught presently at the University of the Basque Country (UPV/EHU).

The journal **Quaternary Studies** is published by the Aranzadi Science Society ([www.aranzadi-zientziak.org](http://www.aranzadi-zientziak.org)) thanks to the Agreement signed with the UPV/EHU for the development of the Postgraduate formative programme (Master and Doctorate) in Quaternary. It will contain throughout the years different works dedicated to variable research lines focusing on the Prehistory, Anthropology and Quaternary Geology, the three basic fundamentals of this university master's degree.

ALEJANDRO CEARRETA



## ÍNDICE/ AURKIBIDEA/ CONTENTS

DIEGO SALVADOR FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ

- Manifestaciones gráficas y paleoespeleología. La cueva de Ardales (Ardales, Málaga) como ejemplo de movilidad humana en medios kársticos subterráneos ..... 3-17

ANDREA GARCÍA SAGASTIBELZA

- Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia ..... 19-37

ALBA GONZÁLEZ-LANCHAS

- Reconstrucción paleoambiental del impacto humano en el Abra de Bilbao durante los últimos 200 años ..... 39-60

UXUE PEREZ-ARZAK

- La sociedad medieval a partir del osario de Wamba (Valladolid, siglos XII-XVII). Una aproximación desde el estudio de los marcadores musculoesqueléticos ..... 61-73

**Foto de portada:**  
Salida de campo  
al yacimiento  
gearqueológico de  
Atapuerca (Burgos)  
con los profesores  
J.M. Bermúdez de Castro  
y J.M. Parés (CENIEH),  
8 Octubre 2015.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 7	3-17	LEIOA	2017	ISSN 2445-1282
--	------	------	-------	------	----------------

# Manifestaciones gráficas y Paleoespeleología. La cueva de Ardales (Ardales, Málaga) como ejemplo de movilidad humana en medios kársticos subterráneos

Graphic process and Palaeospeleology. The cave of Ardales (Ardales, Malaga) as example of human mobility in underground karstic spaces

**PALABRAS CLAVES:** Paleoespeleología, Técnicas de movilidad, Manifestaciones gráficas, Arqueología Social, Arqueología microespacial, Frecuentación humana.

**KEY WORDS:** Palaeospeleology, Mobility technics, Graphic evidences, Social archeology, Microspatial archeology, Human frequentation.

**Diego Salvador FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ<sup>(1)</sup>**

## RESUMEN

El presente trabajo aborda un aspecto tan elemental del proceso gráfico prehistórico como son las actividades paleoespeleológicas. Sin lugar a dudas, la confección de manifestaciones gráficas en contextos subterráneos conllevó el desarrollo de técnicas de movilidad que permitieran a los seres humanos superar los "filtros" naturales presentes en las cavidades en su acceso hasta las paredes. Según esto, nos proponemos analizar en perspectiva socioeconómica estas técnicas paleoespeleológicas que lejos de constituir hallazgos "excepcionales", configuran una auténtica estrategia dentro de la cadena operativa gráfica. Para ello tomaremos como ejemplo más representativo la Cueva de Ardales cuyo registro sugiere el empleo de dichas técnicas de movilidad. Así mismo expondremos otros ejemplos de avance humano en sistemas endokársticos relacionados con arte prehistórico que reafirman esa idea de la paleoespeleología como parte de los modos de vida y producción de las sociedades prehistóricas.

## ABSTRACT

This work approach to an aspect as important inside the prehistoric graphic process as are palaeospeleology activities. There is no doubt that the making of graphic evidences in underground contexts required the development of mobility technics that allowed to humans overpassing the natural "filters" existing in cavities during their access to walls. According to this, we try to analyze in a socioeconomically perspective all these palaeospeleological techniques that must not being understood as an "exceptional" finding but as a strategy inside the graphic operational chain. For this reason, we will use as example the Cave of Ardales which register suggests the using of those mobility technics. Likewise we will expose other examples of human progression in endokarstic places related with prehistoric rock art that reassert that idea of palaeospeleology as a process participant in the way of life and production of prehistoric societies.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el estudio de las manifestaciones gráficas prehistóricas se ha centrado en análisis de tipo estilístico, cronológico, funcional, técnico... en definitiva análisis que adoptaron puntos de mira en cierto modo historicistas. Pese a ello, en los últimos años venimos viendo como este modelo de investigación se ha visto desplazado por trabajos en los que se comprende que la gráfica no constituye más que un eslabón de una "cadena operativa" más amplia en la que tan importante es la captación de la materia prima como su adaptación para su aplique sobre un soporte. Es precisamente en este marco de cadena operativa en el que hace su aparición el concepto de "Paleoespeleología".

En este contexto el objetivo de este trabajo es definir la importancia que la Paleoespeleología tiene en el proceso gráfico prehistórico en tanto que supone la dotación humana de todo un aparataje que posibilita el movimiento por/hacia el interior de ambientes kársticos hasta el acceso a la pared. Para ello nos centraremos fundamentalmente en la Cueva de Ardales (Ardales, Málaga), cuyo registro nos per-

<sup>(1)</sup> Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Facultad de Letras, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), dfernandez104@ikasle.ehu.eus.

Directores: Marcos García Díez (Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, UPV/EHU) y José Ramos Muñoz (Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Universidad de Cádiz).



mite ahondar en las técnicas de movilidad empleadas para el avance por el interior de cavidades en época prehistórica.

Sin embargo es importante no olvidar que pese a centrarnos en un caso concreto, la prospección y utilización de cavidades llevó al desarrollo de materiales y técnicas de naturaleza diversa (lámparas, andamiajes, adecuación de gateras y meandros, etc) sin las que las actividades paleoespeleológicas (y uso de la cavidad) no hubieran sido posibles. De esta forma, veremos sucintamente como en otras cavidades también se registran evidencias paleoespeleológicas bien de manera directa (véanse los fragmentos de cordaje) o indirecta (empleo de elementos auxiliares no preservados o que no dejan huella en el contexto arqueológico).

Con todo esto, nuestro estudio viene justificado por la necesidad de abrir una línea de investigación y discusión que abarque los materiales y técnicas paleoespeleológicas empleadas durante la Prehistoria para la "visita" de espacios subterráneos, campo que hasta ahora ha carecido de la atención que se merece. De la misma forma presentamos una línea que incide en la trascendencia de analizar estas técnicas paleoespeleológicas en el marco de un complejo proceso socioeconómico participante en la cadena operativa gráfica. Se trata de una postura opuesta a los escasos y pobres estudios puntuales de piezas "excepcionales" a las que se busca una explicación funcional separada de cualquier proceso paleoespeleológico amplio.

## 2.- METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y MARCO TEÓRICO

Para la obtención de unos resultados que nos permitiesen comprender el fenómeno que estamos tratando de forma coherente con el marco teórico que nos proponíamos, la Arqueología Social, nos detuvimos desde el principio en la configuración de una metodología de estudio bien articulada.

Según esto, arrancaríamos nuestro trabajo con un proceso de recopilación bibliográfica con el que poder acotar el estado de la cuestión. La escasez de trabajos sistemáticos en relación al término "Paleoespeleología" nos llevaría a una situación que requeriría la definición de este concepto clave. Esto nos llevó a buscar textos con los que además podríamos conocer registros paleoespeleológicos de diversas cuevas con manifestaciones gráficas cuya significación es crucial para entender los procesos de exploración/utilización de cuevas. Paralelamente, esta valoración bibliográfica pasaría por el análisis de publicaciones centradas específicamente en la Cueva de Ardales. Dado que este caso constituye el grueso de nuestro trabajo, nos hemos preocupado por comprender no solo los registros paleoespeleológicos en sí, sino además el registro arqueológico y microespacial de la cavidad, elementos fundamentales si tenemos en cuenta que es imposible comprender las técnicas de movilidad en espacios subterráneos sin evaluar la original distribución topográfica y espacial del lugar a explorar/utilizar.

Otro aspecto fundamental sería el trabajo de campo desarrollado en la Cueva de Ardales. Sin embargo consideramos que este trabajo de campo "trasgrede" lo meramente profesional y se extiende inclusive a la experiencia vital del autor. Así la amplia experiencia en el terreno de la espeleología vertical (con exploraciones en cavidades de gran potencial) nos permiten adoptar una perspectiva espeleológica que además de aportar técnicas de documentación óptimas para el mundo subterráneo, permiten valorar las cavidades en el más estricto sentido de la movilidad humana.

En lo que respecta a las labores desarrolladas en la Cueva de Ardales, las tareas de documentación se centraron fundamentalmente en el registro fotográfico y la delimitación topográfica de los lugares de interés. Para el registro fotográfico se utilizaría una cámara tipo *bridge* Fujifilm Finepix S2500HD acompañada de flashes auxiliares así como focos de iluminación. Dada la morfología y el posicionamiento de dichos elementos, se observó cómo tras algunas tomas preliminares la configuración más factible para la realización de las fotografías variaría en función del registro. En cuanto a la configuración de la cámara, nos decantaríamos por utilizar el menor ISO posible, rondando los 200-400 así como una apertura del diafragma con valores cercanos al f/3.1, con el que el tiempo de exposición se ubicaría en torno a 1/6 segundos. Pero a pesar de que esta metodología nos permitió la obtención de fotografías de gran calidad, como ya hemos mencionado los valores tuvieron que ser modificados levemente para la documentación de los diversos soportes. Esta modificación afectaría fundamentalmente al tiempo de exposición, ya que

aunque la apertura del objetivo se mantendría en  $f/3.1$ , el tiempo de exposición se prolongaría hasta 1.3 segundos, factor con el que se conseguiría una mayor captación de luz por el objetivo.

Por su parte, para la caracterización topográfica/morfológica de los lugares, complementaríamos la nueva topografía realizada por el equipo de investigación hispano-alemán durante las intervenciones arqueológicas de 2011-2014 con visitas que nos permitiesen cotejar en directo esta topografía y así superponer a la misma aquellos elementos considerados esenciales dentro de la actividad paleoespeleológica. Gracias a estos trabajos conseguimos conocer la complejidad morfológica de la cueva así como las diferentes dificultades y desniveles que los exploradores habrían de solventar durante su avance por el complejo kárstico. Igualmente, esta aproximación espacial nos da cuenta de la estrecha relación existente entre esa serie de elementos auxiliares de naturaleza paleoespeleológica y el registro gráfico, ya que como veremos, en la mayor parte de los casos los rastros de movilidad se ubican a escasos metros de los motivos.

Por último dentro de este apartado de definición metodológica debemos hacer una breve alusión al marco teórico desde el que afrontamos nuestro estudio. Como ya comentábamos en el apartado introductorio, frente a los estudios de carácter historicista que han dominado buena parte de la producción científica relacionada con el arte paleolítico (y en general la Prehistoria), en nuestro estudio apostamos por un modelo teórico vinculado con la Arqueología Social y el Materialismo Histórico desde los que nos aproximaremos a las sociedades prehistóricas en clave social y económica (FONTANA, 1982; FERNÁNDEZ, 2015). El objetivo será reconocer elementos tan esenciales como modos de producción, modos de propiedad, relaciones de producción, modos de vida, patrones de movilidad y territorialidad. Para el caso que nos ocupa, este posicionamiento teórico aparece materializado en el concepto de "cadena operativa" al que ya nos hemos referido para las manifestaciones gráficas. Con ello lo que se pretende es acercarnos al proceso gráfico interpretando cada uno de sus "episodios" en un sentido socioeconómico, desde el abastecimiento de la materia prima hasta el aplique del pigmento en el soporte pasando por la exploración de la cavidad. Partiendo de esta base teórica veremos como la paleoespeleología constituye un elemento fundamental dentro de los modos de vida y producción de las sociedades prehistóricas, erigiéndose como un fenómeno que nos permite reconstruir procesos de índole social y económica (RAMOS, CANTALEJO y ESPEJO, 1999).

### 3.- EL CONCEPTO DE "PALEOESPELEOLOGÍA"

Como comentábamos al comienzo de este escrito, el concepto de "Paleoespeleología" es un término relativamente reciente cuya irrupción se puede atribuir fundamentalmente a François Rouzaud y Michel Lorblanchet. Con anterioridad a los estudios desarrollados por estos investigadores, el prisma eminentemente historicista de los estudiosos del arte prehistórico les llevó a interpretar las representaciones gráficas como el fin último, preocupándose más por intentar "descifrar" la significación y la cronología-estilística de los motivos que por conocer los procesos socioeconómicos existentes hasta llegar al grafema (MORO y GONZÁLEZ, 2006).

Esta situación cambiaría ligeramente en ciertos aspectos con los estudios de Leroi-Gourhan y Lamming Empeaire. Su preocupación por vertebrar espacial y topográficamente el desarrollo de las cavidades para establecer un sistema "lógico" de distribución gráfica puede interpretarse como una manera de entender que el espacio endokárstico era bien conocido por los humanos, quienes tendrían su propia sistematización del espacio subterráneo en concepto de binomio hombre-mujer/caballo-bisonte según Leroi (LEROI-GOURHAN, 1968). Este conocimiento de la cavidad por los humanos llevó además a Leroi a interesarse por los signos vistos como elemento étnico por un lado y como factor topográfico por otro. Así Leroi comprendería que junto a unos signos cuya explicación viene determinada por una función de marcador étnico, se encuentran otros que por su posicionamiento en el interior de la cavidad y su contexto gráfico debían servir como elementos de señalización para la progresión por la cavidad (LEROI-GOURHAN, 1979; MINGO, 2008).

Pero no sería hasta la década de los 70 cuando surjan estudios que analicen de manera explícita los fenómenos de movilidad humana en cavidades. Estos estudios vendrían de mano de Rouzaud y Lorblanchet quienes serían los primeros en acotar las implicaciones de la paleoespeleología. Ambos

coincidirían en definir la paleoespeleología como un campo de estudio que integra las técnicas usadas para el acceso seguro a las cavidades tanto para la realización de diversas actividades como para su observación. No obstante esta definición de paleoespeleología no se detendría aquí, sino que para su mejor entendimiento ambos autores abogan por un estudio multidisciplinar que permitiera acercarse a aspectos como la geología, la climatología, la karstología... elementos sin los que no es posible contextualizar la práctica paleoespeleológica (LORBLANCHET, 1974; 2006; ROUZAUD, 1978; 1997).

A estos estudios se unirían también a finales de los 70 los de otros investigadores como Brigitte y Gilles Deluc quienes empezaban a tratar temas específicos dentro del entramado paleoespeleológico. Buena muestra de ello es su contribución a la obra *Lascaux inconnu* en la que abordan aspectos tan esenciales como es *l'éclairage* (la iluminación) o *l'accès aux parois* (el acceso a las paredes), temáticas bajo las que presentarían una serie de elementos encontrados en Lascaux como son las lámparas y el cordaje (DELLUC y DELLUC, 1979a; 1979b). Más tarde, estos estudios inspirarían a Sophie Beaune en sus trabajos sobre la "domesticación del fuego" en los que sistematizaría el estudio de las lámparas (BEAUNE, 1987; 1994; 2003). Llegados a este punto, los estudios de contextos relacionados con actividades paleoespeleológicas se incrementarían, aunque sin incidir en la paleoespeleología como elemento de índole socioeconómica.

Sea como fuere, lo cierto es que ya entrados en el S. XXI aparecen estudios que sí empezarán a entender la paleoespeleología en un sentido amplio prestando especial atención al desarrollo geomorfológico de la cavidad, su topografía, la reconstrucción de las paleobocas (primordial en lo que a la iluminación se refiere)... Por solo mencionar algunos nombres están Pedro Cantalejo, Andreas Pastors, Gerd Weniger... Quisiéramos destacar de estos últimos autores su interesante línea de estudio vinculada con la organización espacial de las cavidades, un tema que trataría brevemente Rouzaud y que estos investigadores aplicarán de manera más concisa a cavidades con registros gráficos (PASTOORS y WENIGER, 2011; HOFFMEISTER *et al.* 2015).

#### 4.- LA CUEVA DE ARDALES (ARDALES, MÁLAGA). UBICACIÓN Y CONTEXTO ARQUEOLÓGICO-GRÁFICO

La Cueva de Ardales constituye sin lugar a dudas un espacio clave para comprender los modos de vida y producción tanto de las sociedades cazadoras-recolectoras como de las sociedades tribales en el marco de la Región Geohistórica del Estrecho de Gibraltar. Esta relevancia viene determinada por la riqueza de un contexto arqueológico-gráfico que debe ser entendido en su espacio geográfico y geológico.

Desde el punto de vista geográfico, la Cueva de Ardales se ubica en Ardales (Málaga), en la Comarca del Guadalteba, a unos 565 m.s.n.m. Se trata de un espacio marcado por un desarrollo de altiplanicie en la que tampoco faltan desfiladeros naturales (por ejemplo el Desfiladero de los Gaitanes) que articulan el mediterráneo-atlántico (RAMOS *et al.* 2014). Cabe destacar que la cavidad dista de la costa 50 kilómetros, lo cual unido a su proximidad con las masas fluviales que constituyen los ríos Guadalteba y Turón, hacen de este ambiente un lugar lleno de recursos hidrológicos y cinegéticos óptimos para el desarrollo de actividades socioeconómicas. Este factor se ve reafirmado por el componente geológico de la zona, ya que al encontrarse limítrofe entre las Zonas Internas y las Zonas externas de la Cordillera Bética, los materiales oscilan desde rocas de naturaleza dolomítica o calizo-dolomítica hasta rocas de carácter metapelítico.

En lo referido a Ardales en particular, este componente geológico se refleja en un conjunto de montañas del Jurásico en las que podemos encontrar materiales calizos oolíticos, margosos, margocalizos, etc. Con todo esto no es de extrañar que las materias primas susceptibles de ser trabajadas sean de muy diversa índole. Gracias a los estudios arqueomineralógicos y geoarqueológicos se han podido determinar materias primas de gran calidad como son sílex masivos, sílex radiolaríticos, sílex tipo Turón (sílex de procedencia local con radiolarios, espículas de esponjas, filamentos y foraminíferos) o areniscas del Flysch del Campo de Gibraltar, en resumidas cuentas materiales que permiten el desarrollo de cadenas operativas completas de gran calidad (CANTALEJO, MAURA y BECERRA, 2006; CANTALEJO y ESPEJO, 2014).

Todos estos materiales, tienen su plasmación en el contexto arqueológico-gráfico de la Cueva de Ardales. Ya desde fechas tempranas este registro llamó la atención de figuras como Pascual Madoz, Puig y Larraz y Henri Breuil e incluso más tarde investigadores como Paolo Graziosi, Javier Fortea, Jordá Cerdá



**Figura 1.** Localización de la Cueva de Ardales y su relación con otros contextos prehistóricos del Sur Peninsular.  
**Figure 1.** Cave of Ardales location and its relationship with other prehistoric contexts of the Southern Iberian Peninsula.

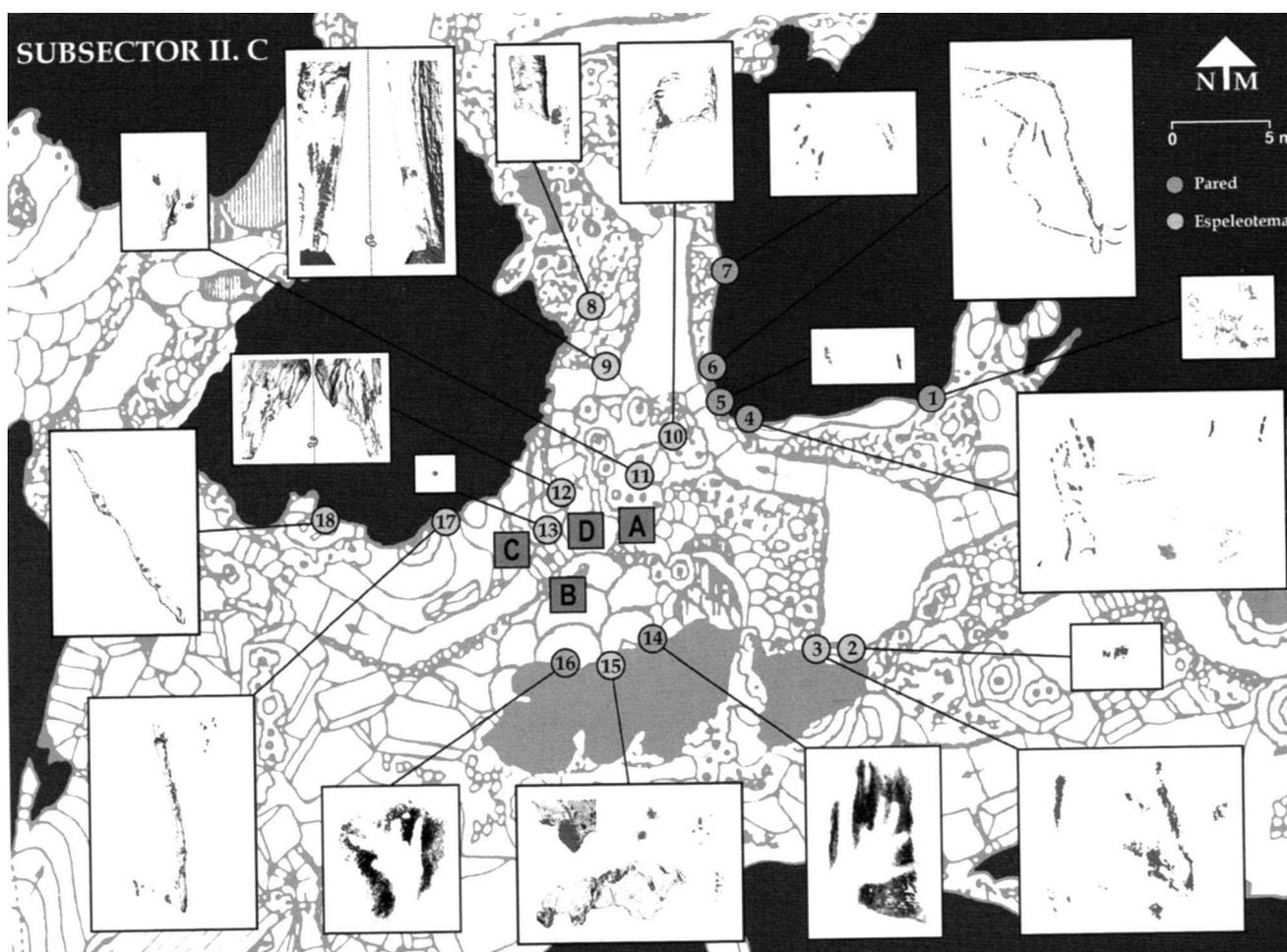


**Figura 2.** Industria lítica silíceo de Modo III procedente de la Cueva de Ardales (Fuente: RAMOS *et al.* 2014).  
**Figure 2.** Siliceous lithic tools of Mode III from the Cave of Aradales (Source: RAMOS *et al.* 2014).

o Lía y Marcel Dams trataron la Cueva de Ardales en sus obras más relevantes. Sin embargo el gran pulso investigador en esta cavidad vendría encabezado por Pedro Cantalejo, María del Mar Espejo y José Ramos quienes desde los años 80-90 centrarían gran parte de sus esfuerzos en estudiar el registro arqueológico y gráfico de la Cueva de Ardales. Ya en 2010 se iniciaría una colaboración científica entre la Universidad de Cádiz, la Universidad de Colonia y el Neandertal Museum a raíz de lo cual se emprenden otras la-

bores científicas como investigaciones geofísicas, perforaciones, intervenciones arqueológicas puntuales, análisis arqueomineralógicos, nuevos trabajos topográficos, etc.

En lo relacionado con las manifestaciones gráficas prehistóricas, a raíz de todos estos trabajos se han logrado documentar más de 1000 motivos repartidos en 252 paneles. Por lo general se trata de un registro perteneciente al Paleolítico Superior junto al que encontramos elementos neolíticos, lo cual permite hablar de hasta 8 fases gráficas repartidas en 3 ciclos donde el primero se corresponde con momentos de reconocimiento de la cavidad, el segundo con un arte solutrense homogéneo y estandarizado y el tercero con un episodio marcado por la "decadencia" de la producción gráfica. En lo que respecta a la temática, los motivos se reparten entre representaciones de fauna (cérvidos, équidos, cápridos, bóvidos, aves, ofidio y pez), imágenes antropomorfas (cuerpos femeninos), negativos de manos y elementos no figurativos (puntos, signos, manchas). Además todos estos motivos fueron realizados empleando técnicas que oscilan entre la pintura y el grabado así como una técnica mixta que cohesiona ambos sistemas.



**Figura 3.** Mapa de la ubicación de los principales motivos gráficos de la Cueva de Ardales (Fuente: CANTALEJO *et al.* 2003).  
**Figure 3.** Map with the location of the main graphic motifs of the Cave of Ardales (Source: CANTALEJO *et al.* 2003).

Por otro lado, las intervenciones arqueológicas puntuales desarrolladas entre 2011 y 2015 han sacado a la luz un complejo contexto arqueológico que arranca con materiales asociados al Modo III (Musteriense) como son BN1G (Base Negativa de Primera Generación), raederas sobre BN2G (Base Negativa de Segunda Generación) o BP (Base Positiva). Igualmente interesantes son los registros del Paleolítico Superior en los que se encuentran tallas de sílex como BN2G-Buril, BN2G-Denticulados, BP-Hoja o BP-Lámina. Por último esta secuencia se encuentra delimitada por materiales atribuibles a sociedades neolíticas del tipo BN1G o BP- Interna nuevamente realizados sobre soportes silíceos. Junto a todo este registro aparecen además restos de fauna del tipo *Equus ferus*, *Cervus elaphus*, *Capra pyrenaica*, *Oryctolagus cu-*

*niculus* y *Chelonia indet* con los que inferir datos a nivel socioeconómico pero también climáticos, paisajísticos, geográficos-geológicos, etc. (RAMOS *et al.* 2014; FERNÁNDEZ, 2015).

## 5.- LA PROBLEMÁTICA DE LA MOVILIDAD HUMANA EN EL ACCESO A LAS PAREDES DE LA CUEVA DE ARDALES

Dentro del registro humano localizado en la Cueva de Ardales existen una serie de elementos que nos hablan de la problemática de la movilidad humana en esta cavidad y que consideramos de crucial importancia para acercarnos al estudio de las actividades humanas en espacios subterráneos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que estas estrategias paleoespeleológicas no siempre se revelan de manera clara, sino que existen otras ciertas evidencias cuya conexión con la movilidad humana han de inferirse a raíz del contexto en el que se encuentran, con lo cual la dificultad interpretativa es evidente (HOFFMEISTER *et al.* 2015).

### 5.1. Evidencias indirectas de la presencia humana en entornos subterráneos

En este sentido, nos centramos en primer lugar en aquellas evidencias fruto de la presencia humana en espacios subterráneos cuyo reflejo se configura en forma de "tocamientos", esto es, rastros no intencionados que los humanos dejarían a su paso por la cavidad. Desde el punto de vista estrictamente espeleológico, estos rastros consisten en impresiones negativas dejadas fundamentalmente en paredes provocadas por la aplicación no premeditada de peso en partes en las que una capa arcillosa recubre la pared y que gracias a las excepcionales condiciones de la cavidad se han preservado si bien en grados de conservación diversos. Estas huellas son visibles tanto en las "Galerías Bajas" de Ardales como en las "Galerías Altas", siendo este último lugar de especial interés tanto por ser el lugar que más negativos acumula como por los nulos procesos de alteración antrópica que ha sufrido esta parte de la cueva desde su descubrimiento en 1981 (CANTALEJO *et al.* 2005).

En las "Galerías Bajas", la principal evidencia de progresión humana se corresponde con una impresión de mano conservada gracias a los procesos de carbonatación del lugar en el que se encuentra. Esta mano presenta bien reflejados los dedos índice, corazón, anular y meñique quedando menos claro el negativo del dedo pulgar. Los posteriores estudios antropométricos reflejaron que se trata del negativo de una mano de infante de entre 7 y 9 años. Topográficamente, la impronta se localiza en la llamada "Galería del Calvario", una galería en forma de rampa ascendente que da acceso a la zona más alta de toda la cavidad, el "Camarín" (+6,68m.).

A pesar de que el recorrido por esta rampa sería adecuado por Trinidad Grund a mediados del S. XIX, paleoespeleológicamente hablando la "Galería del Calvario" es interesante en tanto en cuanto la progresión por esta rampa requería de puntos de apoyo naturales que permitieran la superación de un desnivel que dificulta el ascenso hasta la parte superior. Dicha dificultad se acrecienta por la presencia de numerosos bloques que incluso fueron usados como soporte para la realización de grafemas. A pesar de ello, la superación de estos obstáculos naturales se facilita en las zonas más próximas a las paredes, elemento que explica la situación de esta mano de infante y que refleja el desarrollo de técnicas paleoespeleológicas coherentes con la topografía de la cavidad. Por otro lado, la relación de esta marca con el registro gráfico es más que evidente, ya que la "Galería del Calvario" es uno de los puntos con mayor número de paneles de toda la cavidad, siendo en esta línea interesantes las numerosas ciervas, representaciones femeninas, aves, etc.

No obstante, las evidencias de frecuentación humana más interesantes se encuentran en las "Galerías Altas". Como ya hemos mencionado anteriormente, aquí el registro apenas ha sufrido alteración antrópica alguna ya que desde el taponamiento de la entrada original a estas galerías (a finales de la Prehistoria) el acceso se ha visto restringido por la existencia de un pozo de 18m. que conforma un "filtro" natural solamente superado en 1981. Aquí las evidencias de movilidad humana son aún más interesantes si cabe, ya que la compleja morfología del espacio requeriría el desarrollo de estrategias paleoespeleológicas específicas.

Entre los diversos obstáculos que podemos encontrar en esta región de la cavidad observamos estrecheces, desniveles acusados, desarrollos únicamente verticales, caos de bloques, etc. Estos obstá-

culos naturales serían superados en parte mediante técnicas que desde la actual espeleología deportivo-científica se han denominado "técnicas de oposición". Se trata de un conjunto de posicionamientos que sin tener un procedimiento de realización concreto consiste fundamentalmente en aprovechar la capacidad del cuerpo humano de "empotrarse" entre fisuras y paredes para así poder avanzar de forma segura por la cavidad. Esta misma técnica puede aplicarse en contextos más complejos en los que las mayores dimensiones del espacio requieren de una mayor presión por parte del espeleólogo para conseguir una mejor sujeción y avance por la pared (CANTALEJO *et al.* 2005).

Como consecuencia de esta "oposición", a lo largo de las "Galerías Altas" vemos diversas improntas sobre soportes arcillosos (de conservación desigual) en los que se constata mediante la presencia de improntas de dedos el ejercicio de presión sobre las paredes para facilitar el desplazamiento. Destacan particularmente las marcas de progreso existentes al final de las "Galerías Altas". Aquí la existencia de un desnivel completamente vertical de 10 metros obliga al uso de empotres para descender a la base de este pozo, actividad que vuelve a inferirse mediante improntas de dedos e incluso improntas de mayor tamaño que reflejan resbalones a lo largo de la progresión. Igualmente interesante en el marco de las "Galerías Altas" y los procedimientos paleoespeleológicos son las "desobstrucciones" para forzar determinados pasos en los que las remociones, las roturas de estalagmitas, la ampliación de espacios estrechos o los movimientos de tierras permiten continuar con el avance a lo largo de estas galerías.

De la misma manera, todos estos registros paleoespeleológicos están íntimamente vinculados con las representaciones gráficas de Ardales, ya que la distribución de manifestaciones gráficas en las "Galerías Altas" se extiende a lo largo de todo este sector de la cavidad, siendo especialmente interesante en clave de avance espeleológico un cérvido en orientación casi vertical ubicado en la cabecera del pozo de 10 metros al que anteriormente hicimos alusión. Las características de este motivo y su ubicación nos llevan a pensar en una relación entre este cérvido y la "barrera" natural que constituye el pozo, si bien el nexo entre ambos elementos es de compleja interpretación (CANTALEJO *et al.* 2005).

## 5.2. Evidencias directas de la presencia humana en entornos subterráneos

Paralelamente a todos estos agentes que constatan indirectamente el desarrollo de actividades espeleológicas en la Cueva de Ardales, encontramos restos que por su naturaleza reflejan abiertamente el ejercicio de actividades dentro del espacio subterráneo. El componente que mejor caracteriza a estos materiales es sin duda las lámparas. Evidentemente, las lámparas son herramientas fundamentales para el movimiento humano en el interior de cavidades, ya que la ausencia de luz natural imposibilita por completo la visita de cavidades sin elementos auxiliares de este tipo. Es por ello que la gestión de la luz es un aspecto fundamental dentro de las estrategias paleoespeleológicas, siendo su utilización y distribución el resultado de un premeditado plan de ataque a la cavidad. En Ardales se han localizado más de una decena de indicios que nos hablan de ese control de la luz en espacios oscuros, ya sea a través de lámparas móviles, lámparas fijas, puntos con iluminación fija (visibles gracias a los restos de combustión) o simplemente a través del trabajo de soportes estalagmíticos para la obtención de lámparas. Estas técnicas de iluminación empleadas en Ardales han sido bien estudiadas por Pedro Cantalejo y el resto de compañeros del equipo, hasta tal punto que se dedicaría un apartado específico a los "Elementos de iluminación" en la publicación *Cueva de Ardales 2011-2014. Intervenciones arqueológicas* donde queda bien expuesta la cuestión de la iluminación de los espacios oscuros (RAMOS *et al.* 2014).

Llegados a este punto nos detenemos en un elemento que incluso hoy día es seña identificativa de la actividad espeleológica, la cordelería. La Cueva de Ardales constituye uno de los escasos lugares en los que se han localizado restos de cordelería, siendo aún más interesante el hecho de que estos restos se hayan documentado *in situ*. Se trata de una cuerda cuya conservación ha sido posible gracias al hecho de que repose sobre un soporte estalagmítico de grandes dimensiones en el que la precipitación de carbonato cálcico ha producido la cristalización de los restos de cordelería. De esta manera se han conservado aproximadamente 50 centímetros de cuerda, si bien se encuentra fragmentada en dos cabos diferentes pero pertenecientes a la misma línea de descenso. En su parte medial puede suponerse un nudo de anclaje que usaría como elemento de aseguramiento una estalagmita, aunque desafortunadamente, esta zona constituye, junto a los extremos de la cuerda, una de las peores conservadas de esta cuerda. Se observa además que para la elaboración de esta cuerda se usarían fibras vegetales del



**Figura 4.** Imagen de los cabos que componen la cuerda encontrada en la Cueva de Ardales.  
**Figure 4.** Image of the rope found in the Cave of Ardales.

tipo esparto a las que tras quitar la epidermis se le liberarían las fibras internas para posteriormente someterlas a torsión.

Un factor interesante que se ha registrado gracias a arqueología experimental y fuentes orales es el hecho de que el esparto es un material que tras ser sumergido 10-20 días en agua genera una sustancia gomosa que da cohesión a las diversas fibras, aumentando su calidad, aunque actualmente no podemos confirmar este procesamiento para la cordelería de Ardales. Sea como fuere sí sabemos que para su elaboración se trenzarían tres fibras de esparto, lo cual conferiría a la cuerda una resistencia óptima para su utilización en actividades paleoespeleológicas.

Sin embargo, como ya hemos mencionado anteriormente, el factor de mayor interés viene determinado por el posicionamiento topográfico de la cuerda y su relación con el registro gráfico. La cuerda se encuentra en un soporte estalagmítico localizado en la conocida como "Sala de las Estrellas", una sala de amplias dimensiones a la que se accede desde el lateral derecho del final del cono de sedimentos que arranca en la entrada de la Cueva de Ardales. Es este un lugar fundamental del registro gráfico de Ardales ya que es aquí donde es posible la visualización de dos manos negativas elaboradas mediante el aerografiado de pigmento negro de manganeso. Con esto entendemos que la ubicación de la cuerda no es ni mucho menos aleatoria, sino que su disposición en esta parte de la cueva viene explicada por el desarrollo tanto de actividades gráficas como de posibles visitas posteriores (RAMOS *et al.* 2014).

En el sentido paleoespeleológico, el uso de esta cuerda se explica por el desarrollo geomorfológico que la cueva adopta en este punto. Así a pesar de que en la actualidad la movilidad por la "Sala de las Estrellas" es bastante cómoda por su desarrollo prácticamente horizontal y sus amplias dimensiones, en la zona de acceso a este espacio había que superar en su origen un desnivel de aproximadamente 4-5 metros cuyo descenso se hacía imposible sin el uso de elementos auxiliares. A esto se suma la importancia a la que ya hemos hecho alusión al estar próximas las dos manos aerografiadas. Todos estos factores llevaron al desarrollo de estrategias paleoespeleológicas concretas que se resolverían en primer lugar mediante la colocación del elemento auxiliar que constituye la cuerda. Pese a ello, la superación de este desnivel no supondría únicamente el uso de la cuerda que estamos analizando, sino que además para su utilización habría de disponerse un juego de luces que permitiese un descenso seguro así como la liberación de ambas manos para una mejor sujeción a la cuerda (PASTOORS y WENIGER, 2011).



**Figura 5.** Soporte estalagmítico en el que se encuentra la cuerda. El círculo señala la posición exacta.

**Figure 5.** Stalagmitic support where the rope is located. Circle indicates its exact position.

En total se han detectado hasta tres evidencias de uso de iluminación en el entorno próximo a los restos de cordelería, compartiendo todas ellas como elemento común su carácter de inamovilidad. El primer elemento de iluminación puede observarse inmediatamente en el margen izquierdo de la enorme estalagmita en la que se encuentra la cuerda. Se trata de una estalagmita fracturada premeditadamente de aproximadamente 50 centímetros de desarrollo en cuya parte superior se conservan aún restos de combustión. El segundo ejemplo de control de la luminosidad viene marcado por un conjunto de estalagmitas fracturadas (también intencionalmente) situadas a menos de 3 metros del foco lumínico anterior. En este caso volvemos a apreciar restos de combustión en el plano superior generado por la fractura de la estalagmita, si bien aquí la intencionalidad de iluminar el espacio queda aún más clara al haberse quebrado una segunda estalagmítica (que en el proceso lógico sería la primera en ser trabajada) en la que un mal golpe provocó un plano inclinado no apto para la sustentación de punto de luminosidad. Por último figura un tercer punto de iluminación fijo consistente fundamentalmente en una serie de restos de combustión que se distribuyen a lo largo de una costra estalagmítica cuyo plano de deposición aunque no ha sido trabajo, es óptimo para la combustión de materiales.

Cabe destacar además otras muestras de control lumínico cuya posición está algo más alejada del contexto que realmente nos interesa pero que nos hablan de la obtención de lámparas portátiles susceptibles de ser usadas en el contexto que hemos descrito. Por lo general se trata de bases negativas sobre estalagmitas emplazadas en la base del cono de sedimentos que desciende desde la entrada de la cueva y de las que se obtendrían cuencos que por su reducido peso permitirían ser desplazados junto a la persona durante su progresión por la cavidad (RAMOS *et al.* 2014).

En resumen vemos como la iluminación del espacio circundante a la cuerda es un factor que preocupaba bastante tanto en clave de progresión paleoespeleológica como en clave de producción y visualización gráfica. Todo esto nos sugiere una enorme planificación espeleológica en la que tan importante es disponer de elementos de cordelería que permitan solventar el impedimento natural fácilmente como contar con otra serie de elementos auxiliares que faculden al uso seguro y correcto del cordaje en cuestión. De igual modo toda esta disposición recalca la importancia de este lugar concreto de la cueva en relación con su registro gráfico y su frecuentación posterior.

## 6.- REGISTROS PALEOESPELEOLÓGICOS EN OTROS CONTEXTOS GRÁFICOS

A pesar de la gran información que aportan las evidencias de movilidad humana encontradas en Ardales, existen otros contextos gráficos en los que también se han encontrado vestigios de actividades paleoespeleológicas, lo cual vuelve a incidir en esa idea de la movilidad humana en medios kársticos subterráneos como un eslabón más de las actividades sociales y económicas de las sociedades prehistóricas.

A nivel andaluz son cada vez más numerosos los hallazgos (o revisión de materiales) que sugieren el desarrollo de maniobras de carácter espeleológico en cavidades, siendo claros ejemplos las cuevas de Pileta y Nerja. La Cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga) es un sistema de más de 2 kilómetros de desarrollo en cuyo interior se conservan más de 800 motivos pleistocénicos que representan perfectamente el desarrollo de la expresión gráfica en el Sur Peninsular (ÁLVAREZ, 1993-1994). Por las características geomorfológicas de esta cavidad es evidente que el desarrollo de técnicas paleoespeleológicas fue fundamental para movimiento por la cavidad hasta el acceso a las paredes.

En este sentido, aunque aún faltan publicaciones, encontramos evidencias que han quedado impresas de manera involuntaria en determinadas zonas de la cueva, si bien su adscripción a contextos paleoespeleológicos es complejo. Vemos el caso de 6 "manos positivas" de las que 4 se corresponden efectivamente con improntas positivas de color negro aunque de cronología cercana a 1971, cuando el desarrollo de un campamento nacional de Espeleología provocó la entrada desmedida de espeleólogos y el "toqueteo" de las paredes. Pese a ello, existen otras 2 manos de color amarillo ubicadas en la base de un pozo vertical localizado al final de la "Galería Lateral" en el que el entramado morfológico y topográfico dificultaría el ascenso/descenso de este desnivel, con el consecuente empleo de técnicas de empotre y el abandono de muestras de estos empotres en forma de positivos de manos. Resulta interesante en este contexto la proximidad de estas manos con restos humanos postpaleolíticos, la superposición de una fina capa de carbonatación sobre las manos así como la correlación entre el color de los positivos y la coloración de la arcilla de esta galería.

Junto a estos controvertidos elementos, encontramos en Pileta reflejos de actividades relacionadas con el control lumínico (elemental para el movimiento humano en el interior de esta cavidad) como soportes estalagmíticos fracturados usados como lámparas fijas, restos de combustión o incluso lámparas. Recientemente se ha dado a conocer la revisión de una lámpara encontrada a mediados del S. XX depositada en el Museo de Málaga cuyas dataciones retrotraen este soporte a las primeras fases pictóricas de Pileta (26760±120 BP; 31775-31415 cal BP), siendo interesante el que se haya reutilizado un fósil de *Ostrea edulis* como base para la fabricación de esta lámpara en cuyo ápice parece observarse pigmentación amarilla (CORTÉS *et al.* 2016).

En la Cueva de Nerja (Nerja, Málaga) este tipo de rastros de movimiento humano no son menos interesantes (AURA, JORDÁ y FORTÉA, 2006). Al igual que en Ardales, existe todo un conjunto de tocamientos involuntarios cuya presencia se explica en clave de avance exploratorio. Un ejemplo concreto son una serie de "manchas rojas informes" localizadas entre sendas formaciones estalagmíticas y la pared en las que el paso por esta estrechez es obligado, con lo que la fricción corporal resulta inevitable (tal y como podemos constatar hoy día). Por el contrario, existen en Nerja numerosos "signos" premeditados cuya explicación pudiera estar relacionada con el marcaje topográfico de la cueva a lo largo de la exploración.

Se trata en efecto de una práctica que guarda bastante lógica con los procesos exploratorios de la cavidad. En Nerja se descartan para estos casos la posibilidad de que se traten de signos involuntarios provocados por el roce humano accidental con la pared, ya que en algunos contextos, las dimensiones de la cavidad permiten el avance sin la necesidad de mantener contacto físico con la pared, ya sea por tratarse de espacios estrechos o porque las grandes dimensiones obliguen a una progresión cercana a la pared a fin de no perder la orientación (SANCHIDRIÁN, 2012; MEDINA-ALCAIDE, GARATE y SANCHIDRIÁN, 2015). Así mismo, el empleo de colores eminentemente rojizos (colores cuya visibilización es más susceptible que la de otros tonos) y su posicionamiento en lugares estratégicos que evocan inevitablemente a su visualización, corroboran estas afirmaciones. En lo que atañe a la iluminación de esta cavidad también se han documentado un total de 58 elementos relacionados con puntos de iluminación (MEDINA-ALCAIDE *et al.* 2010), bien en forma de puntos fijos, lámparas fijas o lámparas móviles. La relación establecida entre la ubicación de estos puntos de iluminación y la morfología de la cueva ha sugerido el desarrollo de técnicas paleoespeleológicas bien establecidas en las que se llegaría a la iluminación total de ciertos espacios de la cueva como puede ser la "Sala de Cabra-Bitriangulares".

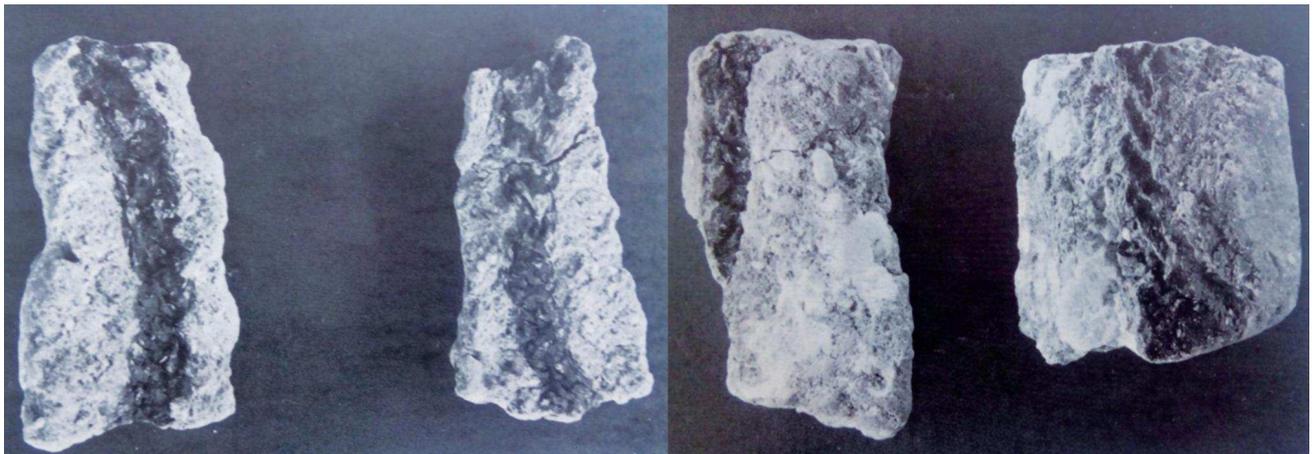
Fuera del horizonte andaluz el fenómeno paleoespeleológico también se contempla en cuevas con registro gráfico. En la Cornisa Cantábrica son varias las cuevas que presentan episodios espeleológicos. Por mencionar solo algunas de ellas tenemos Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias) y Etxeberri (Zuarraga, Gipuzkoa). En Tito Bustillo uno de los emplazamientos más evidentes en los que se desarrollaron técnicas espeleológicas relacionadas con la oposición es la galería de acceso a la "Galería de los Antropomorfos". Se trata de una galería cuya zona final se localiza una bandera estalagmítica con representaciones humanas en su anverso y reverso, lo que convierte a esta sala en un lugar interesante desde el punto de vista gráfico.

Sin embargo, para acceder a esta zona final, la morfología de la cueva es bastante compleja, hasta tal punto que en la actualidad se han de superar obstáculos naturales mediante el empleo de escaleras metálicas. Destacan en este intrincado desarrollo dos "destrepes" de aproximadamente 8 y 6 metros respectivamente en los que el control de técnicas de oposición es básico para solventar el desnivel, siendo las consecuencias fatales en caso de pérdida de contacto con los elementos de sujeción.

Por su parte en Etxeberri, usando como paralelo las huellas dejadas en Nerja, los investigadores hablan de la presencia de manchas rojizas relacionadas con el roce corporal con la roca de la cavidad. Algunas de estas marcas se observan en la *Salle des Peintures*, donde en una cornisa que apenas llega al metro de saliente y que queda colgada sobre 4-5 metros de altura se ven manchas rojas resultantes del sobado que provoca el cuerpo al entrar en contacto con la roca. Este "sobado" adquiere tal intensidad que parece intuirse el paso de varias personas o bien el paso reiterado diacrónicamente por esta zona tan expuesta a la vertical (MEDINA-ALCAIDE, GARATE y SANCHIDRIÁN, 2015).

Fuera de la Península Ibérica los rastros de progresión humana son aún más numerosos si cabe, en parte por la mayor tradición investigadora. Uno de los casos más conocidos es el de Lascaux. Traemos

a colocación este caso en particular ya que aquí al igual que en Ardales, fueron localizados restos de cordaje vinculados claramente con el contexto gráfico. Se trata de tres pellas de arcilla halladas en el *Diver-ticule des Félines* en cuyo interior se detectaron restos de cordaje así como su impronta. El análisis de estas cuerdas y sus improntas revelaron un cordaje constituido por cuatro hebras de origen vegetal (cuyo origen no pudo ser identificado) unidas mediante trenzado hasta conseguir un grosor de aproximadamente 7-8mm, medida suficiente para aguantar la carga que supondría el peso humano. Un aspecto en el que harían hincapié los descubridores es en la orientación de los restos, ya que según describían, los extremos de la cuerda parecían dirigirse por un lado a una gatera y por otro a un pequeño desnivel, lo cual guarda sentido con su función de elemento auxiliar durante la progresión (DELLUC y DELLUC, 1979b).



**Figura 6.** Restos de cordaje encontrados en Lascaux (Fuente: DELLUC y DELLUC 1979b).  
**Figure 6.** Pieces of ropes found in Lascaux (Source: DELLUC y DELLUC 1979b).

También en Lascaux se documentarían más de 100 lámparas de diferente tipología, algunas de ellas incluso con un magnífico acabado en el que se distingue perfectamente la zona de combustión del mango usado para la sujeción de la lámpara (DELLUC y DELLUC, 1979a). Por todo esto Lascaux constituye un ejemplo paradigmático de desarrollo de técnicas paleoespeleológicas para solventar los filtros naturales existentes hasta el acceso a las paredes. Pero Lascaux no es el único espacio más allá de la Península Ibérica con evidencias de presencia humana en medios endokársticos, sino que existen otros tantos lugares ciertamente interesantes en esta línea.

Sin centrarnos en ningún lugar en particular quisiéramos referirnos a un fenómeno vinculado, sin ninguna duda, al tránsito humano por cavidades: las improntas de huellas. Al igual que las manos en negativo, las improntas de huellas constituyen la mayor expresión “viva” de la antropología humana, de manera que independientemente de su intencionalidad o no (intencionalidad que es indiscutible para las manos aerografiadas) su existencia es el reflejo del paso humano. Peach-Merle, Montespan, Tuc d'Audoubert, Niaux... son solo algunas de las cavidades en las que podemos encontrar estos negativos de pisadas. Sea cual fuere el motivo que llevó a los humanos a ingresar en esas zonas, lo que no podemos cuestionar es que su mera existencia implica el tránsito humano por espacios confinados, constituyendo en este sentido el mero desplazamiento (y no solo la superación de obstáculos más o menos complejos) una actividad paleoespeleológica.

## 7.- CONCLUSIÓN

A lo largo de todo este trabajo hemos podido ir viendo como los vestigios que evidencian las actividades paleoespeleológicas en medios endokársticos no constituyen ni mucho menos casos excepcionales o aislados (como se ha pretendido dar a entender en múltiples ocasiones), sino que obedecen a una auténtica planificación de las estrategias de exploración y utilización de los medios subterráneos entendidos en clave socioeconómica. Partiendo de la propia definición del concepto de “Paleoespeleología” valoramos como ya desde los primeros momentos del empleo de este término se consideró que

cualquier aproximación al estudio de las técnicas de movilidad humana en cavidades pasa por la comprensión de la cavidad en una dirección multidisciplinar que abarque investigaciones de tipo topográfico, geomorfológico, microespacial...

Esta es precisamente la metodología de trabajo seguida en la Cueva de Ardales, una cueva con un registro de actividad humana de tal alcance que permite reconstruir actividades paleoespeleológicas coherentes con el medio en el que se insertan, tal y como sugieren las lámparas, la cuerda, las trazas... A pesar de ello, la inclusión de otros ejemplos a nivel andaluz, peninsular y extrapeninsular nos proporciona evidencias suficientes para considerar diversas casuísticas que obedecen a una misma necesidad: la resolución de problemas físicos naturales durante el acceso a las paredes. Es esta una problemática que como se aprecia, llevó al desarrollo de técnicas concretas que abarcarían desde el control de los puntos de luz hasta la superación de resaltes cuyo desnivel vertebraría en cierto sentido la movilidad humana en el interior de cavidades.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ RUBIERA, A.

1993/94 En torno a las pinturas parietales de la Cueva de la Pileta. *Mainake*, XV-XVI: 279-282.

AURA, J., JORDÁ, J. y FORTÉA, F.J.

2006 La Cueva de Nerja (Málaga) y los inicios del solutense en Andalucía. *Zephyrus*, LXIX: 67-88.

BEAUNE, S.

1987 Palaeolithic lamps and their specialization: A hypothesis. *Current Anthropology*, Vol. 28, Nº4: 569-577.

1994 Les techniques d'éclairage paléolithiques: un bilan. *Paleo*, 12: 19-27.

2003 De la domestication du feu aux premières lampes. In: *Nouveautés lychnologiques*. L. Chrzanovski (Ed.): 13-20.

CANTALEJO, P., ESPEJO, M.

2014 *Málaga en el origen del arte prehistórico europeo. Guía del arte rupestre*. Ediciones Pinsapar. Málaga.

CANTALEJO, P., MAURA, R. y BECERRA, M.

2006 *Arte rupestre prehistórico en la Serranía de Ronda*. La Serranía. Ronda.

CANTALEJO, P. *et al.*

2003 La Cueva de Ardales. Primeras agregaciones gráficas paleolíticas en la Sala de las Estrellas. *Mainake*, 25: 231-248.

2005 Evidencias de frecuentación prehistórica registradas en la Cueva de Ardales (Málaga). In: *IV Simposio de Prehistoria. Cueva de Nerja. La Cuenca mediterránea durante el Paleolítico Superior (38000-10000 años)*. J. Sanchidrián *et al.* (Ed.): 352-364.

CORTÉS, M. *et al.*

2016 La caverna iluminada: una singular lámpara gravetiense arroja luz sobre el arte parietal de la cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga). *Trabajos de Prehistoria*, 73, Nº1: 115-127.

DELLUC, B. y DELLUC, G.

1979a. L'éclairage. In: *Lascaux inconnu*. A. Leroi Gourhan *et al.* (Ed.): 121-139. Éditions du centre national de la recherche scientifique. Paris.

1979b. L'accès aux parois. In: *Lascaux inconnu*. A. Leroi Gourhan *et al.* (Ed.): 175-184. Éditions du centre national de la recherche scientifique. Paris.

FERNÁNDEZ, D. S.

2015 Las sociedades cazadoras-recolectoras del paleolítico en los ambientes montañosos de la región geohistórica del Estrecho de Gibraltar. Ocupación humana, tecnología y recursos líticos. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 17: 243-251.

FONTANA, J.

1982 *Historia: Análisis del Pasado y Proyecto Social*. Austral. Barcelona.

HOFFMEISTER, D. *et al.*

2015 The investigation of the Ardales Cave, Spain- 3D Documentation, Topographic Analyses, and Lighting Simulations based on Terrestrial Laser Scanning. *Archaeological Prospection*, DOI 10.1002/arp. 1519: 1-12.

LEROI-GOURHAN, A.

1968 Prehistoria del arte occidental. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

1979 Les signes parietaux comme "marqueurs ethniques". In: *Altamira Symposium*. M. Almagro y M. Fernández (Ed.): 289-294.

LORBLANCHET, M.

1974 *L'art préhistorique en Quercy, la grotte des Escabasses (Thémines-Lot)*. Saint James. Paris.

2006 *Les origines de la Culture: les origines de l'art*. Le Pommier. Paris.

MEDINA-ALCAIDE, M.A. *et al.*

2010 Otro punto de luz. Iluminación estática en los "santuarios" paleolíticos: El ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga, España). In: *Congrés de l'FRAO, September 2010- Symposium: L'art pléistocène en Europe*. H. Collado *et al.* (Ed.): 1-17.

MEDINA-ALCAIDE, M.A., GARATE, D. y SANCHIDRIÁN, J.

2015 Marcando el camino: hacia una explicación multifuncional de las evidencias parietales en cueva. *Arkeos*, 37: 499-503.

MINGO, A.

2008 Reflexiones y problemáticas en torno al estudio de los signos rupestres paleolíticos. *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie I, Nueva época. Prehistoria y Arqueología, t. 1: 113-122.

MORO, O. y GONZÁLEZ, M.

2006 La idea de progreso en el estudio del arte parietal paleolítico: Pasado, presente y... ¿Futuro? *Zephyrus*, 59. 155-162.

PASTOORS, A. y WENIGER, G.

2011 Cave art in context: Methods for the Analysis of the Spatial Organization of caves. *Archaeol Res*, DOI 10.1007: 1-24.

RAMOS, J., CANTALEJO, P. y ESPEJO, M.

1999 El arte de los cazadores-recolectores como forma de expresión de los modos de vida. Historiografía reciente y crítica a las posiciones eclécticas de la posmodernidad. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 2: 151-177.

RAMOS, J. *et al.*

2014 *Cueva de Ardales. Intervenciones arqueológicas 2011-2014*. Ediciones Pinsapar. Málaga.

ROUZAUD, F.

1978 La paléospéologie: l'homme et le milieu souterrain pyrénéen au Paléolithique Supérieur. *Centre d'anthropologie des sociétés rurales*. Toulouse.

1997 La paléospéologie ou: l'approche globale des documents anthropiques et paléontologiques conservés dans le karst profond. *Quaternaire*, 8: 257-265.

SANCHIDRIÁN, J.

2012 El "Gravetiense profundo" de la Cueva de Nerja (Málaga, Andalucía, España). In: *Pensando el Gravetiense: Nuevos datos para la región cantábrica en su contexto*. C. de las Heras *et al.* (Ed.): 501-511. Museo de Altamira.



# Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia

## The human bones from Atxuri I cave (Mañaria) in the context of the burial use of caves in Biscay

**PALABRAS CLAVES:** Atxuri I, resto óseo, cueva sepulcral, datación, cronología.

**KEY WORDS:** Atxuri I, human bone, burial cave, dating, chronology.

**Andrea GARCÍA SAGASTIBELZA<sup>(1)</sup>**

### RESUMEN

En la cueva de Atxuri I (Mañaria, Bizkaia), existen evidencias arqueopaleontológicas del uso de la misma, no solo durante el Holoceno, sino también durante el Paleolítico Superior. El presente trabajo aborda por primera vez el estudio antropológico de los restos óseos humanos recuperados en este yacimiento. En la colección se han contabilizado un mínimo de 357 unidades anatómicas, que representa un mínimo de nueve individuos (seis adultos y tres inmaduros). Entre los adultos se ha podido determinar la presencia de al menos un hombre y dos mujeres.

### ABSTRACT

There are archaeopaleontological evidences of the use of the cave Atxuri I (Mañaria, Biscay), not only during the Holocene, but also during the Upper Palaeolithic. The present study aims for the first time the anthropological study of the human bones recovered in the same cave. In the Atxuri I sample, a minimum of 357 human remains are present, which represent a minimum number of nine individuals (six adults and three immature individuals). It has been possible to identify at least one man and two women among the adults.

## 1.- CONTEXTO Y ANTECEDENTES

La cueva Atxuri I, hoy desaparecida por la construcción de la cantera de Markomin Goikoa, estaba situada cerca de la localidad de Mañaria (Bizkaia), en el monte que recibe el mismo nombre (CASTAÑOS, 1986). La cavidad se encontraba en un desfiladero formado entre los montes Mugarra y Untzillatx (NOLTE, 1957), a unos 225 m.s.n.m. La entrada tenía una orientación Sur y presentaba las siguientes dimensiones: 2 m de altura; 2,50 m de ancho y 17-18 m de profundidad (Figuras 1 y 2) (APELLANIZ, 1973).



**Figura 1.** Localización geográfica de la cueva de Atxuri I, junto a otros yacimientos de Bizkaia. 1. Atxuri I; 2. Arlanpe; 3. Balzola; 4. Bolinkoba; 5. Askondo; 6. Santimamiñe; 7. Santa Catalina; 8. Lumentxa. (Fuente: Google Earth).

**Figure 1.** Geographic location of Atxuri I cave and other caves in Biscay.

1. Atxuri I; 2. Arlanpe; 3. Balzola; 4. Bolinkoba; 5. Askondo; 6. Santimamiñe; 7. Santa Catalina; 8. Lumentxa. (Source: Google Earth).

<sup>(1)</sup> Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Facultad de Ciencia y Tecnología, Apartado 644, 48080 Bilbao. E-mail: andrea-21-04@hotmail.com

Directores: Asier Gómez-Olivencia (Departamento de Estratigrafía y Paleontología, UPV/EHU) y Concepción de la Rúa Vaca (Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, UPV/EHU).



**Figura 2.** Localización geográfica de la cantera de Markomin Goikoa. El círculo indica aproximadamente la ubicación de la cueva de Atxuri I antes de su destrucción. (Fuente: Google Earth).

**Figure 2.** Geographic location of Markomin Goikoa's quarry. The circle points out approximately the position of Atxuri I cave before its destruction. (Source: Google Earth).

El yacimiento fue descubierto por José Miguel de Barandiarán en 1929, momento a partir del cual se realizaron dos intervenciones arqueológicas. La primera excavación fue llevada a cabo por Nolte en 1957, tras realizar una visita de manera independiente en 1956 (NOLTE, 1957; GARATE, 2012). El segundo periodo de excavación fue dirigido por José Miguel de Barandiarán, quien intervino en dos campañas de emergencia en 1960 y 1961 (BARANDIARÁN, 1964; CASTAÑOS, 1986), aunque otros autores afirman que finalizaron en 1962 (APELLANIZ, 1973; GARATE, 2012). Estas excavaciones de urgencia se realizaron debido a la inminente destrucción de la cueva por los trabajos de la cantera de Markomin Goikoa, que culminó en el tercer cuarto del siglo XX (CASTAÑOS, 1986). En el Arkeologi Museoa (Bilbao) están depositados los restos arqueológicos, paleontológicos y antropológicos recuperados en estos dos periodos.

Respecto a la estratigrafía, únicamente hay constancia de las valoraciones realizadas por José Miguel de Barandiarán sobre la primera parte de la segunda excavación de 1961 (BARANDIARÁN, 1964). La destrucción de la cueva ha impedido reconstruir su secuencia estratigráfica, ya que la información disponible era deficiente y la estratigrafía estaba revuelta, posiblemente debido a la acción de buscadores de tesoros (GARATE, 2012).

Existen evidencias arqueo-paleontológicas y dataciones directas que muestran que el yacimiento de Atxuri I fue ocupado durante el Pleistoceno y posteriormente durante el Calcolítico, ya en el Holoceno. En primer lugar, la lítica recuperada indicaría la presencia de ocupaciones paleolíticas. La presencia de materiales como puntas con muescas típicas, puntas de laurel, buriles de Noailles y pequeñas azagayas monobiseladas, entre otros, sugieren que la cavidad estuvo habitada durante el Solutrense (GARATE, 2012). Aun así, a pesar de la falta de información, no se puede descartar la presencia del ser humano durante otros periodos del Paleolítico Superior. Por otra parte, ARIAS (1989) atribuye una parte de la industria lítica al periodo del Calcolítico avanzado, observando características técnicas y tipológicas semejantes a las de los yacimientos cántabros. El inicio de su fabricación fue datado cronológicamente en el tercer milenio B.C. La presencia de cerámica indica también ocupaciones durante el Holoceno.

En cuanto al arte, no puede determinarse con certeza la presencia de arte parietal en el yacimiento por falta de fotografías, aunque hay constancia de que en un lienzo calizo se encontraron unos pequeños trazos de color ocre rojo. No se ha podido demostrar si los trazos hacían referencia a un animal o si se trataba de un signo específico, ni la época en la que fueron realizados (FERNÁNDEZ, 1971). Por otra parte, se encuentra una pieza de arte mueble de la zona revuelta (un fragmento de asta con decoración en relieve). Esta pieza se ha datado directamente mediante Carbono 14, dando una cronología de  $9.625 \pm 80$  B.P., por lo que pertenecería a la cultura Aziliense (E.A.E.K.M., 1995).

En cuanto a la fauna, se han recuperado taxones domésticos que hacen referencia a ocupaciones neolíticas o posteriores (bien avanzado el Holoceno) y otros taxones que desaparecieron al final del Pleistoceno o comienzos del Holoceno. Dentro del primer grupo podemos citar la oveja y la cabra doméstica. En el segundo grupo se encontrarían el leopardo (*Panthera pardus*) y el reno (*Rangifer tarandus*) y en (CASTAÑOS, 1986). Un resto de *Rangifer tarandus* fue datado directamente en  $13.030 \pm 60$  B.P. (GÓMEZ-OLIVENCIA *et al.*, 2014a), lo que indicaría la presencia de depósitos de restos óseos durante el Paleolítico Superior. El leopardo se extinguió a finales del Pleistoceno, aunque es posible que en la Península Ibérica la especie sobreviviera hasta el tardiglacial o el Holoceno inicial (SANCHIS *et al.*, 2015).

A pesar de que se hayan atribuido cronologías en torno al Eneolítico / Edad del Bronce (FERNÁNDEZ, 2005) o al Neolítico / Calcolítico (PRIETO, 2002), no hay ninguna datación directa de huesos humanos (LUIS VALDÉS, comunicación personal). Algunos autores (PRIETO, 2002; FERNÁNDEZ, 2005) han utilizado restos óseos humanos para realizar estudios metodológicos y de análisis de polimorfismos de DNA mitocondrial. Los resultados obtenidos en estos estudios no aportan información sobre sus haplogrupos.

## 2.- OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo consiste en realizar el estudio antropológico de los restos humanos del yacimiento de Atxuri I (Mañaría), para poder avanzar en el conocimiento del uso funerario de las cuevas en Bizkaia durante la Prehistoria.

Para ello, los objetivos específicos propuestos son los siguientes:

1. Realizar la determinación anatómica y el inventario de los restos óseos, que están localizados en el Arkeologi Museoa, con el fin de poder describirlos y organizarlos adecuadamente.
2. Determinar el número mínimo de elementos (NME), la representatividad anatómica y el número mínimo de individuos (NMI); para conocer el tamaño de la población representada en el yacimiento.
3. Estimar la edad de muerte, el sexo, la estatura y la masa corporal de los individuos y describir de manera preliminar las patologías, para intentar conocer las características de los miembros de la población.
4. Contextualizar la información obtenida dentro del conocimiento existente del uso de cavidades y otras estructuras funerarias en Bizkaia y en zonas geográficas aledañas.

## 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

El material estudiado del yacimiento de Atxuri I está depositado en el Arkeologi Museoa (Bilbao). En primer lugar se realizará un inventario detallado de todos los restos óseos presentes en la colección del Arkeologi Museoa (n= 357), indicando la región anatómica, el lado, y la edad de muerte (WHITE y FOLKENS, 2005).

### Número mínimo de elementos (NME)

Debido a que el material objeto de este estudio está muy fragmentado, la determinación del número mínimo de elementos anatómicos (o huesos) indica el número de elementos de cada región anatómica que está representada en la colección. Para ello, se tuvo en cuenta la repetición de una misma región anatómica y las incompatibilidades por edad de muerte. Los restos más fragmentarios y/o menos diagnósticos no fueron contabilizados.

### Representatividad anatómica

En base a los resultados obtenidos en el NME, se intentó determinar la posible existencia de sesgos en la representación de alguna región anatómica. Para ello, se calculó (y representó gráficamente) la proporción de cada región anatómica representada y la que cabría esperar si se tratasen de esqueletos completos (ARSUAGA *et al.*, 2015).

### Número mínimo de individuos (NMI)

El número mínimo de individuos representado en la colección de Atxuri I se determinó por medio de la contabilización de restos óseos con la misma región anatómica y lado. También se tuvieron en consideración las incompatibilidades debido a la edad de muerte.

## Edad de muerte

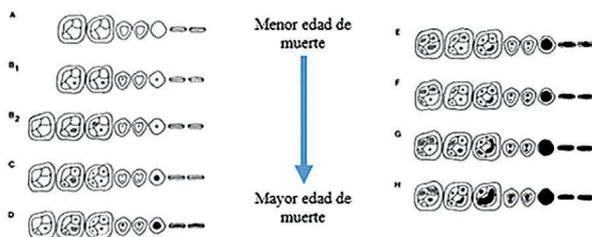
Para poder realizar la estimación de la edad de muerte, se utilizaron métodos distintos en función del estado de desarrollo observado en los restos esqueléticos.

En primer lugar, en los individuos inmaduros, se estudiaron los siguientes parámetros:

1. La longitud máxima de la diáfisis de los huesos largos (SCHEUER y BLACK, 2000).
2. El grado de fusión de las epífisis (WHITE y FOLKENS, 2005).
3. El grado de calcificación y de erupción de la dentición (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994).

Por otra parte, en los individuos adultos se ha estudiado:

1. El desgaste dental en maxilares y mandíbulas (Figura 3) (LOVEJOY, 1985).



**Figura 3.** Estados funcionales del desgaste observados en maxilares (LOVEJOY, 1985).  
**Figure 3.** Functional attritional states of the maxillary dentition (LOVEJOY, 1985).

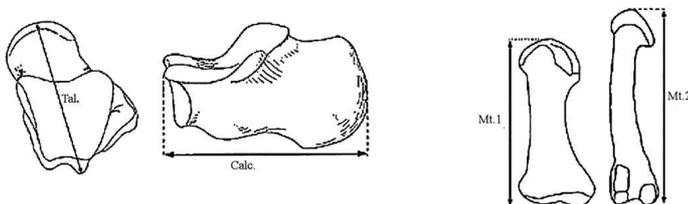
## Sexo

Debido a la ausencia de las pelvis y los cráneos, se utilizaron funciones discriminantes para estimar el sexo en el húmero (BASS, 1987). La elección de este hueso se debe a que es dimórfico, y a su vez, era la única parte anatómica que presentaba un número suficiente de restos en la etapa adulta y que estaba lo suficientemente completa como para poder realizar la estimación.

## Estatura

La estimación de la estatura se ha realizado por medio de la medida de la longitud máxima de los huesos (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994). En este caso se han estudiado en los fémures, pero debido a su bajo número, se han utilizado también otras partes anatómicas como alternativa (astrágalos, calcáneos y metatarsos).

En el caso de los huesos largos, se usaron las fórmulas de TROTTER y GLESER (1952), GENOVES (1967) y SCIULLI y GIESEN (1993); recogidas en AUERBACH y RUFF (2004). En los restos pertenecientes a las extremidades inferiores, la referencia utilizada es PABLOS *et al.* (2013) (Figura 4).



**Figura 4.** Medida de la longitud máxima en metatarsos, astrágalos y calcáneos (Modificado de PABLOS *et al.*, 2013).  
**Figure 4.** Maximum length measurement in metatarsals, talus and calcaneus (Modified from PABLOS *et al.*, 2013).

## Masa corporal

Para la estimación de la masa corporal se ha utilizado el diámetro máximo de la cabeza de los fémures, únicamente en individuos adultos (AUERBACH y RUFF 2004).

## Identificación de patologías

Se ha realizado un estudio preliminar de *visu* de los restos óseos, en el que se ha observado la posible presencia de anomalías y/o patologías. Éstas se han intentado identificar a partir de bibliografía especializada (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994; WHITE y FOLKENS, 2005).

El estudio de las patologías es complejo, puesto que muchas de ellas no suelen dejar ningún tipo de signo en el esqueleto humano y algunas pueden llegar a causar reacciones similares (WHITE y FOLKENS, 2005). Por tanto, en ocasiones puede llegar a dificultar el realizar el diagnóstico adecuado de la dolencia presente en un resto óseo determinado.

## 4.- RESULTADOS

### 4.1. Número Mínimo de Elementos (NME)

En Atxuri I se han contabilizado al menos 357 elementos o unidades anatómicas representadas (Tabla I). En este cómputo faltarían por introducir aquellos elementos que fueron destruidos en su totalidad para realizar los estudios de DNA mitocondrial previamente mencionados (PRIETO, 2002; FERNÁNDEZ, 2005). En la colección hay un fémur humano inmaduro, del cual no se especifica ninguna información, por lo que se ha decidido no introducirlo en este estudio.

En la siguiente tabla no se han tenido en cuenta los cráneos, ya que al estar tan fragmentados, dificultaba el poder obtener el NME.

	AD			SubAD	Indeterminado	Total
	M	F	?			
<b>Maxilares + Mandíbulas</b>			<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>
<b>Maxilar indeterminado</b>					<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Total Maxilares</b>			<b>6</b>			<b>6</b>
Maxilar 1 (ATXI.29B.100/ATXI.29B.110)			3			3
Maxilar 2 (ATXI.29B.50/ATXI.31C.30)			2			2
Maxilar 3 (ATXI.31C.50A)			1			1
<b>Total Mandíbulas</b>			<b>4</b>	<b>1</b>		<b>5</b>
Mandíbula 1 (ATXI)			1			1
Mandíbula 2 (ATXI.17B.I.5)			1			1
Mandíbula 3 (ATXI.21B.II.20)			1			1
Mandíbula 4 (ATXI.27B.40)			1			1
Mandíbula 5 (ATXI.29B.110)				1		1
<b>Dentición indeterminada</b>					<b>14</b>	<b>14</b>
<b>Total Dentición</b>			<b>73</b>	<b>3</b>	<b>49</b>	<b>125</b>
Incisivos superiores			18		6	24
Incisivos inferiores			10		1	11
Caninos superiores			6			6
Caninos inferiores			5	1	2	8
Premolares superiores			11		5	16
Premolares inferiores			3		9	12
Molares superiores			12	1	7	20
Molares inferiores			8	1	5	14
<b>Vértebras totales</b>			<b>19</b>	<b>6</b>		<b>25</b>
Vértebras cervicales			4			4
Vértebras torácicas			9	3		12
Vértebras lumbares			6	3		9
<b>Esternón</b>			<b>1</b>			<b>1</b>
<b>Costillas totales</b>			<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Clavículas</b>			<b>3</b>			<b>3</b>
<b>Escápulas</b>			<b>1</b>			<b>1</b>
<b>Húmeros</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>			<b>4</b>
<b>Radios</b>			<b>2</b>			<b>2</b>
<b>Ulnas</b>			<b>5</b>	<b>1</b>		<b>6</b>
<b>Metacarpo indeterminado</b>					<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Metacarpos</b>			<b>24</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>28</b>

→ (Sigue)

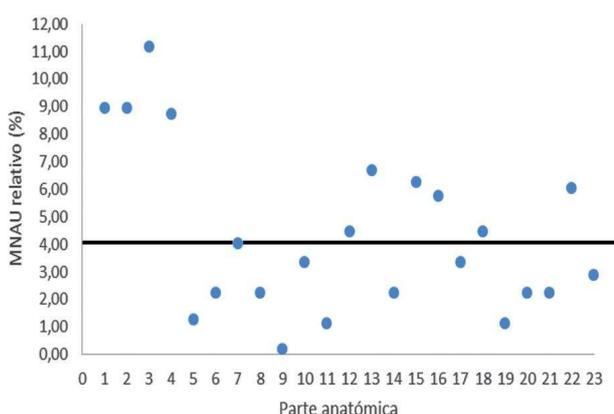
1º Metacarpo		8	1		9
2º Metacarpo		6	1		7
3º Metacarpo		5			5
4º Metacarpo		3			3
5º Metacarpo		2	1		3
<b>Falanges de mano indeterminadas</b>				<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Falanges de mano totales</b>		<b>58</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
1º Falange (Proximal)		25	4		29
2º Falange (Medio)		24	4		28
3º Falange (Distal)		9	4		13
<b>Fémur</b>		<b>3</b>			<b>3</b>
<b>Tibia</b>		<b>4</b>			<b>4</b>
<b>Fíbula</b>		<b>1</b>			<b>1</b>
<b>Huesos tarsales</b>		<b>4</b>			<b>4</b>
Astrágalo		2			2
Calcáneo		2			2
<b>Metatarsos indeterminados</b>				<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Metatarsos</b>		<b>20</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>27</b>
1º Metatarso		8	1		9
2º Metatarso		1	1		2
3º Metatarso		2	1		3
4º Metatarso		5	2		7
5º Metatarso		4			4
<b>Falange del pie indeterminadas</b>				<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Falanges del pie totales</b>		<b>27</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>37</b>
1º Falange (Proximal)		20	8		28
2º Falange (Medio)		5	1		6
3º Falange (Distal)		2			2
		<b>NME TOTAL</b>			<b>357</b>

**Tabla 1.** Número mínimo de elementos (o unidades anatómicas) (NME) en la cueva de Atxuri I.  
**Table 1.** Minimum number of elements (or anatomical units) (NME) in Atxuri I cave.

## 4.2. Representatividad anatómica

La Tabla II presenta el número de elementos representados en Atxuri I para cada región anatómica. En la primera gráfica (Figura 5), las partes anatómicas situadas por debajo de la línea están infrarrepresentadas, mientras que aquellas que se encuentran por encima, están sobrerrepresentadas. La línea representada tiene un valor de 4,35%, que es el valor resultado de dividir 100 % entre las 23 regiones anatómicas en las que se ha dividido el esqueleto en este estudio.

En la Figura 6 se representa el porcentaje acumulado de estos resultados frente a la distribución que cabría esperar si esqueletos completos estuviesen representados. La representación de los elementos es muy dispar, y hay elementos poco representados (vértebras cervicales, costillas, escápulas y peronés). Por otra parte, las partes anatómicas que están presentes en mayor proporción son los neurocráneos,



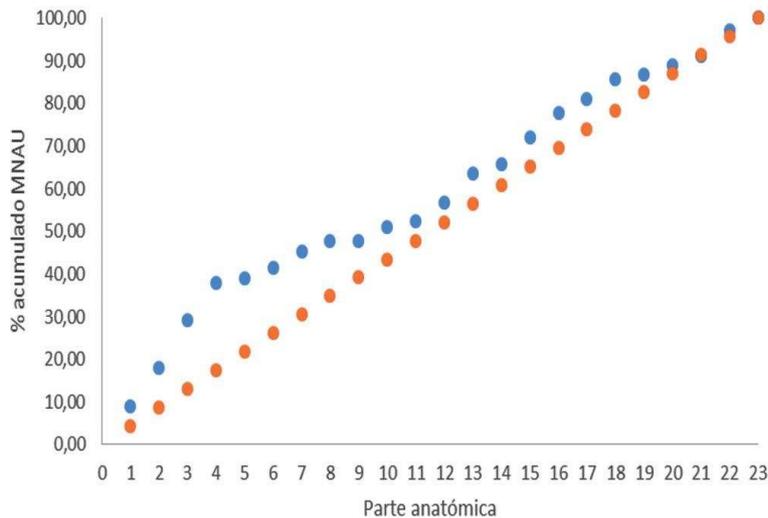
maxilares, mandíbulas y restos dentales, que en conjunto representan cerca del 40% de los restos óseos totales, cuando cabría esperar solamente una representación cercana al 18%.

**Figura 5.** Número mínimo de unidades anatómicas estimado para cada parte anatómica. 1: Neurocráneo; 2: Maxilares; 3: Mandíbulas; 4: Dentición; 5: Vértebras cervicales; 6: Vértebras torácicas; 7: Vértebras lumbares; 8: Esternón; 9: Costillas; 10: Clavículas; 11: Escápulas; 12: Húmeros; 13: Ulnas; 14: Radios; 15: Metacarpos; 16: Falanges de la mano; 17: Fémures; 18: Tibias; 19: Peronés; 20: Astrágalos; 21: Calcáneos; 22: Metatarsos; 23: Falanges del pie.

**Figure 5.** Minimal number of anatomical units estimated for every anatomical region. 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition; 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

Unidad Anatómica (AU)	Nº AU	Un esqueleto	MNAU	MNAU Relativo	% acumulado MNAU
Neurocráneo	4	1	4,00	8,94	8,94
Maxilares	4	1	4,00	8,94	17,89
Mandíbulas	5	1	5,00	11,18	29,07
Dentición	125	32	3,91	8,74	37,81
Vértebras cervicales	4	7	0,57	1,28	39,08
Vértebras torácicas	12	12	1,00	2,24	41,32
Vértebras lumbares	9	5	1,80	4,03	45,35
Esternón	1	1	1,00	2,24	47,58
Costillas	2	24	0,08	0,19	47,77
Clavículas	3	2	1,50	3,35	51,12
Escápulas	1	2	0,50	1,12	52,24
Húmeros	4	2	2,00	4,47	56,71
Ulnas	6	2	3,00	6,71	63,42
Radios	2	2	1,00	2,24	65,66
Metacarpos	28	10	2,80	6,26	71,92
Falanges de la mano	72	28	2,57	5,75	77,67
Fémures	3	2	1,50	3,35	81,02
Tibias	4	2	2,00	4,47	85,50
Peronés	1	2	0,50	1,12	86,61
Astrágalos	2	2	1,00	2,24	88,85
Calcáneos	2	2	1,00	2,24	91,09
Metatarsos	27	10	2,70	6,04	97,12
Falanges del pie	37	28	1,29	2,88	100,00
TOTAL	358	180	44,72	100,00	

**Tabla 2.** Representatividad anatómica de los restos óseos en la cueva de Atxuri I. MNAU: número mínimo de unidades anatómicas, es decir, número de partes anatómicas de la muestra dividido entre el número de esos elementos que está presente en un esqueleto completo (Nº AU/ Un esqueleto) (ARSUAGA *et al.*, 2015). **Table 2.** Anatomical representation of bone remains in Atxuri I cave. MNAU: minimum number of anatomical units, that is, the number of anatomical parts of the sample divided the number of this element in a complete skeleton (Nº AU/ One skeleton) (ARSUAGA *et al.*, 2015).



**Figura 6.** Porcentaje acumulado del número mínimo de unidades anatómicas (MNAU) obtenido en la muestra (color azul) frente al porcentaje acumulado esperado, en caso de que todos los huesos estén representados (color naranja). 1: Neurocráneo; 2: Maxilares; 3: Mandíbulas; 4: Dentición; 5: Vértebras cervicales; 6: Vértebras torácicas; 7: Vértebras lumbares; 8: Esternón; 9: Costillas; 10: Clavículas; 11: Escápulas; 12: Húmeros; 13: Ulnas; 14: Radios; 15: Metacarpos; 16: Falanges de la mano; 17: Fémures; 18: Tibias; 19: Peronés; 20: Astrágalos; 21: Calcáneos; 22: Metatarsos; 23: Falanges del pie. **Figure 6.** Accumulate percentage of the minimal number of anatomical units (MNAU) obtained in the sample (blue colour) opposite the accumulate percentage expected, in case all bones were represented (orange colour). 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition; 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

### 4.3. Número Mínimo de Individuos (NMI)

El NMI es de nueve individuos, correspondiendo seis de ellos a individuos adultos y los tres restantes a individuos inmaduros (Tabla III). Siete individuos se han identificado en base a la presencia de siete metatarsos del lado derecho, los cuales pertenecen a seis individuos adultos y a uno inmaduro (Figura 7). En base a seis vértebras (tres vértebras torácicas y tres lumbares), tres metatarsos, un metacarpo, una ulna, una mandíbula y tres dientes se ha podido determinar la presencia de dos individuos inmaduros adicionales.

Estado de desarrollo	Número de individuos	Edad de muerte	Sexo	Huesos(s)	
				Claro	Posibles restos adicionales
INMADUROS	1	3-4 años	-	ulna, metatarso indeterminado, 2º molar decidua superior, vértebra torácica, vértebra lumbar	
	2	6-8 años	-	mandíbula, canino, 1º molar decidua inferior, metatarso indeterminado	1º metacarpo
	3	13-16 años	-	1º metatarso, 3º metatarso, 2 vértebras torácicas, 2 vértebras lumbares	1º metatarso
ADULTOS	4	18-22 años/ 20-24 años	2 individuos femeninos (1 húmero y 2 fémures) y 1 individuo masculino (1 húmero)	maxilar, 1º metatarso	2 fémures, 4 húmeros (2 con el sexo determinado y 2 indeterminados), 2 astrágalos, 2 calcáneos, 4 fragmentos de mandíbula y 1 fragmento de maxilar
	5	20-24 años/ 24-30 años		maxilar, 1º metatarso	
	6	> 40-50 años		maxilar, 1º metatarso	
	7	-		1º metatarso	
	8	-		1º metatarso	
9	-	1º metatarso			

**Tabla 3.** Número mínimo de individuos (NMI) representados en la cueva de Atxuri I.

**Table 3.** Minimum number of individuals (NMI) represented in Atxuri I cave.



**Figura 7.** Vista mesial de los metatarsos y de la ulna, vista oclusal de la mandíbula, vista lingual del canino decidua y vista bucal del segundo molar superior decidua utilizados para estimar el NMI. Los individuos 1-3 corresponden a individuos inmaduros, mientras que los individuos 4-9 a individuos adultos.

**Figure 7.** Mesial view of metatarsals and an ulna, occlusal view of the mandible, lingual view of a deciduous canine and buccal view of a second upper deciduous molar used to estimate the NMI. The 1-3 individuals belong to immature individuals, while the 4-9 individuals belong to adult individuals.

#### 4.4. Edad de muerte

Los resultados obtenidos en la dentición se encuentran en la Tabla IV. Dentro de los individuos inmaduros, se han identificado tres individuos con edades de muerte diferentes.

El primero, con una estimación de edad de muerte de entre 3 y 4 años, estaría representado por una ulna y un segundo molar decidual superior. La estimación de la edad se ha obtenido a partir de la longitud máxima de la ulna (SCHEUER y BLACK, 2000). Por otro lado, el molar decidual podría estar asociado al mismo individuo, posiblemente debido a que el desgaste de la corona es menor que el observado en el resto de dientes deciduales.

El segundo individuo, con una edad de muerte estimada de entre 6 y 8 años, estaría representado por una mandíbula, un canino decidual y un primer molar decidual inferior. La mandíbula tiene el primer molar definitivo erupcionado y en oclusión, y el segundo molar todavía en la cripta y un canino decidual y un primer molar decidual inferior posiblemente asociados. Se ha observado que el canino y el molar deciduales podrían estar asociados a este individuo, ya que en comparación con el molar decidual superior previamente mencionado, presentan un mayor desgaste, que sería compatible con una edad de muerte mayor.

Por último, el tercer individuo, al cual se le ha estimado una edad de muerte de entre 13 y 16 años, estaría representado por un primer metatarso y un tercer metatarso. En el primer metatarso no ha podido detallarse cuál sería la edad de muerte, pero se ha determinado que se trata de un individuo inmaduro, cuya epífisis proximal está sin fusionar. Esto indica que si perteneció a una mujer, el individuo no tenía más de trece años cuando murió; mientras que si perteneció a un hombre, el límite de la edad de muerte estaría en dieciséis años (SCHEUER y BLACK, 2000). Se ha encontrado otro primer metatarso de características similares, pero del lado opuesto, por lo que ambos elementos pueden ser antímeros pertenecientes al mismo individuo. En el caso del tercer metatarso, éste tiene un tamaño similar a los adultos de la colección pero falta por fusionarse la epífisis distal, por lo que sería compatible con el primer metatarso estudiado.

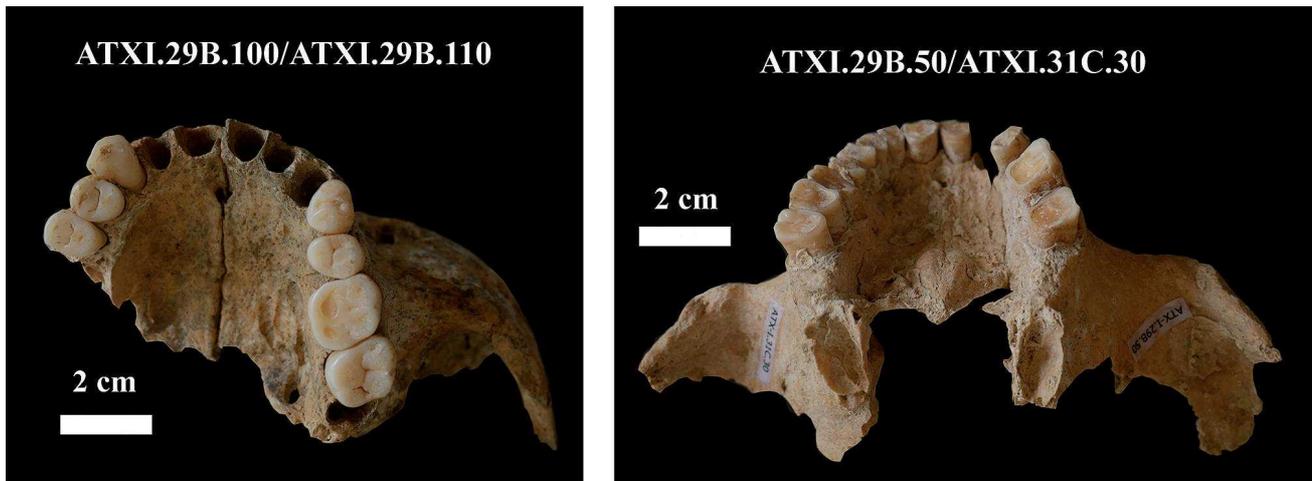
Por otra parte, en los individuos adultos se han estudiado el desgaste dental de los maxilares y las mandíbulas. Se han podido estudiar solamente los maxilares y las mandíbulas que presentaban un mínimo de dos dientes, para que la estimación fuese más fiable (Figura 8). En este caso, se ha podido estimar que dos mandíbulas pertenecieron a individuos con una edad de muerte de más de 35 años, mientras que otra de las mandíbulas entre los 21 y 35 años. Se ha estimado que dos de los maxilares tendrían una edad de muerte estimada entre 18 y 24 años y 20 y 30 años respectivamente; mientras que el desgaste de un tercer maxilar indica que el individuo al que perteneció murió con más de 45 años. Por tanto, a partir de las mandíbulas y los maxilares, se puede estimar que entre los adultos, al menos dos eran adultos jóvenes y otros dos eran adultos de mayor edad.

Sigla	Parte anatómica	Estado de desarrollo	Lado	Estadio funcional de desgaste	Rango de edad (LOVEJOY, 1985)	Rango de edad (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994)
ATXI (1957)	mandíbula	adulto	izquierdo	-	-	>35 años
ATXI.17B.1.5	mandíbula	adulto	derecho	-	-	>35 años
ATXI.21B.II.20	mandíbula	adulto	izquierdo	*2	*2	*2
ATXI.27B.40	mandíbula	juvenil	izquierdo	-	-	21-35 años
ATXI.29B.50/ATXI.31C.30	maxilares	adulto	izquierdo/derecho	mayor de fase H	> 40-50 años	> 35 años
ATXI.29B.100 /ATXI.29B.100/ATXI.29B.110	maxilares	juvenil-adulto	derecho/izquierdo/ derecho	fase D-E	20-24 años/ 24-30 años	21-35 años
ATXI.29B.110	mandíbula	inmaduro*1	izquierdo	-	-	6-8 años
ATXI.31C.50.A	maxilar	adulto	derecho	-	-	-
ATXI.31C.50.B	maxilar	juvenil-adulto	indeterminado	fase C-D	18-22 años/ 20-24 años	>21 años

**Tabla 4.** Edad de muerte estimada en los maxilares y las mandíbulas de Atxuri I, en base al desgaste dental (LOVEJOY, 1985; BUIKSTRA y UBELAKER, 1994).  
**Table 4.** Estimated age-at-death from the maxillae and mandibles from Atxuri I cave, based on dental wear (LOVEJOY, 1985; BUIKSTRA and UBELAKER, 1994).

\*1 presencia de M1 y comienzo de calcificación de M2 (no se pueden ver las raíces) / presence of M1 and beginning of the calcification of M2 (roots can not be seen).

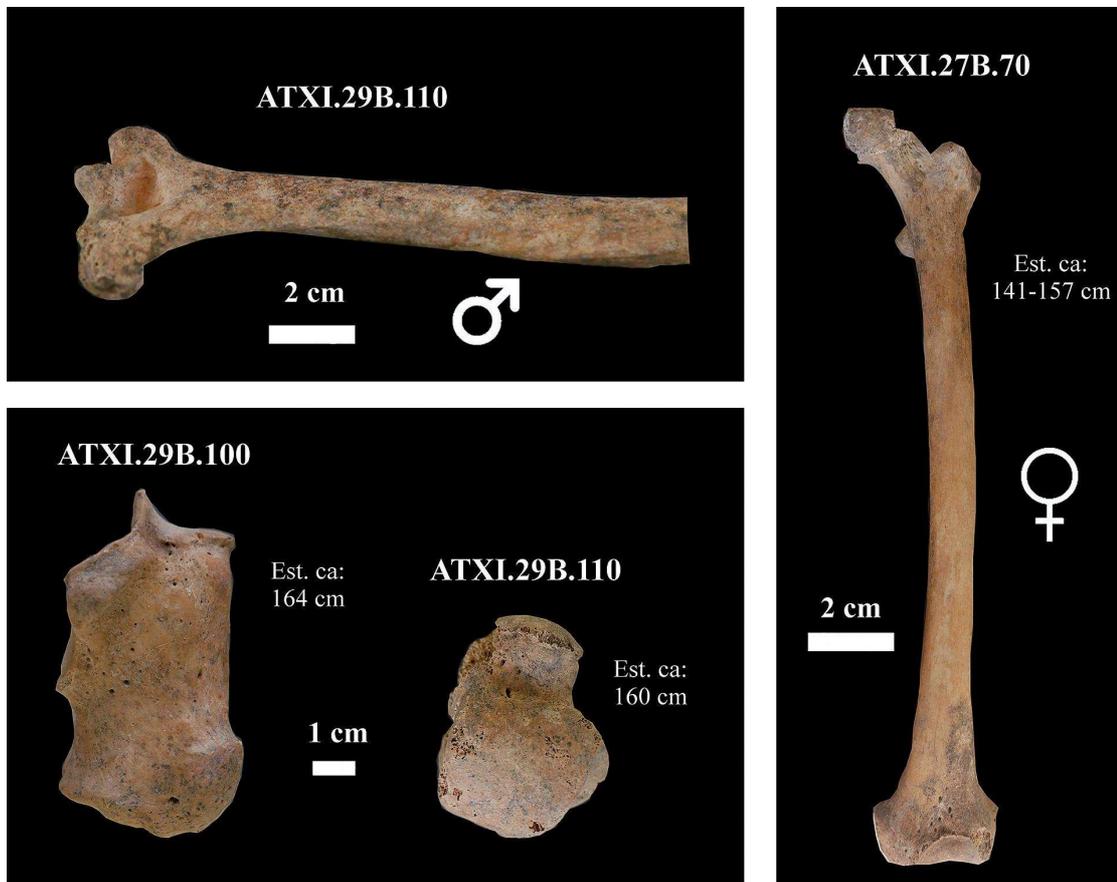
\*2 No se puede estimar la fase de erosión ni el rango de edad, debido a la presencia de una patología / neither the erosion phase nor the age rank can not be estimated, due to the presence of a pathological lesion.



**Figura 8.** Vista oclusal de dos maxilares en los que se ha estimado la edad de muerte.  
**Figure 8.** Occlusal view of the two maxillae, in which the age-at-death has been estimated.

#### 4.5. Sexo

Los resultados de la estimación del sexo se muestran en la Tabla V. De los cuatro húmeros estudiados, solamente se ha podido determinar el sexo en dos de ellos, entre los cuales uno de ellos pertenecía a una mujer y otro de ellos a un hombre (Figura 9). Por otro lado, también se intuye la presencia de al menos otro individuo femenino, en base a una comparación realizada entre dos cabezas de fémur de este yacimiento.



**Figura 9.** Vistas de un húmero, un fémur, un calcáneo y un astrágalo utilizados para la estimación del sexo, estatura y/o masa corporal.

**Figure 9.** Views of a humerus, a femur, a calcaneus and a talus used to estimate the sex, stature and/or the mass body.

Región anatómica	Sigla	Lado	Sexo	Anchura biepondilar (mm) (a)	Anchura articular (mm) (b)	Fórmula de la anchura biepondilar (a)	(a)	Fórmula de la anchura articular (b)	(b)
HÚMERO	ATXI.15B.I.10	izquierdo	Mujer	57	38	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,66369	$6,051-(1,039*((b)/10))$	2,1028
	ATXI.23B.10-30	derecho	Hombre?	62,5	42,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,334625	$6,051-(1,039*((b)/10))$	1,63525
	ATXI.27B.80	derecho	Mujer?	60	40,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,4842	$6,051-(1,039*((b)/10))$	1,84305
	ATXI.29B.110	derecho	Hombre	68,5	49,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	0,975645	$6,051-(1,039*((b)/10))$	0,90795

**Tabla 5.** Estimación del sexo en los húmeros de la cueva de Atxuri I, las medidas calculadas y las funciones discriminantes (BASS, 1987).

**Table 5.** Sex estimation in humeri of Atxuri I cave, the measurements calculated and differentiate functions (BASS, 1987).

#### 4.6. Estatura

Los resultados de las estaturas calculadas se muestran en la Tabla VI. Los huesos que se han utilizado para este apartado son el fémur, el astrágalo, el calcáneo y los metatarsos (Figura 9). La estatura se ha estimado para un número mínimo de seis individuos, previamente determinados por los primeros metatarsos.

Región anatómica	Sigla	Lado (mm)	Longitud máxima (mm)	Fórmula	Estimación estatura (mm)	Error típico de estimación (mm)	Media de la estimación de la estatura (mm)	Bibliografía
1º METATARSO	ATXI.19C.V.50*/ ATXI.21B.II.20.4*	derecho	61,35	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1631,3	± 28,32	1661,72	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1703,05	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1650,83	± 48,50		
1º METATARSO	ATXI.21C.I.10	derecho	66,1	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1681,15	± 28,32	1716,84	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1749,23	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1720,13	± 48,50		
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1762,36	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Pooled)	1739,83	± 48,50		
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1684,57	± 38,73		
1º METATARSO	ATXI.29B.100	derecho	59	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1606,64	± 28,32	1634,46	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1680,2	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1616,54	± 48,50		
1º METATARSO	ATXI.29B.110	derecho	58,25	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1598,77	± 28,32	1625,76	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1672,9	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1605,6	± 48,50		
2º METATARSO	ATXI.25B.35	derecho	63,95	St=1107.98+6.99(Mt2) (F)	1554,99	± 39.01	1569,58	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1083.442+8.518(Mt2) (M)	1628,17	± 42.69		
				St=703.452+12.856(Mt2) (Combinado)	1525,59	± 54.85		
ASTRÁGALO	ATXI.29B.110	derecho	46,6	St=1101.788+9.866(Tal) (F)	1561,54	± 47	1598,44	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1440.089+5.055(Tal) (M)	1675,65	± 50.50		
				St=988.570+12.222(Tal) (Combinado)	1558,12	±53.15		
ASTRÁGALO	ATXI.29C.70	izquierdo	59,9	St=1101.788+9.866(Tal) (F)	1692,76	± 47	1718,77	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1440.089+5.055(Tal) (M)	1742,88	± 50.50		
				St=988.570+12.222(Tal) (Combinado)	1720,67	±53.15		
CALCÁNEO	ATXI.29B.100	izquierdo	72,75	St=909.588+9.518(Calc) (F)	1602,02	± 44.22	1635,49	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1169.771+7.102(Calc) (M)	1686,44	± 41.55		
				St=790.4062+11.3761(Calc) (Combinado)	1618,02	± 50.47		
CALCÁNEO	ATXI.29B.110	izquierdo	86,7	St=909.588+9.518(Calc) (F)	1734,8	± 44.22	1765,68	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1169.771+7.102(Calc) (M)	1785,51	± 41.55		
				St=790.4062+11.3761(Calc) (Combinado)	1776,71	± 50.47		
FÉMUR	ATXI.27B.70	izquierdo	41,15	S= (2.59*(Femm)) + 49,742 - 2,5 (F)	1538,2	-	1553,5	(GENOVES, 1967) en (AUERBACH y RUFF, 2004)
				S= (2.26*(Femm)) + 66,379 - 2,5 (M)	1568,8	-		
				S= (2.336*(Femm)) + 44,253 (F)	1403,8	-	1418,6	(SCIULLI y GIESEN, 1993) en (AUERBACH y RUFF, 2004)
				S= (2.443*(Femm)) + 42,805 (M)	1433,3	-		
				S= (2.47*(Femm)) + 54,10 (F) ("Blancos")	1557,4	-		
S= (2.38*(Femm)) + 61,41 (M) ("Blancos")	1593,5	-	1575,4	(TROTTER y GLESENER, 1952) en (AUERBACH y RUFF, 2004)				

**Tabla 6.** Estimación de la estatura y las fórmulas empleadas en la cueva de Atxuri I (AUERBACH y RUFF, 2004; PABLOS *et al.*, 2013).

**Table 6.** Stature estimation and the formulae used in Atxuri I cave (AUERBACH y RUFF, 2004; PABLOS *et al.*, 2013).

F = femenino / F = female  
M = masculino / M = male

Destacan los resultados obtenidos a partir del único fémur estudiado, ya que en función de la fórmula utilizada, dicho dato puede variar de manera considerable. Aun así, puede observarse que ese elemento perteneció a un individuo de baja estatura.

Los resultados obtenidos indican la presencia de individuos de diferentes alturas. Se aprecia que la estimación media de la estatura oscila entre 141 y 176 cm. A pesar de que en los huesos estudiados no se haya estimado el sexo de los individuos, el rango amplio de estaturas sugiere que ambos sexos estén representados. Esta afirmación sería consistente con el apartado anterior, donde se han determinado, al menos, un individuo de cada sexo.

#### 4.7. Masa corporal

Los resultados de la estimación de la masa corporal se muestran en la Tabla VII. Se han estudiado únicamente dos fémures, ya que eran los únicos adultos que presentaban la cabeza femoral completa (Figura 9). La estimación de la masa corporal para ambos individuos oscila entre 40-45 kg, un valor bajo en relación a las estaturas estimadas, por lo que es probable que los fémures perteneciesen a individuos femeninos.

Región anatómica	Sigla	Lado	Sexo	Diámetro máximo de la cabeza del fémur (mm)	Fórmula	Estimación de la masa (kg)	Media de la estimación de la estatura (kg)	Bibliografía
FÉMUR	ATXI.27B.70	izquierdo	mujer	36,1	$BM = ((2,426*(FH)) - (35,1))*0,90 (F)$	47,23	44,91	(RUFF <i>et al.</i> , 1991) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = ((2,741*(FH)) - (54,9))*0,90 (M)$	39,65		
					$BM = ((2,160*(FH)) - (24,8))*0,90 (Combinado)$	47,86		
					$BM = (2,239*(FH)) - 39,9$	40,93	-	(MCHENRY, 1992) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = (2,268*(FH)) - 36,5$	45,37	-	(GRINE <i>et al.</i> , 1995) en AUERBACH y RUFF, 2004)
FÉMUR	ATXI.29B.110	izquierdo	mujer	34,25	$BM = ((2,426*(FH)) - (35,1))*0,90 (F)$	43,19	40,84	(RUFF <i>et al.</i> , 1991) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = ((2,741*(FH)) - (54,9))*0,90 (M)$	35,08		
					$BM = ((2,160*(FH)) - (24,8))*0,90 (Combinado)$	44,26		
					$BM = (2,239*(FH)) - 39,9$	36,79	-	(MCHENRY, 1992) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = (2,268*(FH)) - 36,5$	41,18	-	(GRINE <i>et al.</i> , 1995) en AUERBACH y RUFF, 2004)

**Tabla 7.** Estimación de la masa corporal y las fórmulas utilizadas en la cueva de Atxuri I (AUERBACH y RUFF, 2004).

**Table 7.** Body mass estimation and the formulae used in Atxuri I cave (AUERBACH and RUFF, 2004).

F = femenino / F = female  
M = masculino / M = male

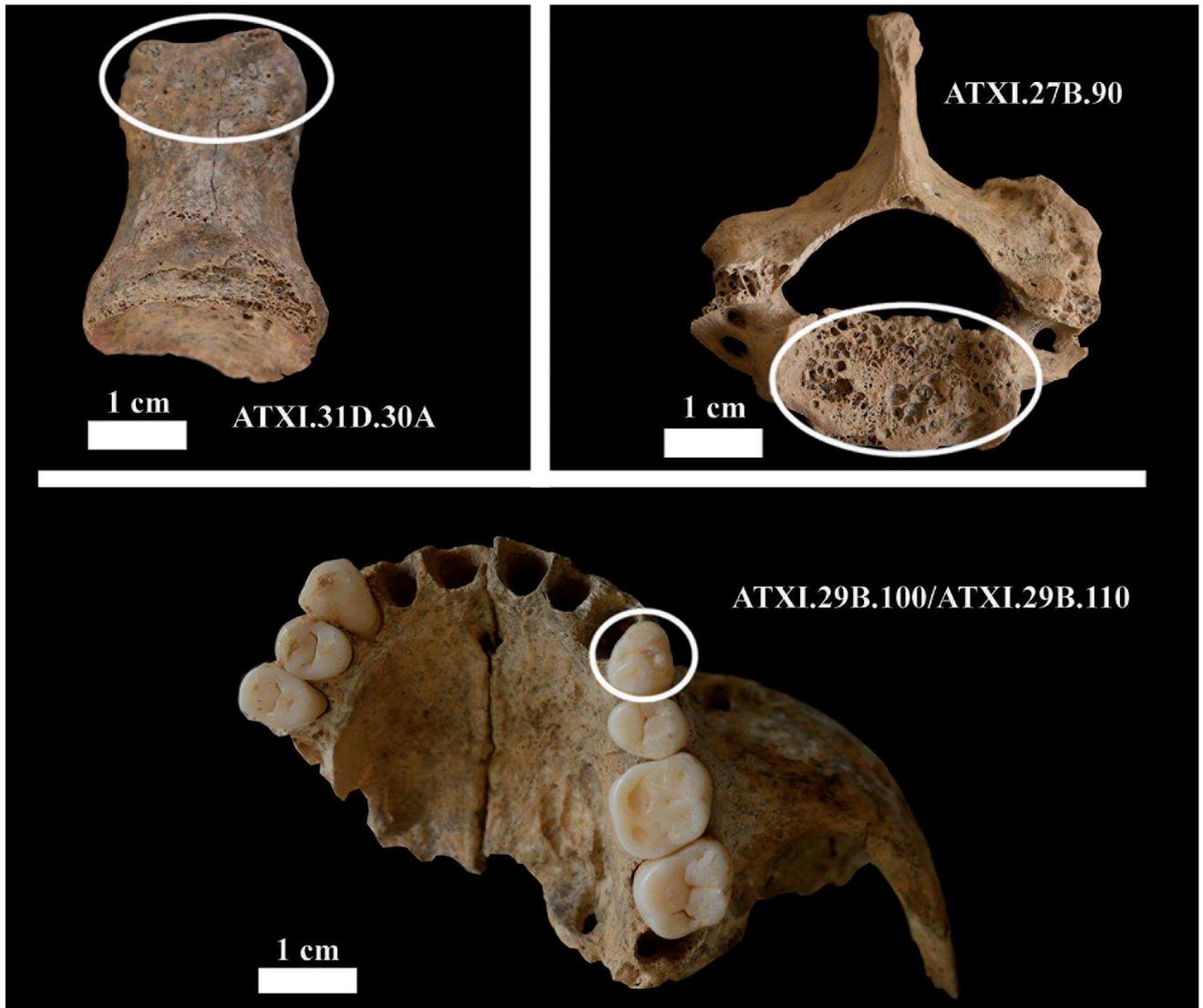
#### 4.8. Identificación de patologías

En la observación preliminar de las anomalías y lesiones patológicas, la mayor proporción de patologías detectadas se han encontrado en el esplacnocráneo. Destacan la presencia tanto de caries como de sarro, que se localizan en un gran número de dientes de distintos individuos. A su vez, una de las mandíbulas presenta periostitis, pero alrededor de los alveolos se observan una serie de costras, que dificultan su estudio. Uno de los maxilares, por otra parte, tiene un primer premolar superior rotado, aunque no parece que esa característica dificultase al individuo la masticación de alimentos (Figura 10).

En cuanto a los huesos postcraneales, se ha identificado una primera falange de la extremidad inferior con una deformidad, que provoca que su longitud máxima fuese menor de lo esperado. En al menos una vértebra cervical se ha detectado la presencia de osteofitos en el cuerpo vertebral, que puede indicar la posible presencia de artrosis (CAMPILLO, 2001).

### 5.- DISCUSIÓN

A continuación se van a discutir los siguientes resultados: representatividad anatómica, número mínimo de individuos, edad de muerte y sexo. Como se ha comentado previamente, hay un sesgo de origen des-



**Figura 10.** Vista dorsal de una falange de la extremidad inferior con una deformidad (arriba izquierda) y vista craneal de una vértebra cervical con signos de artrosis (arriba derecha). Vista oclusal de un maxilar con el primer premolar superior izquierdo (P3) girado (abajo).

**Figure 10.** Dorsal view of a foot phalanx with a malformation (top left) and a cranial view of a cervical vertebra with osteoarthritis (top right). Occlusal view of a maxilla with the first upper left premolar (P3) rotated (bottom).

conocido en la representatividad anatómica. Según algunos autores (ARMENDÁRIZ, 1999), sesgos similares en otros yacimientos podrían ser debidos a una intencionalidad de enterrar de manera específica y separada una parte anatómica, como es el caso del cráneo. En Atxuri I, cuatro partes anatómicas relacionadas con el esqueleto craneal (neurocráneo, maxilares, mandíbulas y dentición) representan el 40% de los restos totales recuperados, lo que indica una mejor conservación de los elementos esqueléticos relacionados con el cráneo. Por otra parte, no se puede descartar que el sesgo estuviese provocado por la metodología de excavación y la recogida selectiva de materiales.

El número mínimo de individuos estimado en Atxuri I ( $n=9$ ) es menor que el obtenido en cuevas como Pico Ramos ( $n=104$ ), Lacilla II ( $n=57$ ) o Kobeaga I ( $n=40$ ) (Tabla VIII), pero mayor que en cuevas como Arlanpe ( $n=2$ ), Askondo ( $n=2$ ) o Lumentxa ( $n=4$ ). A pesar de que el número de individuos sea bajo, destaca que una gran proporción (27 de 32) de los yacimientos analizados en Bizkaia presente un número aún menor. Varios de ellos no presentan un estudio antropológico básico o este no es suficiente como para determinar el número de individuos.

En cuanto a la edad de muerte, se han detectado seis individuos adultos y tres inmaduros. A uno de los tres inmaduros se le ha estimado una edad de muerte de entre 3 y 4 años, mientras que en el resto de indivi-

Yacimiento	Referencia del laboratorio	Datación (B.P.)	NMI	Edad de muerte	Sexo	Esqueleto parcial/completo	Bibliografía
Aldecueva	-	-	2	1 inmaduro	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Arenaza I	OxA-7157	6.040±75	3	Al menos 1 adulto y 1 inmaduro	-	Parcial	(APELLÁNIZ, 1986, 1987; FERNÁNDEZ, 1990-1991, 1992, 1992-1993; ARIAS y ALTUNA, 1999; FANO, 2004)
	OxA-7156	5.755±65					
Arlanpe	Beta-339110	3.580 ± 30	2	Al menos 2 adultos	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA, 2013)
	Beta-299200	3.510 ± 30					
	Beta-272221	3.180 ± 40					
Artatxo 01	-	-	2	1 adulto juvenil/ 16 años	-	Parcial	(GARATE y GÓMEZ-OLIVENCIA, 2010)
Askondo	Beta-303669	3.290±40	2	10 años	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA, 2012; RÍOS-GARAIZAR y GARATE, 2012)
Atxarte	-	-	1	1 inmaduro	-	Parcial	(ETXEBERRIA, 1990)
Atxeta	-	-	1	-	-	Parcial*	(SAN MARTÍN, 1961; DE LA RÚA, 1990)
Atxondo	-	-	1	1 adulto	-	Parcial	(LÓPEZ y AGUIRRE, 2000)
Balzola	-	-	12	4 adultos/ 1 subadulto/ 2 juveniles/ 3 infantiles (6-8 años)/ 1 recién nacido/ 1 non-nato	-	Parcial	(BERGANZA <i>et al.</i> , 1979; ZAPATA <i>et al.</i> , 2006; REGALADO <i>et al.</i> , 2013)
Covachón III	Ua-50093	4.065 ± 32	1	adulto	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA <i>et al.</i> , 2015)
Eguzkiola	-	-	6	Al menos 3 adultos y 3 subadultos	-	Parcial	(NOLTE, 1972; LÓPEZ y GUENAGA, 2009; LÓPEZ <i>et al.</i> , 2014)
Gerrandijo	-	3.090 ± 100	2	-	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Getaleuta	-	-	2	-	-	Parcial*	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Jentilkoba	-	-	1	14 años	Femenino	Completo	(NOLTE, 1972)
Jentillarri	-	-	27	-	-	-	(ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
Kobaederra	-	-	1	-	Masculino	Casi completo	(IBÁÑEZ <i>et al.</i> , 1997, 1998)
Kobazar	-	-	1	adulto	Masculino	-	(ETXEBERRIA, 1990)
Kobazulo	-	-	1	-	-	Parcial	(NOLTE, 1972; ARRIBAS y BERGANZA, 1997)
Kobeaga I	-	-	40	1 adulto (60 años)	Femenino	Completo	(BASABE, 1966; DE LA RÚA, 1990; ETXEBERRIA, 1990; ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
Lacilla I	-	-	6	5 años/ menos de 15 años/ 17 años	1 masculino (17 años)	Parcial	(MARCOS y MUÑOZ, 1984)
Lacilla II	-	4335 ± 60	57	-	-	Parcial	(GIL, 1988; E.A.E.K.M., 1995; ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
La Jorja	-	-	1	-	-	Parcial	(RUIZ y GONZALEZ, 2001b)
Las Pajucas	I-3513	3.710 ± 130	2	Al menos 1 subadulto	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967; ETXEBERRIA, 1990)
Lumentxa	OxA-18236	6.122 ± 38	4	Al menos 1 adulto y 1 infantil	-	Parcial	(ARRIBAS, comunicación personal) 1988, 1989a, 1989b, 1990, 1993; DE LA RÚA, 1990; CUBAS <i>et al.</i> , 2015)
Pico Ramos	-	4.790±110	104	Todos los intervalos de edad	Al menos 8 femeninos y 8 masculinos	Parcial	(ZAPATA, 1991, 1995; BARAYBAR y DE LA RÚA., 1995)
		4.210±110					
		4.100±110					
Punta Lucero II	Ua-50094	4.687 ± 34	1	1 inmaduro	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA <i>et al.</i> , 2014b, 2015)
Santa Catalina	-	-	3	1 adulto y 2 infantiles (10 años)	-	Parcial	(ALBISU <i>et al.</i> , 2014)
Santimamiñe	Beta-240896	3.710 ± 40	6	1 adulto maduro, 3 adultos jóvenes y 2 infantiles	Al menos 1 femenino y 3 masculinos	Parcial	(DE LA RÚA, 1990; LÓPEZ y GUENAGA, 2007; LÓPEZ <i>et al.</i> , 2008; HERRASTI y ETXEBERRIA, 2011)
Sagastigorri	-	-	1	-	-	Parcial	(LÓPEZ y GUENAGA, 2006)
Sima de "el Hoyo"	-	-	6	-	-	Parcial	(RUIZ y GONZALEZ, 2001a)
Txotxinkoba	-	-	2	-	-	-	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Urratxa III	Ua-11431	3.475±80	3	1 adulto	Al menos 2 femeninos y 1 masculino	Parcial	(MUÑOZ, 1983; ETXEBERRIA, 1990; MUÑOZ y BERGANZA, 1997; IZAGIRRE <i>et al.</i> , 2001)
	Ua-11430	3.405±70					
	Ua-11432	3.365±80					

**Tabla 8.** Yacimientos de Bizkaia en los que se han recuperado restos óseos humanos de *Homo sapiens*.  
**Table 8.** Biscay's sites in which *Homo sapiens* human bones have been recovered.

duos la estimación estaría entre 6 y 8 años y 13-16 años respectivamente, correspondiendo este último individuo a un adolescente. En estructuras megalíticas, tales como dólmenes, se ha detectado un sesgo de edad de muerte: los individuos menores de cinco años no están representados (FERNÁNDEZ-CRESPO y DE LA RÚA, 2016). En el caso de Atxuri I, no parece haber ese sesgo debido a la presencia de un individuo de esa edad. En cuanto a los adultos, al menos hay presentes dos adultos jóvenes y un adulto de entre cuarenta y cincuenta años (Tabla IV), pero el bajo número de individuos no permite abordar la posible existencia de sesgos.

Otro de los aspectos clave del uso funerario es observar si los dos sexos están representados (Tabla V) y en qué proporción. Según ARMENDÁRIZ (1990) y ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ (2005), habría igual proporción de hombre y mujeres en las inhumaciones, salvo algunas excepciones. En el caso de estructuras megalíticas como los dólmenes o los túmulos, con una cronología de 4.000 años cal B.C., muestran una mayor proporción (el doble o el triple) de inhumaciones de individuos masculinos en comparación con los individuos femeninos. Este hecho podría ser explicado por la incapacidad de las mujeres de alcanzar posiciones económicas y/o sociales destacadas en la sociedad, lo que explicaría su mayor proporción en depósitos funerarios como las cuevas (ARMENDÁRIZ, 1999; FERNÁNDEZ-CRESPO y DE LA RÚA, 2016). En Atxuri I, entre los individuos adultos al menos hay representados dos individuos femeninos y uno masculino, habiendo otros tres individuos adultos en los que no se ha podido determinar el sexo. A pesar de que ambos sexos están representados, el bajo número de individuos no permite abordar la proporción entre ellos.

## 6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

- En este trabajo se ha presentado el primer estudio antropológico de los restos humanos de Atxuri I.
- Dentro de la colección se han contabilizado un mínimo de 357 elementos anatómicos. A partir de estos, se han determinado seis individuos adultos y tres individuos inmaduros. Entre los individuos inmaduros, se ha estimado que uno de ellos habría tenido entre 3 y 4 años, otro 6 y 8 años, y el tercero, dependiendo del sexo, no habría tenido más de 13 o 16 años. Entre los seis individuos adultos, se ha determinado la presencia de un mínimo de dos individuos jóvenes, con una edad de muerte entre 18 y 30 años, y dos individuos de más edad, con una edad de muerte de más de 35 y 45 años.
- En los individuos adultos, con un rango de estatura entre 141 y 176 cm, se ha detectado la presencia de al menos dos individuos femeninos y un individuo masculino. Los dos individuos femeninos tendrían una masa estimada de entre 40 y 45 kg.
- El bajo número de individuos determinado no ha permitido abordar en profundidad ciertos aspectos antropológicos como la representatividad anatómica, la edad de muerte y el sexo.
- Existen varios yacimientos sin estudio antropológico en Bizkaia y lo novedoso de los resultados obtenidos pone en relieve la necesidad de realizar más estudios antropológicos semejantes.

## 8.- AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis directores, Asier Gómez Olivencia y Concepción de la Rúa Vaca, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y por su ayuda durante la realización del mismo. Agradezco también al Arkeologi Museoa de Bilbao y a todo su personal por permitirme el acceso a los restos humanos de la cueva, al igual que a Mikel Arlegi, por la ayuda facilitada durante el proceso de lavado del material. Además, quiero agradecer la ayuda proporcionada por el Dr. Luis Valdés, que ha servido para entender el trabajo previo realizado con los huesos humanos.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

ALBISU, C., ETXEBERRIA, F., y HERRASTI, L.

2014 Estudio de los restos dentales humanos procedentes de la cueva de Santa Catalina. *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* n°4: 361-366.

APELLÁNIZ, J. M., NOLTE, E., y ALTUNA, J.

1967 Cuevas sepulcrales de Vizcaya. Excavación, estudio y datación por el C<sup>14</sup>. *Munibe* Año XIX n° 3-4: 159-226.

APELLANIZ, J. M.

1973 Corpus de materiales de las culturas prehistóricas con cerámica de la población de cavernas del País Vasco Meridional. *Munibe* Suplemento 1: 73-80.

1986 Cueva de Arenaza I (San Pedro de Galdames, Vizcaya). XV campaña de excavaciones". *Arkeoikuska*: 59-61.

1987 Avance a la memoria de la XV campaña de excavaciones arqueológicas en la cueva de Arenaza 1 (S. Pedro de Galdames, Vizcaya) (1986). *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 163-164.

ARIAS, P.

- 1989 Las industrias de los estratos postpaleolíticos de la cueva de Atxuri (Mañaria, Vizcaya). *Veleia (Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas)* nº 6: 49-84.

ARIAS, P., y ALTUNA, J.

- 1999 Nuevas dataciones absolutas para el Neolítico de la Cueva de Arenaza (Bizkaia). *Munibe* 51: 161-171.

ARMENDÁRIZ, A.

- 1990 Las cuevas sepulcrales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)*: 153-160.  
1999 La muerte antes de la historia: ritos y prácticas funerarias en épocas prehistóricas. En: *El Campo de las Ciencias y las Artes. La humanidad primitiva* nº 136. Banco Bilbao Vizcaya.

ARRIBAS, J. L.

- 1988 Cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). V campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 69-72.  
1989a V y VI campaña de excavaciones en la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). 1988-89. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 223-230.  
1989b Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VI campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 63-66.  
1990 Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VII campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 49-50.  
1993 Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VII campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 105-107.

ARRIBAS, J. L., y BERGANZA, E.

- 1997 Sondeo estratigráfico en el yacimiento de la cueva de Kobazulo (Aulestia, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 197-201.

ARSUAGA, J. L., CARRETERO, J.-M., LORENZO, C., GÓMEZ-OLIVENCIA, A., PABLOS, A., RODRÍGUEZ, L., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., BONMATÍ, A., QUAM, R. M., PANTOJA-PÉREZ, A., MARTÍNEZ, I., ARANBURU, A., GRACIA-TÉLLEZ, A., POZA-REY, E., SALA, N., GARCÍA, N., ALCÁZAR DE VELASCO, A., CUENCA-BESCÓS, G., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., y CARBONELL, E.

- 2015 Postcranial morphology of the middle Pleistocene humans from Sima de los Huesos, Spain. *PNAS* Vol. 112 nº 37: 11524-11529.

AUERBACH, B. M., y RUFF, C. B.

- 2004 Human body mass estimation: A comparison of "Morphometric" and "Mechanical" methods. *American Journal of Physical Anthropology* 125: 331-342.

BASS, W. M.

- 1987 *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Missouri Archaeological Society. Columbia, Missouri.

BARANDIARÁN, J. M.

- 1964 *Arqueología de Vizcaya. Excavaciones en Atxuri (1ª parte de la segunda campaña)*. Noticiario Arqueológico Hispánico. Madrid. Cuadernos 1-3: 375-384

BARAYBAR, J. P., y DE LA RÚA, C.

- 1995 Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia. *Munibe (Arkeología-Antropología)* nº 47: 151-175.

BASABE, J. M.

- 1966 Nota acerca del cráneo eneolítico de la cueva de Kobeaga (Ispaster-Vizcaya). *Munibe* Año XVIII nº1-4: 63-64.

BERGANZA, E., MUÑOZ, M., y MARCOS, J. L.

- 1979 Excavación de los enterramientos del Locus I de la cueva de Balzola (Dima, Vizcaya). *Munibe* Año XXXI nº 3-4: 189-194.

BUIKSTRA, J. E., y UBELAKER, D. H.

- 1994 *Standards for data collection from human skeletal remains. Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History organized by Jonathan Haas*. Arkansas Archaeological Survey Research Series nº 44. Arkansas.

CAMPILLO, D.

- 2001 *Introducción a la paleopatología*. Bellaterra arqueología. Barcelona.

CASTAÑOS, P.

- 1986 *Atxuri*. Memoria de tesis doctoral, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa: 115-117.

CUBAS, M., ALTUNA, J., ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, E., ARMENDÁRIZ, A., FANO, M. A., LÓPEZ-DÓRIGA, I. L., MARIEZKURRENA, K., TAPIA, J., TEIRA, L. C., y ARIAS, P.

2016 Re-evaluating the Neolithic: The Impact and the Consolidation of Farming Practices in the Cantabrian Region (Northern Spain). *Journal of World Prehistory* Vol. 29 nº 1: 79-116.

DE LA RÚA, C.

1990 Los estudios de Paleantropología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* nº 42: 199-219.

EUSKAL ARKEOLOGIA, ETNOGRAFIA ETA KONDAIRA MUSEOA.

1995 *Txostena 1994 Memoria*. Bilbao

ETXEBERRIA, F.

1990 Los estudios de Paleopatología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* nº 42: 221-227.

FANO, M. A.

2004 Un nuevo tiempo: el Mesolítico en la Región Cantábrica. *Kobie (Serie Anejos)* nº 8: 337-402.

FERNÁNDEZ-CRESPO, T., y DE-LA-RÚA, C.

2016 Demographic differences between funerary caves and megalithic graves of Northern Spanish Late Neolithic/ Early Chalcolithic. *American Journal of Physical Anthropology* 2: 284-297.

FERNÁNDEZ, E.

2005 *Polimorfismos de DNA mitocondrial en poblaciones antiguas de la Cuenca Mediterránea*. Memoria de tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Barcelona.

FERNÁNDEZ, F.

1971 Aportación al descubrimiento de nuevas pinturas parietales en el País Vasco. *Munibe* Año XXIII nº 2-3: 399-404.

FERNÁNDEZ, J. A.

1990/91 Informe de la XIX campaña de excavaciones en Arenaza I (Galdames), año 1991. *Kobie (Serie Paleantropología)*: 201-208.

1992 Cueva de Arenaza I (Galdames). XX campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 128-132.

1992/93 Informe de la XX campaña de excavaciones en Arenaza I (Galdames), año 1992. *Kobie (Serie Paleantropología)*: 293-307.

GARATE, D., y GÓMEZ-OLIVENCIA, A.

2010 Cueva Artatxo 01. *Arkeoikuska*: 284-285.

GARATE, D.

2012 *Neandertales y Cromañones. Primeros habitantes de Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia- Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.

GENOVES, S.

1967 Proportionality of the long bones and their relation to stature among Mesoamericans. *American Journal of Physical Anthropology* 26: 67-78.

GIL, D.

1988 Cueva sepulcral de Lacilla II (Sopuerta, Bizkaia). Excavación de urgencia. *Arkeoikuska*: 132-135.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A.

2012 Estudio de los restos humanos del yacimiento de Askondo (Mañaría, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº2: 71-76.

2013 Estudio de los restos humanos del yacimiento de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº3: 161-176.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A., ARCEREDILLO, D., ÁLVAREZ-LAO, D. J., GARATE, D., SAN PEDRO, Z., CASTAÑOS, P., y RÍOS-GARAIZAR, J.

2014a New evidence for the presence of reindeer (*Rangifer tarandus*) on the Iberian Peninsula in the Pleistocene: an archaeopalaeontological and chronological reassessment. *Boreas* Vol. 43: 286-308.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A., CUBAS, M., SALA, N., PANTOJA, A., GARCÍA-IBAIBARRIAGA, N., RÍOS-GARAIZAR, J., REGALADO, E., LÍBANO, I., SOLAR, G., y ARLEGI, M.

2014b Cuevas en el entorno de Punta Lucero: Punta Lucero II y Covachón III. *Arkeoikuska*: 259-262.

2015 Restos humanos calcolíticos de dos nuevos yacimientos de Punta Lucero (Zierbena, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)* nº 34:1-14.

GRINE, F. E., JUNGERS, W. L., TOBIAS, P. V., y PEARSON, O. M.

1995 Fossil *Homo* femur from Berg Aukas, northern Namibia. *American Journal of Physical Anthropology* 26:67-78.

HERRASTI, L., y ETXEBERRIA, F.

2011. Estudio de los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). Campañas de 2004 a 2006. *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº 1: 375-382.

IBÁÑEZ, J. J., ZAPATA, L., y GONZÁLEZ, J. E.

1997 Cueva de Kobaederra (Oma, Kortezubi). III campaña. *Arkeoikuska*: 130-133.

1998 Cueva de Kobaederra en Oma (Kortezubi). IV campaña. *Arkeoikuska*: 110-113.

IZAGIRRE, N., DE BIZCARRA, N., ALZUALDE, A., y DE LA RÚA, C.

2001 Estimación del sexo a nivel molecular en restos esqueléticos humanos. *Munibe (Arkeologia-Antropología)* nº 53: 143-150.

LÓPEZ QUINTANA, J. C., y AGUIRRE, M.

2000 Cueva de Atxondo (Kortezubi). I campaña. *Arkeoikuska*: 311-313.

LÓPEZ QUINTANA, J.C., ARRUABARRENA, J. M<sup>a</sup>, OLAZABAL, A., TELLERÍA, E., GUENAGA, A., y ALONSO, E.

2014 Cueva de Eguzkiola. I campaña. *Arkeoikuska*: 252-254.

LÓPEZ, J. C., y GUENAGA, A.

2006 Cueva de Sagastigorri (Kortezubi). *Arkeoikuska*: 436-437.

2007 Cueva de Santimamiñe. IV campaña. *Arkeoikuska*: 254-259.

2009 Evaluación arqueológica de la cueva de Eguzkiola (Zeanuri, Bizkaia) ante la reapertura de la cantera de Xorokil. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 223-232.

LÓPEZ, J. C., GUENAGA, A., y GONZÁLEZ, C.

2008 Cueva de Santimamiñe. V campaña. *Arkeoikuska*: 275-281.

LOVEJOY, C. O.

1985 Dental wear in the Libben Population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 47-56.

MARCOS, J. L., y MUÑOZ, M.

1984 Excavaciones en la cueva de Lacilla (Sopuerta-Vizcaya). *Munibe* nº 36: 55-58.

MCHENRY, H. M.

1992 Body size and proportions in early Hominids. *American Journal of Physical Anthropology* 87:407-431.

MUÑOZ, M.

1983 Cueva de Urratxa III (Orozko). I campaña. *Arkeoikuska*: 52-54.

MUÑOZ, M. y BERGANZA, E.

1997 *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto. Bilbao.

NOLTE, E.

1957 *Exploraciones en Atxubi'ko*. Pyrenaica I: 16-18.

1972 Nota sobre nuevos yacimientos prehistóricos en cuevas de Vizcaya y otros hallazgos arqueológicos del norte de Burgos. Grupo Espeleológico Vizcaíno, Boletín nº 4. *Kobie (Bilbao)*: 20-26.

ONTAÑÓN, R., y ARMENDÁRIZ, A.

2005 Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropología-Arkeologia)*: 275-286.

PABLOS, A., GÓMEZ-OLIVENCIA, A., GARCÍA-PÉREZ, A., MARTÍNEZ, I., LORENZO, C., y ARSUAGA, J. L.

2013 From toe to head: Use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Science International* 226: 299e1-299e7.

PRIETO, L.

2002 *Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados*. Memoria de tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

REGALADO, E., SAN PEDRO, Z., ZAPATA, L., GALLAGA, I., PÉREZ, A., ARGOTE, N., CASTAÑOS, J., CASTAÑOS, P., CUBAS, M., GARCÍA, M., IRIARTE, M. J., TARRIÑO, A., y SAN EMETERIO, A.

2013 Cueva de Baltzola. *Arkeoikuska*: 196-199.

RIOS-GARAIZAR, J., y GARATE, D.

2012 Dataciones de radiocarbono en el yacimiento de Askondo (Mañaria, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº 2: 39-44.

RUFF, C. B., SCOTT, W. W., y LIU, A. Y-C.

1991 Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *American Journal of Physical Anthropology* 86:397-413.

RUIZ, R., y GONZÁLEZ, J. E.

2001a Cueva Sima de El Hoyo (Sopuerta). *Arkeoikuska*: 338-340.

2001b Cueva de la Jorja (Sopuerta). *Arkeoikuska*: 387-388.

SANCHIS, A., TORMO, C., SAUQUÉ, V., SANCHIS, V., DÍAZ, R., RIBERA, A., y VILLAVERDE, V.

2015 Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: New evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quaternary Science Reviews* 124: 175-208.

SAN MARTIN, J.

1961 Bibliografía y reseñas: Excavaciones en Atxeta. *Munibe (fascículo 1)*: 95.

SCHEUER, L., y BLACK, S.

2000 *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press. Gran Bretaña.

SCIULLI, P. W., y GIESEN, M. J.

1993 Brief communication: an update on stature estimation in prehistoric Native Americans of Ohio. *American Journal of Physical Anthropology* 92:395-399.

TROTTER, M., y GLEESER, G. C.

1952. Estimation of stature from long bones of American whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology* 10: 463-514.

WHITE, T. D., y FOLKENS, P. A.

2005 *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic Press. Estados Unidos de América.

ZAPATA, L.

1991 Cueva sepulcral de Pico Ramos (Muskiz). *Arkeoikuska*: 141-144.

1995 La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Arkeologia-Antropología)* nº 47: 35-90.

ZAPATA, L., GALLAGA, I., REGALADO, E., RUIZ ALONSO, M., SAN PEDRO, Z., y SAVANTI, F.

2006 Cueva de Balzola (Dima). I campaña. *Arkeoikuska*: 142-145.



CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	n° 7	39-60	LEIOA	2017	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

# Reconstrucción paleoambiental del impacto humano en el Abra de Bilbao durante los últimos 200 años

## Palaeoenvironmental reconstruction of the human impact on the Abra of Bilbao over the past 200 years

**PALABRAS CLAVES:** Metales, foraminíferos bentónicos, radioisótopos, sedimentos costeros, Abra de Bilbao.  
**KEY WORDS:** Metals, benthic foraminifera, radioisotopes, coastal sediments, Abra of Bilbao.

**Alba GONZÁLEZ-LANCHAS<sup>(1)</sup>**

### RESUMEN

La aplicación de técnicas micropaleontológicas, geoquímicas y de medida de isótopos radiactivos de vida corta en dos sondeos recogidos en la zona submareal del Abra interior de Bilbao ha permitido llevar a cabo un estudio sobre la evolución del registro sedimentario de esta zona durante los últimos años. El Abra de Bilbao ha presentado históricamente una dinámica sedimentaria muy compleja, sometida a la influencia combinada del medio marino abierto y a los aportes contaminantes de la Ría de Bilbao, evidenciada por la diferente naturaleza sedimentológica de los dos sondeos y la abundante concentración de foraminíferos bentónicos procedentes de ambos medios.

Además, las altas concentraciones en metales presentes en los diferentes niveles estudiados ponen de manifiesto la degradación ambiental experimentada a lo largo de la historia industrial de este entorno. La caracterización de estos sedimentos como altamente contaminados supone un punto de alerta ante posibles removilizaciones, naturales y/o antrópicas, tratándose este material histórico de una seria amenaza para el proceso de regeneración ambiental de esta zona costera.

### ABSTRACT

The application of micropalaeontological, geochemical and short life radioactive isotopes measurement techniques on two cores collected in the subtidal area of the inner Abra of Bilbao has allowed to study the evolution of the sedimentary record in this area during recent years. The Abra of Bilbao has historically presented a very complex sedimentary dynamics, subjected to the combined influence of the open marine environment and the pollutant inputs from the Bilbao estuary, evidenced by the different sedimentological nature of the two cores and the abundant concentration of benthic foraminifera from both environments.

In addition, the high concentration of metals present along the different levels demonstrates the environmental degradation experienced throughout the industrial history of this area. The characterization of these sediments as highly contaminated represents a point of alert on their possible remobilization due to natural and anthropogenic processes. These historical materials represent, therefore, a serious threat to the process of environmental regeneration of this coastal area.

## 1.- INTRODUCCIÓN

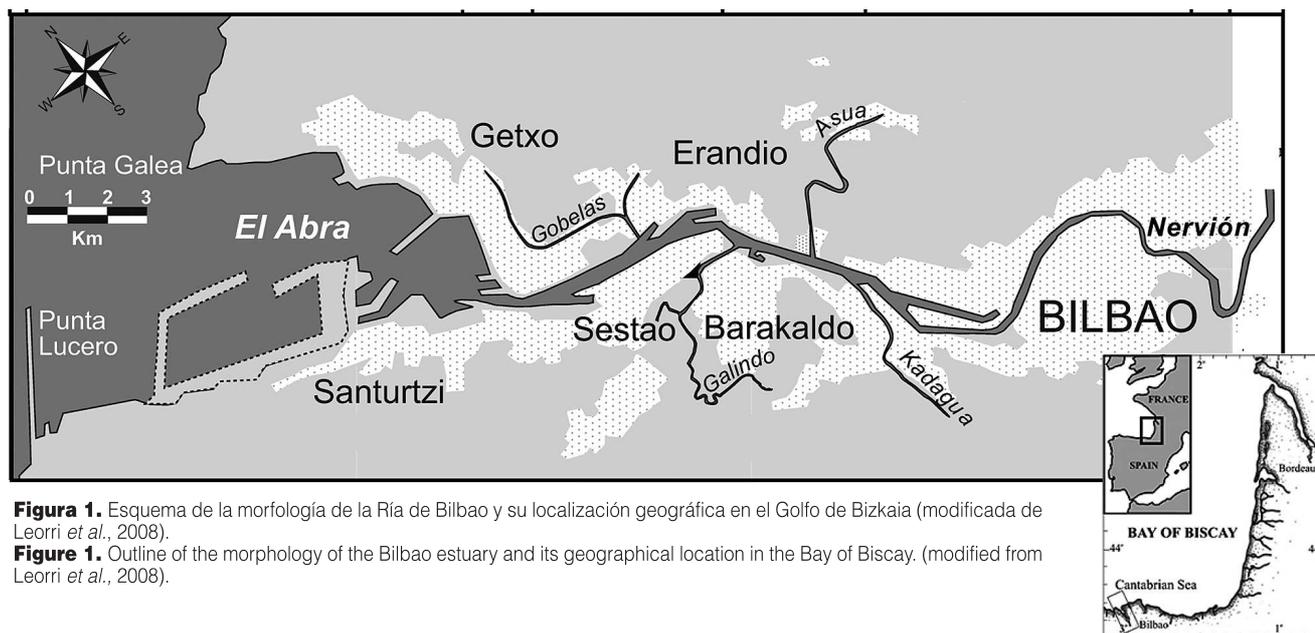
### 1.1. Contexto geográfico

El marco geográfico general en el que se enmarca este Trabajo Fin de Máster (TFM) es la Ría de Bilbao (Bizkaia), un canal mareal artificial resultante de la transformación antrópica del área estuarina originalmente más extensa de la costa cantábrica (Hazera, 1968). Se localiza en el borde S del Golfo de Bizkaia, entre las coordenadas latitud 43°23'N-43°14'N y longitud 3°07'W-2°55'W. El sistema de la Ría de Bilbao comprende el curso bajo de los ríos Nervión e Ibaizabal (sometido a las mareas) y una zona de bahía y desembocadura, El Abra de Bilbao, que se extiende 23 km desde el punto más exterior (Punta Lucero) hasta el más interior (Atxuri) (Leorri y Cearreta, 2009). La apertura parcial del canal al medio marino tiene lugar a la altura de las localidades de Getxo y Santurtzi.

El estudio aquí presentado se centra, particularmente, en la zona interior del Abra de Bilbao, donde el trazado rectilíneo del cauce adquiere una morfología de embudo en progresiva apertura hacia la zona más exterior, y la anchura llega a alcanzar los 1800 m (Fig. 1 y 2). En cuanto a su profundidad, el rango

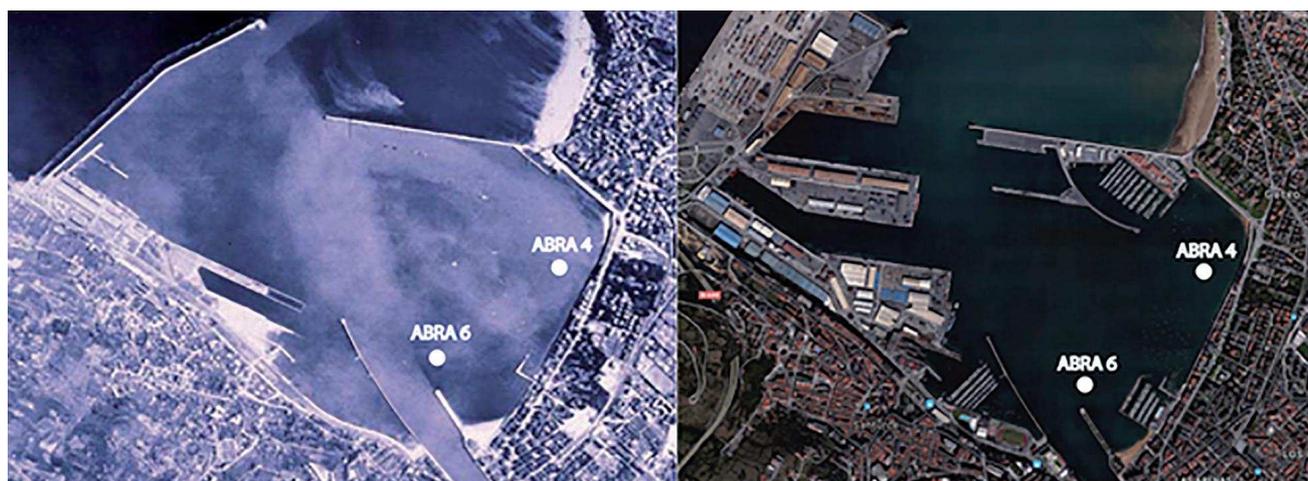
<sup>(1)</sup> Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao. albag.lanchas@gmail.com  
Directores: Alejandro Cearreta (Departamento de Estratigrafía y Paleontología, UPV/EHU) y María Jesús Irabien (Departamento de Mineralogía y Petrología, UPV/EHU)





**Figura 1.** Esquema de la morfología de la Ría de Bilbao y su localización geográfica en el Golfo de Bizkaia (modificada de Leorri *et al.*, 2008).

**Figure 1.** Outline of the morphology of the Bilbao estuary and its geographical location in the Bay of Biscay. (modified from Leorri *et al.*, 2008).



**Figura 2.** A la izquierda, foto aérea (año 1957) del Abra interior donde se observa el aporte de aguas contaminadas procedentes de la Ría de Bilbao (Leorri y Cearreta, 2009). A la derecha, imagen de satélite del mismo entorno en la actualidad (Google Earth, 2014). En ambas fotografías aparecen marcados los dos sondeos analizados en este trabajo, Abra 4 y Abra 6.

**Figure 2.** On the left, aerial photograph (1957) of the inner Abra where the supply of polluted water from the Bilbao estuary can be observed (Leorri and Cearreta, 2009). On the right, satellite image of the same environment (Google Earth, 2014). The cores analyzed in this paper (Abra 4 and Abra 6) are marked in both images.

oscila desde valores mínimos de 6 m en la zona interior del Abra hasta los 30 m en el área más exterior (Consortio de Aguas, 1989; Itsemep Ambiental S.A., 1990).

## 1.2. Transformación histórica y ambiental

Las características ambientales actuales de la Ría de Bilbao son producto de la transformación y degradación extrema de un medio estuarino natural durante los dos últimos siglos. La intensa explotación del mineral de hierro en esta zona, desde comienzos del siglo XIX, supuso el motor económico inicial que sentó las bases para la puesta en marcha industrial de la ciudad de Bilbao (García-Merino, 1987; Cearreta *et al.*, 2002). La necesidad de un medio de conexión con el mar abierto, como infraestructura de apoyo para la actividad siderúrgica y para la comercialización del producto, dio lugar a una rápida e intensa reducción del medio estuarino original hasta convertirlo en un canal artificial navegable, para lo cual se sucedieron múltiples episodios de intervención estructural (Cearreta *et al.*, 2000). La Ría de Bilbao representó, así, un elemento primordial en el desarrollo económico de la región.

Este medio ha recibido multitud de desechos industriales y mineros, así como un elevado volumen de efluentes procedentes del gran asentamiento urbano que acompañó al desarrollo económico, con una alarmante degradación de su medio natural como resultado. La Ría de Bilbao ha llegado a representar el punto de la Cornisa Cantábrica con mayores niveles de contaminación antrópica (Greenpeace, 1991), con aguas próximas a la anoxia y altas concentraciones de materia orgánica y metales pesados (Irabien, 1993; Sáiz-Salinas *et al.*, 1996). La recesión económica y la implementación de políticas ambientales y de tratamiento de residuos, desde la década de 1980, puso en marcha una mejora ecológica constatable en la actualidad (Caraville *et al.*, 2016; Leorri *et al.*, 2008).

En el Abra de Bilbao tienen una especial importancia las modificaciones antrópicas sobre la estructura original de este entorno, a fin de protegerlo de la influencia del medio marino abierto, eliminando con ello la sedimentación arenosa propia de esta zona. La sedimentación reciente, de carácter fangoso, es producto de la modificación en la dinámica sedimentaria natural por la construcción de estructuras como el espigón de Las Arenas (1887), el dique rompeolas de Santurtzi (1894), el contradique de Algorta (1901), el dique de Punta Lucero y el espigón sumergido de Punta Galea (1970) (Itsemap Ambiental S.A., 1990). Además de la restricción del medio marino, esta serie de estructuras antrópicas ejercen un efecto combinado sobre la dinámica de circulación en el Abra, definiéndose un giro en sentido horario que gobierna la distribución de la corriente vaciante procedente de la ría y, como tal, de la pluma de contaminación que acompaña a este aporte (Cearreta, 1992).

Las imágenes aéreas de la Fig. 2 muestran el aumento de la ocupación humana y modificación estructural de la zona del Abra de Bilbao desde 1957.

### 1.3. Antecedentes y objetivos

Los foraminíferos bentónicos son un grupo de organismos pertenecientes al reino protista. Destacan por su alta sensibilidad a variaciones en las condiciones ambientales del ecosistema y por la gran variedad de medios marinos en los que desarrollan su hábitat, representando el estudio de estos microfósiles una potente herramienta para la reconstrucción paleoambiental (Murray, 2001). Por otro lado, los metales pesados aparecen como buenos indicadores de la intervención humana, ya que al contrario de otros contaminantes no son degradados por procesos naturales.

La aplicación de un enfoque geoquímico y microfaunístico integrado en la Ría de Bilbao ha permitido identificar tres épocas o periodos con características ambientales propias y de observación reiterada en diversos puntos muestreados en varias campañas: una zona pre-industrial, con una cantidad muy elevada de foraminíferos y alta diversidad de especies, acompañado de niveles base de concentración de metales (cantidad mínima); en segundo lugar, una zona industrial antigua que mantiene una similar tendencia microfaunística pero unas elevadas concentraciones de metales; y por último, una zona industrial joven, con concentraciones extremas de metales y estéril en foraminíferos propios del estuario (Cearreta *et al.*, 2002). De igual modo, los análisis aplicados sobre los centímetros más superficiales y la monitorización trianual de las asociaciones faunísticas actuales revelan una situación de mejora ambiental durante los últimos años o época post-industrial (Leorri *et al.*, 2008).

El objetivo principal de este TFM es la realización de un análisis de las asociaciones de foraminíferos bentónicos y de la concentración en metales del registro sedimentario de la zona interna del Abra de Bilbao mediante el estudio de dos sondeos realizados en esta zona submareal (Fig. 1). La comparación entre las variaciones en las asociaciones microfaunísticas y la concentración en elementos contaminantes permite identificar los eventos naturales y/o antrópicos acontecidos durante el pasado reciente. La asignación de edades a estos materiales tendrá lugar mediante el estudio de isótopos radioactivos de vida corta ( $^{210}\text{Pb}$  y Cs-137) sobre uno de los dos sondeos.

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Recogida del material y tratamiento

En septiembre 2015 se llevó a cabo una campaña de perforación de sondeos en 6 puntos del Abra interior con el empleo de un muestreador Hammer Corer operado por buceadores (Fig. 3). Los puntos con-



**Figura 3.** A la izquierda, el muestreador Hammer corer antes de ser sumergido en el agua para extraer los testigos. A la derecha, el testigo Abra 4 abierto longitudinalmente en el laboratorio..

**Figure 3.** On the left, the Hammer corer sampler before being submerged to extract the cores. On the right, the Abra 4 core open longitudinally in the laboratory.

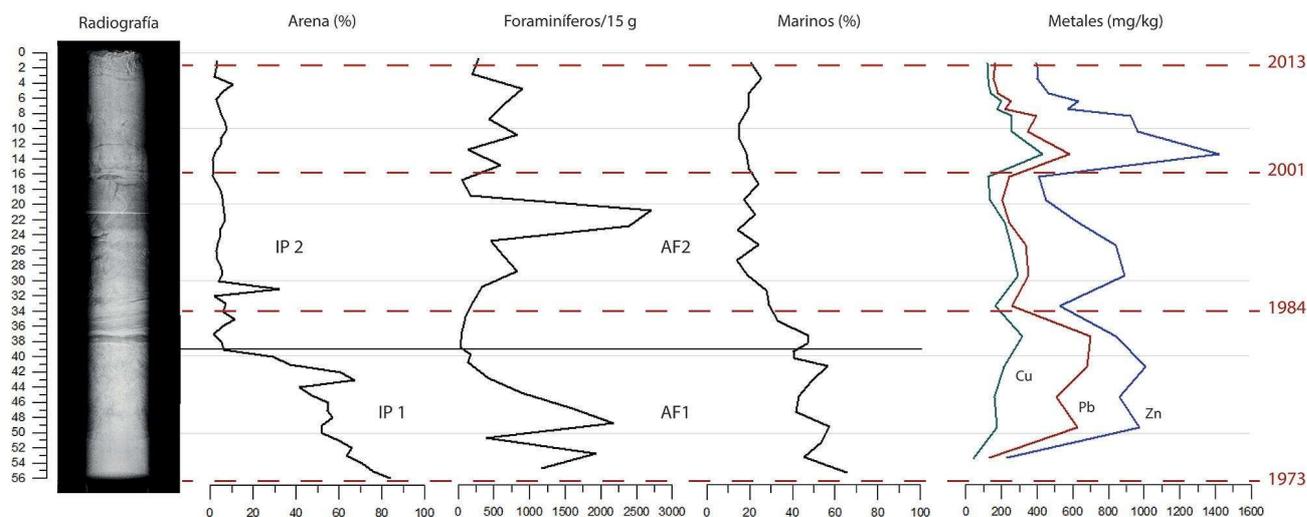
cretos de muestreo fueron definidos estratégicamente con el fin de caracterizar diferentes zonas de este medio submareal, efectuándose dos réplicas por cada punto seleccionado. El sedimento fue obtenido mediante la inserción mecánica de un tubo de PVC transparente en el fondo y su posterior extracción de manera inalterada. Los testigos fueron posteriormente radiografiados en el Hospital de Basurto, a fin de obtener una idea general de su estructura y textura internas de forma previa a la manipulación del material en el laboratorio.

En este trabajo se muestran los resultados relativos al estudio de los testigos Abra 4 ( $43^{\circ}20'05.9''N$ ,  $3^{\circ}00'48.3''W$ ) y Abra 6 ( $43^{\circ}19'46.5''N$ ,  $3^{\circ}01'12.8''W$ ).

## 2.2. Micropaleontología

Para el análisis microfaunístico, el material de cada muestra fue inicialmente secado en una estufa a  $40^{\circ}C$ , pesado y tamizado en húmedo con el empleo de mallas de 2 mm y 63 micras orientadas a excluir la fracción gruesa y fina respectivamente, obteniéndose finalmente la fracción arena correspondiente al rango de tamaños que comprende a los caparazones de foraminíferos bentónicos. El material resultante, una vez secado de nuevo, fue concentrado en foraminíferos en una campana de gases mediante flotación con tricloroetileno.

Una vez en el gabinete, las muestras se analizaron con el empleo de una lupa estereoscópica binocular de luz reflejada. Se extrajeron 300 caparazones de una fracción aleatoria de cada muestra, a fin de obtener una asociación representativa de cada rango de profundidad. En el caso de aquellas muestras con una concentración menor en caparazones, se efectuó el análisis de la fracción total de la misma y la extracción de todos sus ejemplares. Sólo para aquellas asociaciones con más de 100 individuos fue posible la aplicación de cálculos estadísticos. En total se han extraído, examinado y clasificado más de 16.800 caparazones pertenecientes a 45 especies en un total de 53 muestras estudiadas (Fig. 4). La determinación de los foraminíferos bentónicos fue realizada en base a las diferentes especies identificadas, pero también se llevó a cabo la separación y el recuento de ejemplares según su tipo de caparazón (hialino, porcelanáceo o aglutinante) y su origen ambiental (marino o estuarino). La relación completa de las especies de foraminíferos bentónicos estudiadas en este trabajo aparece en el ANEXO I. La aplicación de métodos estadísticos a estos parámetros ha permitido normalizar los valores absolutos iniciales y obtener datos comparables entre diferentes muestras.



**Figura 4.** Foraminíferos más abundantes y representativos de las asociaciones microfauísticas en los testigos Abra 4 y Abra 6: 1. *Ammonia tepida* (tomada de Hayward *et al.*, 2003); 2. *Bolivina britannica* (tomada de Hayward, 1999); 3. *Bolivina spathulata* (tomada de Hayward, 1999); 4. *Cibicides lobatulus* (tomada de Schweizer *et al.*, 2009); 5. *Rosalina irregularis* (tomada de Hayward, 1999).

**Figure 4.** The most abundant and representative foraminifera of the microfaunal assemblages in Abra 4 and Abra 6: 1. *Ammonia tepida* (Hayward *et al.*, 2003); 2. *Bolivina britannica* (Hayward, 1999); 3. *Bolivina spathulata* (Hayward, 1999); 4. *Cibicides lobatulus* (Schweizer *et al.*, 2009); 5. *Rosalina irregularis* (Hayward, 1999).

### 2.3. Geoquímica

Para el estudio geoquímico se procedió a la molienda de la fracción inferior a 2 mm con el empleo de un mortero de ágata (para evitar posibles contaminaciones en elementos metálicos). Estas muestras pulverizadas se enviaron a *Activation Laboratories Ltd.* (Ontario, Canadá) donde se aplicó la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) a 0,25 g de cada una, tras un tratamiento previo de ataque con una mezcla de ácidos clorhídrico, nítrico, perclórico y fluorhídrico. Los límites de detección fueron 0,1 ppm para Pb, Cu, Ni y Cd, 1 ppm para el Zn y 0,01% en el caso del Fe.

### 2.4. Radioisótopos

Para la datación de la secuencia sedimentaria Abra 4 se analizaron 28 muestras en el Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Universidad de Cantabria por parte del Dr. José Gómez Arozamena.

Una vez aplicada la misma metodología de secado inicial anteriormente comentada, se tamizó y envasó el material en recipientes cilíndricos cerrados herméticamente. Las muestras se mantuvieron almacenadas durante 30 días hasta que se alcanzó el equilibrio radioactivo entre el  $^{226}\text{Ra}$ , el  $^{222}\text{Rn}$  y los descendientes de este último. Se midieron las concentraciones de la actividad de  $^{210}\text{Pb}$  total y de  $^{226}\text{Ra}$ , obteniéndose con la diferencia entre ambos el  $^{210}\text{Pb}$  ex (valor de  $^{210}\text{Pb}$  en exceso). En las mismas muestras se midieron, también, las concentraciones del radioisótopo artificial Cs-137, con el fin de contrastar los resultados de ambos métodos y establecer una fecha de referencia. Las medidas en las muestras fueron realizadas por espectrometría gamma, utilizando un detector de Ge HP marca *Canberra*.

## 3.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada una de las metodologías utilizadas se exponen a continuación, por separado, para los testigos Abra 4 y Abra 6.

### 3.1. Testigo Abra 4

#### *Sedimentología*

Este sondeo tiene una longitud total de 56 cm. Texturalmente presenta un aspecto bimodal, con una transición drástica en la composición de sus sedimentos a 39 cm de profundidad, identificándose así dos intervalos de profundidad (IP) bien diferenciados: IP1, desde 56 a 39 cm, e IP2, desde 39 a 0 cm. El intervalo IP1 presenta un contenido medio en arena del 57,3%, variando entre el 41 y el 83%. Por su parte, IP2 se caracteriza por un elevado contenido de material fino fangoso, 94 % de media, variando sus valores entre el 68 y el 99% (Tabla I y Fig. 5).

%ESPECIES FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS																											
Muestras	Prof. (cm)	Peso (g)	% Arena	<i>A.tepida</i>	<i>A.humbensis</i>	<i>A.mamilla</i>	<i>B.elegantissima</i>	<i>B.britannica</i>	<i>B.spathulata</i>	<i>B.variabilis</i>	<i>B.gibba</i>	<i>B.marginata</i>	<i>C.obtusa</i>	<i>C.lobatulus</i>	<i>E.aculeatum</i>	<i>E.crispum</i>	<i>E.gerthi</i>	<i>E.oceanense</i>	<i>E.williamsoni</i>	<i>G.praegeri</i>	<i>G.millettii</i>	<i>H.germanica</i>	<i>L.halliotidea</i>	<i>Lenticulina sp.</i>	<i>Nodosaria sp.</i>	<i>N.boueana</i>	
#1	0-1	35,3	3,1	56,3				8,6	1,3	0,7	4,0			3,3				6,3				7,6		0,3	0,3		
#2	1-2	37,7	2,9																								
#3	2-3	46,5	2,1	54,9	0,3		0,9	7,9	0,6	3,5	7,3	0,9		2,8				3,8				6,9					
#4	3-4	30,1	10,5																								
#5	4-5	50,6	6,0	69,8			0,3	5,6	0,7	3,3	3,9	1,0		3,9			0,3	1,6	0,7			2,6	0,7				
#6	5-6	39,2	2,8																								
#7	6-7	45,5	3,8	73,5			0,9	5,2		1,2	4,6	0,3		1,5		0,3	0,3	0,9				0,9					
#8	7-8	41,2	5,2																								
#9	8-9	29,1	6,8	80,6		0,3		1,3	0,3	0,9	4,4			3,1				1,3				1,6					
#10	9-10	40,2	7,6																								
#11	10-11	36,5	5,0	80,6		0,3		0,3	0,3	1,0	3,9			2,6		0,3		1,0	0,3			2,3					
#12	11-12	35,3	4,8																								
#13	12-13	27,8	2,4	76,0				2,0	1,0		9,7			2,0				1,0				2,6					
#14	13-14	40,3	1,1																								
#15	14-15	39,4	1,4	66,3		0,6		8,4			6,8	1,3		2,6	0,3			1,0				4,5		1,0			
#16	15-16	36,4	1,1																								
#17	16-17	55,7	2,9	52,6				9,2			7,2	1,3		2,6			0,7	5,3		0,7		8,6					
#18	17-18	47,3	4,8																								
#19	18-19	39,5	5,7	72,5		1,0	0,3	3,0	0,7	1,0	1,7	0,7		4,6		0,7		2,0			5,3		0,3	0,3			
#20	19-20	38,6	6,1																								
#21	20-21	38,3	6,4	60,4	0,3	0,3	1,2	9,1		0,9	7,0	1,5		2,7				0,6	0,3			5,5		0,6			
#22	21-22	52,3	6,7																								
#23	22-23	37,7	4,9	81,0		0,3	1,3	1,9			2,8	0,3		2,5				1,3	0,3			0,9					
#24	23-24	33,8	4,9																								
#25	24-25	40,8	3,6	68,3			0,6	1,0	0,3	0,3	5,8			4,9		0,3		1,9	0,3			3,2					
#26	25-26	39,7	2,7																								
#27	26-27	27,3	3,1	81,1			0,6	2,1		0,3	4,8	0,9		2,4			0,6	1,2	0,3	0,3		1,2					
#28	27-28	39,1	4,7																								
#29	28-29	35,4	5,5	73,3	0,3	0,6	0,8	3,4	0,6	1,1	7,0	0,3	0,3	0,3			0,3	1,1	0,3			2,5					
#30	29-30	48,1	3,8																								
#31	30-31	102,9	32,0	54,1	1,2		0,9	8,1		0,9	8,7	0,3		0,9				1,5				4,2					
#32	31-32	51,3	2,1																								
#33	32-33	50,6	7,3	61,3				2,0		2,3	4,7	0,3						0,7			0,3	4,0					
#34	33-34	62,7	6,2																								
#35	34-35	60,5	11,5	51,1			0,7	5,2	1,5	1,5	2,6			0,7				2,6				7,8		0,4			
#36	35-36	55,1	5,7																								
#37	36-37	41,9	1,5	36,2	0,9		1,7	0,0	4,3	1,7	5,2	0,9	0,9	0,9				0,9		0,9		12,9		0,9			
#38	37-38	40,8	5,3	35,2		2,2		4,4	4,4	2,2	2,2	*	1,1	9,9				2,2			*	6,6					
#39	38-39	35,4	6,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
#40	39-40	42,0	29,2	42,3		0,3	1,3	2,7	1,0	1,7	1,7	2,0	0,7	15,3			0,7	1,7	2,7	1,0		6,7		0,7			
#41	40-41	42,0	37,1	36,3		0,6		0,3	0,3		2,1			28,9			2,9	2,7		1,2		3,5					
#42	41-42	42,0	60,9																								
#43	42-43	42,0	67,5	28,8	2,0	0,6	0,3	4,3	0,6	1,2	4,3			13,8			0,3	4,0	0,6	7,2		3,5		0,3			
#44	43-44	42,0	41,5																								
#45	44-45	42,0	47,1	34,8	0,3	0,5	0,5	2,1	0,5	0,3	2,4	0,5		13,1			14,2	0,5	11,8			4,0		0,3			
#46	45-46	42,0	55,0																								
#47	46-47	42,0	54,6	39,8	0,2	0,7	1,7	1,2	1,2	1,7	3,4	0,5		14,5			0,2	1,2	1,2	8,4		3,9					
#48	47-48	42,0	57,1																								
#49	48-49	42,0	52,4	28,2		0,9		1,4	1,4	2,0	3,4	0,3		21,0			1,4	4,0	0,6	4,3		5,7	0,6			0,3	
#50	49-50	42,0	52,1																								
#51	50-51	42,0	60,5	29,3		0,7	1,0	2,3		0,3	4,3	0,7		21,7			1,3	2,0	1,0	2,7		7,7					
#52	51-52	42,0	66,0																								
#53	52-53	42,0	63,8	30,6	0,3		1,0	2,3	1,7	3,0	5,0			15,3			0,7	0,3	0,3			12,6					
#54	53-54	42,0	70,9																								
#55	54-55	42,0	75,7	24,6				0,5			1,6	0,8	0,3	41,0			0,5	2,5				3,6	0,3				
#56	55-56	42,0	83,5																								

**Tabla 1.** Abundancia relativa de foraminíferos a lo largo del sondeo Abra 4; los porcentajes en azul corresponden a valores entre 5 y 9,9%, y en rojo a más de 10%. Las especies están agrupadas por tipo de caparazón (hialino, aglutinante y porcelanáceo) de izquierda a derecha. En la parte izquierda de la tabla aparecen los datos de profundidad, peso y granulometría de las muestras. En la derecha los porcentajes de foraminíferos marinos y estuarinos, y los correspondientes a cada tipo de caparazón.

																PARÁMETROS										
<i>O.squamosa</i>	<i>O. melo</i>	<i>P.mediterranensis</i>	<i>R.anomala</i>	<i>R.irregularis</i>	<i>S.vivipara</i>	<i>S.fusififormis</i>	<i>U.peregrina</i>	<i>E.scaber</i>	<i>M.fusca</i>	<i>T.inflata</i>	<i>T.ochracea</i>	<i>A.longirostra</i>	<i>M.secans</i>	<i>M.subrotunda</i>	<i>Q.bicornis</i>	<i>Q.lata</i>	<i>Q.oblonga</i>	<i>Q.seminula</i>	Nº individuos	Nº especies	Foraminíferos/15 g	% Estuarinos	% Marinos	% Hialinos	% Aglutinantes	% Porcelanáceos
				8,3				2,3										0,7	302	13	282	79,5	20,5	97,0	2,3	0,7
			1,9	1,9				5,0								0,3			314	16	202	74,5	25,5	94,6	5,0	0,3
			0,7					4,9											305	15	905	80,3	19,7	95,1	4,9	0,0
			2,8					7,1								0,3			325	14	642	80,6	19,4	92,6	7,1	0,3
				0,3		0,3		4,4								0,3	0,9		319	14	428	84,6	15,4	94,4	4,4	1,3
				0,6				3,5					0,3			1,3	1,0	0,3	310	17	827	84,8	15,2	93,5	3,5	2,9
		0,5	0,5					3,6								1,0			196	11	141	81,6	18,4	95,4	3,6	1,0
			2,3	1,0				3,2					0,3				0,3		309	15	588	80,3	19,7	96,1	3,2	0,6
			5,3			2,6		3,9											152	12	50	75,7	24,3	96,1	3,9	0,0
			1,7	0,7			0,3	3,0									0,3		302	19	172	82,8	17,2	96,7	3,0	0,3
				0,6		1,5		6,1										1,2	328	17	2.696	77,4	22,6	92,7	6,1	1,2
				0,3				5,7								0,6	0,6		316	14	2.389	85,4	14,6	93,0	5,7	1,3
			1,6	1,3				6,5								0,3	2,3	1,0	309	17	455	75,7	24,3	90,0	6,5	3,6
			0,3	0,9				2,7									0,3		334	16	643	85,9	14,1	97,0	2,7	0,3
			0,6	0,6		1,7		3,9								0,6	0,6		356	21	829	80,9	19,1	94,9	3,9	1,1
		0,6	0,3	0,6		1,8		3,9								4,8	4,2	3,0	333	18	340	72,1	27,9	84,1	3,9	12,0
				0,7		0,7		15,3			0,3					0,7	4,0	2,7	300	15	219	71,0	29,0	77,0	15,7	7,3
			2,2	2,2	0,4	3,4		16,8									0,7		268	16	97	66,8	33,2	82,5	16,8	0,7
			2,6	17,2		5,2		0,9								0,9	3,4	1,7	116	20	58	52,6	47,4	93,1	0,9	6,0
*	*	*	1,1	13,2	*	6,6	*	2,2	*	1,1	1,1	*	*	*	*	2,2	0,0	2,2	91	18	43	52,7	47,3	91,2	4,4	4,4
			1,3	6,7				0,7	1,0				1,0	1,0		2,3	1,0	2,7	300	25	175	59,0	41,0	90,3	1,7	8,0
		4,1	2,9									1,8	4,4	0,6	1,5	3,5		2,4	339	18	140	43,7	56,3	85,8	0,0	14,2
			3,5	4,0	4,9		1,4	0,3					1,2	0,9	0,3	4,0	2,9	4,9	347	26	421	51,3	48,7	85,6	0,3	14,1
			1,3	3,2	1,6				0,8					2,1			2,4	2,7	374	22	890	57,0	43,0	92,0	0,8	7,2
		0,2		4,9	4,7				0,7			0,2	1,0		0,2	4,2	1,7	2,0	407	25	1.598	58,0	42,0	89,9	0,7	9,3
			4,3	4,0		0,9			1,1			1,1	2,9	0,6	0,9	4,3	3,2	1,1	348	26	2.173	42,5	57,5	84,8	1,1	14,1
			2,0	2,7	2,0	0,3	0,7					0,7	2,3	0,7	0,3	4,0	6,0	3,3	300	25	393	46,3	53,7	82,7	0,0	17,3
			1,3	2,7		1,7						0,7	2,3	1,0		4,7	4,3	8,3	301	21	1.934	54,5	45,5	78,7	0,0	21,3
	0,3	1,6	4,4	3,8								0,8	2,5	1,4	0,8	2,5		6,3	366	20	1.176	35,0	65,0	85,8	0,0	14,2

**Table 1.** Relative abundance of foraminifera along the Abra 4 core; blue colour percentages correspond to values between 5 and 9,9%, and in red over 10%. The species are grouped by type of shell (hyaline, agglutinated and porcelaneous) from left to right. Data of depth, weight and particle size of the samples are represented on the left side of the table. On the right side, percentages of marine and estuarine foraminifera, and percentages of each type of shell.

Total caparazones/Total tests: 8748  
Total especies/Total species: 42

*Foraminíferos bentónicos*

La Tabla I contiene los resultados completos del análisis micropaleontológico para el sondeo Abra 4, del que se han extraído y clasificado un total de 8.748 caparazones pertenecientes a 42 especies en un total de 30 muestras analizadas. La representación de las diferentes especies identificadas aparece expresada como porcentaje. El valor de foraminíferos por 15 g de sedimento seco representa un valor estandarizado que posibilita la comparación entre las diferentes muestras. La naturaleza marina o estuarina de los caparazones indica la procedencia de los individuos cuantificados, de igual modo que el tipo de caparazón,

Analyte Symbol	<b>Al</b>	<b>Ag</b>	<b>As</b>	<b>Au</b>	<b>Ba</b>	<b>Be</b>	<b>Bi</b>	<b>Ca</b>	<b>Cd</b>	<b>Ce</b>
Unit Symbol	%	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Detection Limit	0,01	0,1	1	100	1	1	0,1	0,01	0,1	1
Analysis Method	TD-MS									
A4/0-1	6,6	2,6	48	< 100	325	3	2,9	5	1	56
A4/1-2	6,4	1,6	32	< 100	335	3	2,8	4,8	1	49
A4/2-3	7,4	1,3	31	< 100	363	3	2,7	4,5	0,9	62
A4/3-4	7,5	1,3	37	< 100	361	3	3	4,7	0,9	65
A4/4-5	7,4	1,7	34	< 100	370	3	3,2	4,6	1,2	66
A4/5-6	7,4	2,7	49	< 100	364	3	4,7	4,6	3,4	65
A4/6-7	7,3	2,5	45	< 100	373	3	4,2	4,6	3,2	65
A4/7-8	6,1	3,6	107	100	325	3	7,3	6,7	8,3	60
A4/9-10	6,9	3,8	105	< 100	353	3	7,5	4,6	7,2	63
A4/12-13	7,5	2,9	229	< 100	381	3	16,6	3	6,7	69
A4/15-16	7,3	1,1	48	< 100	394	3	5,3	1,8	1,3	66
A4/18-19	6,2	1,5	56	< 100	330	3	3,5	4,8	1,3	56
A4/21-22	6,8	2,1	58	< 100	343	3	4,5	4,7	3,2	60
A4/24-25	7,1	4	83	100	357	3	6,8	4,4	7,4	65
A4/28-29	6,7	4,3	92	< 100	338	3	7,5	4,7	9,8	62
A4/32-33	6,6	2,1	81	< 100	344	3	5,5	2,5	3,7	62
A4/36-37	6,7	2	186	100	374	3	16,9	3,1	4,6	63
A4/40-41	5,5	1,8	182	100	354	2	8,2	7,6	1,6	51
A4/44-45	4,7	1,4	117	< 100	338	2	3,8	11	0,8	47
A4/48-49	4,8	1,6	170	< 100	387	2	6,4	10,3	0,9	49
A4/52-53	2,3	0,7	44	< 100	128	1	1	15,6	0,2	28
Analyte Symbol	<b>P</b>	<b>Rb</b>	<b>Pb</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Sb</b>	<b>Sc</b>	<b>Sn</b>
Unit Symbol	%	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection Limit	0,001	0,1	0,1	1	0,01	1	0,1	0,1	1	0,1
Analysis Method	TD-MS									
A4/0-1	0,1	111	167	< 1	0,6	338	0,5	1,5	8	26,6
A4/1-2	0,1	102	162	< 1	0,5	357	1	1	8	27,8
A4/2-3	0,1	129	156	< 1	0,5	306	0,3	0,9	8	22
A4/3-4	0,1	130	172	< 1	0,6	327	< 0,1	0,7	9	26,1
A4/4-5	0,1	129	181	< 1	0,6	308	0,4	1,1	9	30,6
A4/5-6	0,1	124	253	< 1	0,7	359	0,7	1,9	8	43,5
A4/6-7	0,1	126	221	< 1	0,7	359	0,8	1,8	9	40,6
A4/7-8	0,1	103	393	< 1	0,7	410	6,8	4,3	7	75,4
A4/9-10	0,1	113	348	< 1	0,7	404	5,1	4,2	8	82,3
A4/12-13	0,2	125	583	< 1	0,6	399	3	7,4	11	69,8
A4/15-16	0,1	123	241	< 1	0,4	274	1	2,2	9	21,6
A4/18-19	0,1	104	204	< 1	0,5	320	1,9	1,7	7	28,8
A4/21-22	0,1	114	242	< 1	0,7	333	1,5	2,7	8	47,4
A4/24-25	0,1	120	338	< 1	0,7	370	4,1	5	9	68,8
A4/28-29	0,1	114	349	< 1	0,8	346	4,6	4,7	9	75,8
A4/32-33	0,1	110	256	< 1	0,5	278	1,8	3,1	8	35,1
A4/36-37	0,1	114	701	1	0,5	483	4,4	3,7	9	66,7
A4/40-41	0,1	92,5	679	< 1	0,7	452	2,1	5,6	7	32,3
A4/44-45	0,1	81,2	509	< 1	0,7	495	4,3	3,6	6	22,9
A4/48-49	0,1	84,1	625	< 1	0,7	484	2,5	4,6	6	24,6
A4/52-53	< 0,001	40,2	136	< 1	0,6	347	1,2	1,3	3	11,8

**Tabla 2.** Resultados del análisis de metales a lo largo del sondeo Abra 4.

siendo los hialinos más propios de ambientes estuarinos y los aglutinantes y porcelanáceos característicos del medio marino abierto.

El testigo Abra 4 contiene el registro de dos tramos bien diferenciados dominados por dos Asociaciones de Foraminíferos (AF) diferentes. En primer lugar, AF1, desde 56 a 39 cm, con un número abundante de caparazones (media 989, rango 140-2173 individuos/15 g) y un número elevado de especies (media 23, rango 26-18). Esta asociación está constituida por una mezcla de formas marinas (media 50%) y estuarinas (media 50%), con el dominio de las especies *Ammonia tepida* (media

Co	Cr	Cu	Cs	Fe	Hf	K	La	Li	Na	Nb	Ni
ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
0,2	1	0,1	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1
TD-MS											
9,3	101	121	8,1	3,3	1,9	1,6	27,4	59,9	1,7	0,6	31,4
9,9	120	125	8,7	3,4	2,3	1,7	23,6	64,4	1	6,8	34,7
10,4	107	125	9,8	3,6	2,1	1,9	30,5	69,1	0,8	2,7	36
10,4	106	133	10	3,7	1,9	1,9	31,8	68,5	1,2	0,4	35,2
9,9	120	140	9,9	3,5	1,9	1,9	32,3	69,2	1,4	0,5	34,3
10,7	209	197	9,7	3,8	2	1,8	31,3	67,9	1,5	1	36,2
10,1	133	174	9,6	3,7	2	1,8	31,1	67,9	1,6	0,9	36,2
10,7	143	257	8	4,4	2,1	1,5	29	57,3	1,2	12,3	33,3
11,9	151	258	8,5	4,6	2,1	1,7	30,7	62,7	1,5	13,6	36,8
15,2	167	429	9,6	6,3	2,1	1,9	32,7	68	1,6	7,2	38,2
13	67	124	8,5	4,1	2,2	1,9	31,9	63,1	1,1	1	29,4
9,9	116	137	7,9	3,5	2,4	1,6	26,6	57,9	1,2	9,5	31,9
10,4	126	217	9	3,9	2,3	1,7	28,7	64,6	1,8	7	36,4
11,2	139	255	9,3	4,4	2,3	1,7	31,4	66,2	1,4	12,7	38,6
10,3	140	291	9	4,4	2,2	1,7	29,7	63	2,2	12,4	37,6
11,4	95	164	7,8	3,8	2,1	1,7	29,4	56,9	1,2	3,9	30,8
14,6	157	316	8,5	5,8	2,1	1,7	30,1	64,7	1,3	4,6	44,8
8,8	80	214	7,4	4,8	1,4	1,3	25	52,7	1,3	10,8	44,8
6,5	54	161	6,5	4,1	1,2	1,1	23	45,5	1	8,3	19,9
7,1	64	175	6,8	4,3	1,2	1,1	23,7	47,3	1	8,9	19,6
3,5	26	47,3	3,1	2	0,6	0,5	13,5	25	0,9	4,1	9,7
Sr	Ta	Th	Ti	Ti	U	V	W	Y	Zn	Zr	
ppm	ppm	ppm	%	ppm							
1	0,1	0,1	0,001	0,05	0,1	4	0,1	0,1	1	0,1	
TD-MS											
258	< 0,1	10,3	0,3	0,7	2,6	65	0,1	11,1	397	65,8	
247	0,2	9,1	0,4	0,7	2,5	85	0,3	11,4	403	88,7	
236	0,2	11,3	0,3	0,8	2,7	79	0,9	12,8	402	82,8	
258	< 0,1	11,9	0,2	0,7	2,9	56	< 0,1	13,3	434	64	
254	< 0,1	12	0,3	0,8	3,5	66	0,1	13	464	66,4	
247	< 0,1	11,6	0,3	0,9	4	71	0,1	12,8	632	74,3	
251	< 0,1	11,5	0,3	0,8	3,7	77	0,1	12,3	573	70,2	
385	1,1	10,3	0,4	1,1	4,1	102	2,4	11,8	923	75,6	
264	1,2	11,1	0,5	1,1	4,5	107	2,2	12,5	964	81,4	
223	0,2	12	0,6	1,5	8,4	176	1,3	13,1	1420	80,8	
149	< 0,1	11,9	0,5	1,1	3,7	80	0,1	13	409	77,1	
251	0,3	10	0,4	0,7	2,9	84	0,7	11,6	449	95	
265	0,3	10,8	0,4	0,9	3,4	85	1	12,3	631	81,9	
258	1	11,3	0,5	1,1	4,2	107	2,5	12,9	840	89,6	
271	1	10,7	0,5	1,1	3,9	107	2,6	13	892	84,3	
171	< 0,1	11	0,5	1,1	4	87	1	12,2	528	77,5	
180	0,1	11,1	0,6	2,4	6,8	100	0,4	12	843	80,6	
482	1,7	8,7	0,3	0,9	3,3	108	2,4	11,3	1010	55,1	
714	0,7	7,6	0,2	0,6	2,4	80	1,8	10,5	863	42	
658	1,1	8,3	0,3	0,7	3,3	93	2,3	11,9	976	50,1	
1020	0,3	4,4	0,1	0,2	1,4	37	0,7	8,2	234	24,5	

**Table 2.** Results of metal analysis throughout the Abra 4 core.

32,7%), de origen estuarino, y *Cibicides lobatulus* (20,5%), de origen marino. En otros términos, los caparazones extraídos muestran un predominio de las formas hialinas (media 86%) seguido de un valor destacable de caparazones de naturaleza porcelanacea (13%) (Tabla I). Por su parte, AF2, presente desde los 39 a 0 cm, se caracteriza por una cantidad abundante de caparazones pero algo más moderada que en el tramo anterior (media 57; rango 43–2.696 individuos/15 g), así como por registrar un número de especies también inferior (media 16; rango 11–21). Esta asociación se compone de caparazones de origen estuarino en su mayor parte (77,5%), con *A. tepida* (65,8%) como único taxón dominante. Los 5 cm basales de esta AF2 (39-34 cm) presentan una destacable caída en el número de individuos (61 individuos/15 g) en comparación con la tendencia general (Tabla I).

### Metales

Los resultados del análisis geoquímico aplicado a las muestras del sondeo Abra 4 aparecen ilustrados en la Tabla II, evidenciando unos valores de concentración muy elevados para los diferentes elementos analizados.

La Figura 5 contiene la gráfica de variación de los valores de Cu, Pb y Zn en profundidad, elementos con resultados de elevada correlación entre sí para este testigo ( $p > 0,6$ ) y representativos de la tendencia geoquímica general. Esta tendencia muestra una morfología irregular con picos de aumento en la concentración a diferentes profundidades, destacando el máximo de Pb (701 mg/kg) a 36 cm de profundidad y el de Cu y Zn a 12 cm (429 y 1420 mg/kg respectivamente). Los últimos 5 cm, representativos del material más superficial y reciente, muestran una contrastada tendencia de descenso en los valores, con el registro de las concentraciones más bajas del testigo.

### Datación radiométrica

Los resultados de la datación de la secuencia sedimentaria de Abra 4, obtenidos mediante el análisis de radionúclidos, aparecen en la Tabla III.

Profundidad cm	Inventario - Pb ex. Bq/m <sup>2</sup>	T (tiempo) Años	Acumulación másica Kg/ m <sup>2</sup> año	Tasa sedimentación cm/año	Fecha Años	Incertidumbre
2	23386,9	1,9	7,7	1,1	2013	0,3
4	22009,2	3,2	11,2	1,6	2012	0,3
6	21171,5	4,5	11,3	1,6	2011	0,4
8	20344,0	6,1	8,6	1,2	2009	0,5
10	19327,9	7,8	9,1	1,2	2007	0,5
12	18345,3	9,9	8,0	1,0	2005	0,6
14	17162,5	12,3	6,7	0,9	2003	0,6
16	15923,5	14,4	7,3	1,0	2001	0,7
18	14910,9	16,0	9,3	1,3	1999	0,6
20	14198,4	18,4	7,2	0,9	1997	0,7
22	13162,3	20,5	8,2	1,0	1994	0,7
24	12332,6	22,5	7,4	1,0	1992	0,7
26	11588,0	24,9	6,8	0,9	1990	0,7
28	10743,3	27,0	6,5	1,0	1988	0,7
30	10081,6	28,7	6,3	1,2	1986	0,7
32	9557,3	30,4	7,4	1,2	1985	0,7
34	9065,1	31,7	10,8	1,6	1983	0,7
36	8712,7	32,8	14,2	1,8	1982	0,7
38	8417,6	33,7	11,4	2,1	1981	0,6
40	8166,4	34,7	13,7	2,0	1980	0,6
42	7914,4	35,3	16,3	3,7	1980	0,6
44	7782,8	35,9	12,2	3,5	1979	0,6
46	7642,5	36,6	10,6	2,8	1978	0,5
48	7470,2	37,7	7,9	1,8	1977	0,4
50	7213,7	38,9	9,2	1,7	1976	0,4
52	6945,1	39,7	9,5	2,6	1975	0,4
54	6780,0	40,4	9,6	2,8	1975	0,2
56	6631,5	41,7	7,0	1,6	1973	0,2

**Tabla 3.** Resultados de la medida de radionúclidos y datación radiométrica del testigo Abra 4. Se incluyen también los valores de la variación de la tasa de sedimentación en profundidad.

**Table 3.** Results of the measurement of radionuclides and radiometric dating of the Abra 4 core. Values of variable sedimentation rate with depth are also included.

Las medidas de las concentraciones de  $^{210}\text{Pb}$  en el testigo muestran que éstas disminuyen con la profundidad, siendo sus valores significativamente mayores que las medidas de  $^{226}\text{Ra}$  pero sin alcanzar el equilibrio entre ambas, indicando que el  $^{210}\text{Pb}$  ex no ha decaído completamente. La aplicación de un modelo como el CRS, que permite datar las diferentes capas del testigo, requiere el conocimiento del inventario total de  $^{210}\text{Pb}$  ex, que aquí se desconoce debido a que éste no se llega a anular en la base de la secuencia. Para solventar esta limitación, se ha realizado una estimación del inventario restante a partir de la concentración medida de  $^{210}\text{Pb}$  ex en la última capa del testigo y de la tasa de acumulación másica, asumiendo que ésta es prácticamente constante en el tramo inicial y calculándose con un ajuste de regresión lineal. El inventario así estimado se suma al calculado previamente, pudiéndose aplicar el modelo CRS.

La base del sondeo ha sido, de este modo, datada en el año  $1973 \pm 2$  años, abarcando la totalidad de la secuencia un periodo total de 40 años. Las fechas obtenidas para cada sección del testigo muestran la evolución temporal de la tasa de sedimentación a lo largo del tiempo que, a grandes rasgos, se caracteriza por unos valores muy elevados.

### 3.2. Testigo Abra 6

#### Sedimentología

Este sondeo consta de una longitud total de 50cm. Texturalmente es muy homogéneo, con una composición general muy fangosa. Como muestra su contenido en arena, incluido en la Tabla IV, los valores para las diferentes muestras se mantienen muy bajos, con una media del 2,3%. La representación gráfica de la variación de este parámetro en profundidad, ilustrado en la Figura 6, evidencia que la sección en su totalidad constituye un único intervalo IP1 de carácter altamente fangoso.

#### Foraminíferos bentónicos

La Tabla IV muestra los resultados completos del análisis micropaleontológico realizado en el sondeo Abra 6, del que se han extraído y clasificado un total de 7170 caparazones pertenecientes a 41 especies en el total de 25 muestras analizadas.

El testigo Abra 6 mantiene un registro microfaunístico bastante homogéneo y estable a lo largo de todas sus muestras. En general, las variaciones existentes son de escasa intensidad y vinculadas a leves fluctuaciones en el porcentaje de representación de alguna de las especies dominantes identificadas, manteniéndose el dominio de una asociación similar a lo largo de toda la secuencia. Destaca, además, la elevada diversidad de especies existente (media 25) dentro de unos valores moderados de concentración de caparazones (media 180 ind./15g). Las especies dominantes a lo largo de todo el testigo son *A. tepida* (media 20,7%), *Bolivina britannica* (14%) (ambas estuarinas) y *Rosalina irregularis* (10,3%) (marina), representativas de una asociación mixta entre términos marinos (59,7%) y estuarinos (40,3%). Hacia los niveles más superficiales de la secuencia tiene lugar un destacable aumento en la representación de las especies marinas *Bolivina spathulata* (12%) y *Bulimina gibba* (11%), que se sitúan entre el grupo de las dominantes y aportan un constatable aumento en el carácter marino de la asociación. Denominaremos AF1 a esta asociación faunística. El único tramo que muestra un contraste más marcado con respecto a los valores característicos de AF1 se encuentra entre los 44 y 34 cm de profundidad, donde se registra un pico de intenso aumento en la concentración de caparazones (media 2361 ind./15g). Las especies *R. irregularis* y *Rosalina anomala* dominan por completo la asociación (41,4 %), con la consiguiente polarización del parámetro de naturaleza de los caparazones hacia el término marino, con valores entre el 70 y el 80% observables a la vista de la representación gráfica de la Figura 6 y de los valores de la Tabla IV. Estas características se diferencian de los parámetros establecidos para la AF1 anteriormente definida, permitiéndonos establecer una clara distinción para este tramo y la presencia aquí de una AF2.

%ESPECIES FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS																												
Muestras	Prof. (cm)	Peso (g)	% Arena	<i>A. tepida</i>	<i>A. humblensis</i>	<i>A. mamilla</i>	<i>B. elegantissima</i>	<i>B. britannica</i>	<i>B. difformis</i>	<i>B. spathulata</i>	<i>B. variabilis</i>	<i>B. gibba</i>	<i>B. marginata</i>	<i>C. obtusa</i>	<i>Cibicides sp.</i>	<i>E. aculeatum</i>	<i>E. crispum</i>	<i>E. gerthi</i>	<i>E. oceanense</i>	<i>E. williamsoni</i>	<i>F. lucida</i>	<i>G. praegeri</i>	<i>G. millettii</i>	<i>H. germanica</i>	<i>L. haliotidea</i>	<i>Lenticulina sp.</i>	<i>Nodosaria sp.</i>	
#1	0.1	45,8	1,5	21,3		2,2		18,7	0,4	12,4	3,4	10,9	2,6	2,6	5,6			0,4	1,9	0,4				4,1		0,7		
#2	1.2	43,3	1,4																									
#3	2.3	41,2	1,1	18,8	0,3	1,2	0,9	25,9		13,1	4,2	11,6	1,8	3,0	1,8			0,3	1,5		0,3			0,6		0,3	0,3	
#4	3.4	37,4	1,3																									
#5	4.5	55,9	1,1	14,2	1,0	0,6		18,4	0,6	15,9	2,3	9,7	3,2	1,6	3,6			1,6	0,6	1,0		0,6		1,9		0,6		
#6	5.6	44,3	0,7																									
#7	6.7	33,8	0,8	17,4	0,7	0,7	0,3	18,8	0,3	12,9	3,5	17,1	2,8	0,7	4,2			1,0	0,7	0,7		0,3	0,7	1,7			0,3	
#8	7.8	37,3	0,7																									
#9	8.9	33,6	0,8	12,3	0,3		0,3	18,2		13,5	4,7	11,0	3,8	0,9	6,3				0,9		0,6	1,6		2,5		0,3		
#10	9.10	32,0	1,1																									
#11	10.11	21,1	0,9	9,0		0,7	0,7	13,6		17,3	3,3	14,0	2,0	3,0	3,7			0,7	1,3			0,7	0,7	6,3		1,0	0,3	
#12	11.12	34,6	1,1																									
#13	12.13	67,1	0,9	17,8				14,8	0,6	13,2	7,1	7,1	2,5	0,6	3,4				0,9	0,3		0,9	1,2	3,4		0,3		
#14	13.14	40,5	1,2																									
#15	14.15	42,1	0,9	20,3	0,4			11,0	0,4	9,7	8,1	6,8	0,8	1,3	5,5		0,4	1,7	2,1		0,8	1,7	0,8	2,1		0,4	0	
#16	15.16	32,9	1,4																									
#17	16.17	60,0	1,1	18,5	2,3	0,3	1,0	15,6		8,3	3,3	12,9	1,0	2,0	3,3			0,7	1,3	0,7		0,3	0,3	4,3		1,0		
#18	17.18	47,2	1,3																									
#19	18.19	19,6	1,3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
#20	19.20	44,0	1,0																									
#21	20.21	49,3	1,4	23,2	1,0	1,5	0,5	16,0	2,1	8,2	2,1	10,8	1,5	1,0	5,7			1,5	1,5	1,5		1,0	0,5					
#22	21.22	43,9	1,4																									
#23	22.23	18,4	2,3	18,0	2,8			11,8	1,1	10,7	2,8	10,1	1,1	1,7	5,6			1,7				2,2		2,8				
#24	23.24	38,1	1,5																									
#25	24.25	37,5	1,7	25,3	2,0	1,0	0,3	8,3	0,7	7,3	5,3	14,3	0,7	0,7	8,7			1,3	1,0	1,0	0,3	0,7		0,3		0,7		
#26	25.26	58,5	1,7																									
#27	26.27	50,5	1,8	20,1	1,7	1,0	0,7	6,6	0,7	8,3	4,0	13,9	0,7	2,0	5,0			1,0	1,3	1,0		1,3	0,7	4,3		0,3		
#28	27.28	23,0	1,7																									
#29	28.29	46,8	1,6	18,3	1,0	0,6		7,1	1,0	5,8	4,2	3,9	0,6	2,3	7,7			1,9	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	3,5	0,6			
#30	29.30	31,5	2,2																									
#31	30.31	44,0	2,0	27,4	0,3	0,3	0,3	5,5	0,6	4,5	2,6	7,1		1,0	2,9			0,3	0,6	0,3	0,3	1,3	1,6	2,3			0	
#32	31.32	49,8	2,4																									
#33	32.33	41,8	3,1	16,8		1,7		12,2	0,7	6,6	2,0		0,7		9,9			1,3	0,3	1,0		2,6	1,0	3,0	0,3		0	
#34	33.34	44,0	3,3																									
#35	34.35	29,9	5,2	9,4	0,3	1,3		2,3	0,3	3,6	1,6	1,0		0,7	11,1			1,3	1,0	0,3	0,3	3,6	1,0	4,2	0,3		0	
#36	35.36	58,4	8,2																									
#37	36.37	31,2	4,4	8,6		1,3		5,1	2,5	2,9		1,0		1,3	4,8			1,6	1,0		1,0	1,0	1,0	3,8				
#38	37.38	30,2	3,2																									
#39	38.39	49,9	3,4	10,2		1,7		6,9	1,7	5,9	4,0	1,3		1,3	4,3				1,0	0,7	0,3	1,3	1,7	2,0	0,3		0	
#40	39.40	38,6	5,1																									
#41	40.41	31,3	5,8	11,9	0,3	1,0		10,6	2,0	3,0		2,6	0,7		7,0			2,6		1,3		1,7	0,7	3,3			0	
#42	41.42	56,3	4,3																									
#43	42.43	41,4	3,7	11,0	0,7	0,7		7,3	2,0	3,7	2,7	2,3		1,3	12,0			2,0	0,3	1,0	0,7	2,0	1,0	2,3				
#44	43.44	39,9	3,6																									
#45	44.45	45,6	3,0	14,9	0,5	0,8		14,1	1,3	3,5	2,1	4,8	1,1	0,8	8,0		0,3	0,5	0,3	0,8		2,7	0,5	0,8	0,3		0	
#46	45.46	18,2	3,8																									
#47	46.47	45,6	2,9	32,4		0,3		11,4	0,6	5,1	3,2	4,4		0,6	6,0			1,0	0,3	0,3		0,3		0,3				
#48	47.48	27,1	3,9																									
#49	48.49	28,4	3,5	30,3		0,3		13,5	1,0	4,9	2,3	3,6	1,0	0,7	6,6			0,7	0,3			0,7	0,3	0,7	0,3		0,3	
#50	49.50	29,8	3,0																									

**Tabla 4.** Abundancia relativa de foraminíferos a lo largo del sondeo Abra 6; los porcentajes en azul corresponden a valores entre 5 y 9,9%, y en rojo a más de 10%. Las especies están agrupadas por tipo de caparazón (hialino, aglutinante y porcelanáceo) de izquierda a derecha. En la parte izquierda de la tabla aparecen los datos de profundidad, peso y granulometría de las muestras. En la derecha los porcentajes de foraminíferos marinos y estuarinos, y los correspondientes a cada tipo de caparazón.

																PARÁMETROS												
<i>n. boueana</i>	<i>O. squamosa</i>	<i>O. melo</i>	<i>P. mediterraneensis</i>	<i>R. anomala</i>	<i>R. irregularis</i>	<i>S. vivipara</i>	<i>S. fusiformis</i>	<i>U. peregrina</i>	<i>E. scaber</i>	<i>J. niacrescens</i>	<i>M. fusca</i>	<i>T. inflata</i>	<i>T. ochracea</i>	<i>A. longirostra</i>	<i>M. secans</i>	<i>M. subrotunda</i>	<i>Q. bicornis</i>	<i>Q. lata</i>	<i>Q. oblonga</i>	<i>Q. seminula</i>	Nº individuos	Nº especies	Foraminíferos/15 g	% Estuarinos	% Marinos	% Hialinos	% Aglutinantes	% Porcelanáceos
		0,4		0,7	4,5		0,7	0,4	5,2								0,4				267	22	42	46,4	53,6	94,4	5,2	0,4
				7,4			0,9		3,6								1,5	0,6	0,3		336	23	163	47,6	52,4	94,0	3,6	2,4
	0,3	0,3		3,2	8,7	0,6	1,6		4,9						0,3		0,6	1,0	0,6		309	28	110	37,9	62,1	92,6	4,9	2,6
				1,0	9,4		0,7		2,1								0,7	0,7	0,3		287	26	198	40,4	59,6	96,2	2,1	1,7
				0,6	12,6		0,6		6,3									1,3	1,3		318	21	378	36,2	63,8	91,2	6,3	2,5
					7,6		4,7		4,7			0,3					1,3	1,7	1,7		301	24	71	32,2	67,8	90,4	5,0	4,7
				2,5	12,0		0,9		8,0						0,3		0,9		1,2		325	22	85	38,5	61,5	89,5	8,0	2,5
4				2,1	12,7	0,8	0,8		6,4						0,8			0,8	0,4		236	26	47	37,3	62,7	91,5	6,4	2,1
				0,7	5,3		7,0		7,9					0,7	0,3			1,0			302	24	50	42,7	57,3	90,1	7,9	2,0
*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*	67	14	34	-	-	-	-	-
		0,5	0,5	2,6	3,1		1,0		10,8								0,5	1,0			194	25	69	43,3	56,7	87,6	10,8	1,5
				6,7	6,7				11,8								0,6	0,6	1,1		178	20	161	36,5	63,5	86,0	11,8	2,2
				4,3	7,3		2,7		3,3			0,7					0,3	1,0	0,3		300	27	759	39,3	60,7	94,3	4,0	1,7
				5,0	10,2		2,3		4,6					0,3	0,7			0,7	0,7	1,3	303	28	165	36,3	63,7	91,7	4,6	3,6
				6,1	21,2		1,9		4,5	0,3				0,6	0,3		1,0	1,0	1,9		311	27	221	33,4	66,6	90,4	4,8	4,8
3			0,3	8,1	16,1	0,3	0,3		10,0	0,3			0,6	1,0			1,0	1,6	0,6		310	30	235	38,4	61,6	84,8	11,0	4,2
3	0,3		0,3	4,3	18,5		3,3		11,9			0,3					0,7				303	22	261	33,7	66,3	87,1	12,2	0,7
3	0,3		1,3	16,6	25,7	0,7			2,0			0,3		0,3	1,3	2,0		2,0	2,0	1,6	307	30	821	19,9	80,1	88,6	2,3	9,1
			1,3	15,9	34,6	0,3	1,0		1,3	0,3		0,3		0,6	1,3		2,9	1,0	2,9		315	27	8.674	22,9	77,1	89,5	1,9	8,6
7			1,0	13,2	29,7	1,0	0,3		0,3	0,7				0,3	1,0	1,3		2,0	1,3	2,6	303	29	304	24,4	75,6	90,4	1,0	8,6
3				14,2	25,8		2,3		1,0					0,3	2,3		1,0	1,7	2,3		302	24	627	29,8	70,2	91,4	1,0	7,6
			0,3	4,7	26,6	3,0	0,7		2,3	0,3		0,7		0,3	0,7	0,3		2,0	3,0	2,3	301	31	1.381	26,6	73,4	88,0	3,3	8,6
3			0,5	2,9	19,7	1,1	1,3		5,3	0,5				0,5	0,8		3,5	2,7	2,9		376	32	247	34,8	65,2	83,8	5,9	10,4
				5,7	11,4		0,6		7,3					0,6	0,6		3,2	2,2	1,9		315	23	230	46,7	53,3	84,1	7,3	8,6
				3,3	14,5	0,3	1,0		5,6	0,3				0,3				3,0	2,6	1,6	304	27	257	46,7	53,3	86,5	5,9	7,6

**Table 4.** Relative abundance of foraminifera along the Abra 6 core; blue colour percentages correspond to values between 5 and 9,9%, and in red over 10%. The species are grouped by type of shell (hyaline, agglutinated and porcelaneous) from left to right. Data of depth, weight and particle size of the samples are represented on the left side of the table. On the right side, percentages of marine and estuarine foraminifera, and percentages of each type of shell.

Total caparazones/Total tests: 7170  
Total especies/Total species: 45

Metales

Los resultados del análisis geoquímico realizado al sondeo Abra 6 aparecen ilustrados en la Tabla V, evidenciando unos altos valores de concentración en metales, pero contrastadamente inferiores a los obtenidos para el testigo Abra 4.

La Figura 6 incluye la gráfica de variación de las concentraciones de Cu, Pb y Zn en profundidad; elementos que, al igual que para el testigo anterior, mantienen unos resultados de elevada correlación entre sí a lo largo de toda la secuencia y resultan representativos de la tendencia geoquímica general. Esta tendencia muestra una morfología de línea decreciente hacia los niveles más superficiales, con una progresiva caída de los valores de concentración de los diferentes elementos analizados en el sedimento hacia las muestras más recientes. Como podemos observar en la Figura 6, las muestras más antiguas, por debajo del nivel de 34 cm de profundidad, registran los valores más elevados para todo el testigo (Cu 146-202 mg/kg; Pb 222-374 mg/kg; Zn 512-772 mg/kg), con el pico máximo entre

Analyte Symbol	Al	Ag	As	Au	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce
Unit Symbol	%	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Detection Limit	0,01	0,1	1	100	1	1	0,1	0,01	0,1	1
Analysis Method	TD-MS									
A4/0-1	6	0,9	29	< 100	327	3	2,2	4,3	0,7	50
A4/2-3	6,3	1,1	37	< 100	350	3	2,9	4,3	0,9	52
A4/4-5	6,4	1,1	38	< 100	366	3	3,9	4,7	0,8	53
A4/6-7	7,4	1,4	36	< 100	362	3	2,9	4,5	1	64
A4/8-9	7,2	1,3	33	< 100	348	3	2,8	4,6	1,1	63
A4/10-11	7,2	1,2	39	< 100	345	3	2,9	4,6	0,8	63
A4/12-13	6,7	1,2	34	< 100	332	2	2,7	4,3	1,2	60
A4/14-15	6,7	1,2	30	< 100	324	3	2,4	3,8	1,3	60
A4/16-17	6,1	1,1	33	< 100	282	3	2,2	3,6	1,2	52
A4/20-21	5,9	1,2	29	< 100	291	2	2,3	3,95	1,3	52
A4/24-25	6,8	1,5	45	< 100	322	3	2,8	4,8	1,8	59
A4/28-29	6,5	2,1	48	100	324	3	4	4,8	2,5	57
A4/32-33	5,5	2,3	57	< 100	278	2	3,9	4,7	2,3	51
A4/36-37	5,4	1,9	91	< 100	269	2	5,1	3,8	2,8	50
A4/40-41	5,05	2,2	112	< 100	276	2	6,9	4,85	3,1	47
A4/44-45	5,9	3,1	107	< 100	303	2	7	4,9	4	53
A4/48-49	5,9	4,2	68	< 100	317	2	5,3	5,1	6,4	54
Analyte Symbol	P	Rb	Pb	S	Mg	Mn	Mo	Sb	Sc	Sn
Unit Symbol	%	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection Limit	0,001	0,1	0,1	1	0,01	1	0,1	0,1	1	0,1
Analysis Method	TD-MS									
A4/0-1	0,1	105	132	< 1	0,7	282	1,6	1,7	7	22,5
A4/2-3	0,1	105	161	< 1	0,6	314	1,5	1,6	7	25,8
A4/4-5	0,1	109	164	< 1	0,7	331	29,9	2,3	8	34,6
A4/6-7	0,1	129	167	< 1	0,7	333	1,8	2,6	9	27,5
A4/8-9	0,1	127	171	< 1	0,6	361	0,4	1,2	8	28,1
A4/10-11	0,1	128	167	< 1	0,7	354	1,7	2,4	8	27
A4/12-13	0,1	120	160	< 1	0,6	341	0,7	1,3	8	25,6
A4/14-15	0,1	118	143	< 1	0,6	283	0,8	1,3	8	25,4
A4/16-17	0,1	106	129	< 1	0,6	259	1,7	1,9	7	22,3
A4/20-21	0,1	104	130	< 1	0,65	251	1,8	2,3	7	20,6
A4/24-25	0,1	119	172	< 1	0,8	314	2,6	2,9	8	25,9
A4/28-29	0,1	114	220	< 1	0,7	338	2,2	3	8	31,6
A4/32-33	0,1	96,3	222	< 1	0,7	339	2,2	2,9	7	31,8
A4/36-37	0,1	93,1	292	< 1	0,6	379	1,8	3,5	7	30,5
A4/40-41	0,1	85,4	374	< 1	0,55	450	1,9	4,3	6	37,5
A4/44-45	0,2	96,5	374	< 1	0,7	459	2	5,1	7	50,8
A4/48-49	0,1	102	276	< 1	0,7	378	2,6	4,1	8	68,8

**Tabla 5.** Resultados del análisis de metales a lo largo del sondeo Abra 6.

los 44 y 40 cm de profundidad. De igual modo que sucedía en el sondeo Abra 4, la zona más superficial, en este caso los últimos 3 cm, registra las concentraciones más bajas para la mayoría de los elementos analizados.

#### 4.- DISCUSIÓN

El Abra de Bilbao representa un medio sedimentario complejo, con una dinámica mixta entre estuarina y marina/cochera somera gobernada por procesos de diversa naturaleza que actúan a diferente escala y son fluctuantes en el tiempo. Su ubicación intermedia entre el canal mareal de la ría de Bilbao y el mar abierto condiciona que la dinámica del Abra se vea influenciada por las corrientes y aportes procedentes de ambos medios, así como por sus procesos sedimentarios. El carácter submareal natural de este entorno hace, por otro lado, que las condiciones ambientales generales presenten una cierta estabilidad a lo largo del tiempo.

Co	Cr	Cu	Cs	Fe	Hf	K	La	Li	Na	Nb	Ni
ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
0,2	1	0,1	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1
TD-MS											
8,1	91	90,1	8,3	2,9	2,1	1,6	24,1	59,9	2	9,9	26,5
8,5	105	105	8,7	3,3	2,3	1,6	24,7	62,8	1,5	12,1	30,6
9,3	103	133	9	3,5	2,3	1,7	25	64,1	2	10,9	32,5
9,5	89	113	9,7	3,6	2,2	1,8	31	67,7	2	6,3	31,6
9,9	114	115	9,6	3,7	2	1,8	30,9	68,2	1,7	0,6	33,3
9,7	108	114	9,8	3,7	2,1	1,8	31	67,7	1,8	6,1	33,4
9	103	107	9,2	3,5	1,9	1,7	29	64,6	1,8	1,2	30,9
8,7	102	106	9	3,3	1,8	1,7	28,9	63,1	1,4	1	31
7,9	88	95,7	8,1	2,9	1,7	1,5	25,8	56,8	1,5	4,9	30
8,1	94	97,2	7,9	2,85	1,8	1,45	25,1	56	1,7	10,9	29
9	97	121	9	3,4	2,1	1,7	28,8	63,7	2,2	12,5	32
8,8	101	132	8,9	3,7	1,9	1,6	27,8	63,9	1,9	9,7	31,8
8,2	106	133	7,4	3,4	1,8	1,4	24,8	53,6	1,5	8,9	28,6
8,4	87	146	7,4	3,8	1,6	1,3	24,1	53,7	1,4	10,2	26,2
8,3	98	177	6,6	4,3	1,7	1,25	22,8	48,4	1,25	9,7	25,5
8,8	118	202	7,6	4,3	1,8	1,4	25,4	54,1	1,6	11,7	29,2
8,7	132	189	7,8	3,7	1,9	1,5	25,7	57,1	1,9	11,7	32
Sr	Ta	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr	
ppm	ppm	ppm	%	ppm							
1	0,1	0,1	0,001	0,05	0,1	4	0,1	0,1	1	0,1	
TD-MS											
247	0,4	9,7	0,4	0,7	2,2	80	1,8	10,6	313	76,8	
237	0,7	9,7	0,4	0,7	2,6	88	1,4	11,2	373	84,6	
273	0,3	9,9	0,4	0,7	2,6	93	2	11,3	401	95,1	
270	0,2	11,4	0,4	0,7	3	95	1,3	12,6	405	84,1	
269	< 0,1	11,2	0,3	0,7	3,1	75	0,1	12,5	402	71,9	
281	0,1	11,3	0,4	0,7	2,7	96	1,3	12,3	398	78,6	
259	< 0,1	10,7	0,3	0,7	2,6	73	0,1	11,6	389	68,8	
225	< 0,1	10,6	0,3	0,7	2,6	71	0,1	11,5	381	62,6	
217	< 0,1	9,4	0,3	0,6	2,4	76	1,1	9,9	333	64,7	
233	0,8	9,3	0,3	0,65	2,3	80	2,3	9,9	349	68,8	
277	1,1	10,8	0,4	0,7	2,8	93	2,5	12	449	81,7	
267	0,6	10,3	0,4	0,8	2,9	96	2,1	11,4	497	83,2	
263	0,4	8,9	0,4	0,7	2,8	85	2	10,1	512	65,2	
231	0,8	8,7	0,4	0,9	2,4	89	2,1	9,6	603	62,1	
270	0,9	8,4	0,4	0,95	2,3	96	2	10	743	61,7	
278	1,2	9,2	0,4	1	2,5	101	2,3	10,6	772	67,9	
298	1	9,2	0,4	0,9	2,5	93	2,3	10,7	698	71,3	

**Table 5.** Results of metal analysis throughout the Abra 6 core.

Al no existir un flujo de vertido directo al Abra, su grado de contaminación resultará dependiente de la mayor o menor implicación de la descargas procedentes de medios que sí han sufrido una contaminación por vertido directo. El canal mareal de la Ría de Bilbao ha estado afectado de manera constante por el vertido de desechos y contaminantes desde finales del siglo XIX hasta, prácticamente, la actualidad, por lo que asumimos la potencialidad de este medio como punto de procedencia de los elementos contaminantes registrados en el material sedimentario del Abra. Durante el desarrollo industrial de esta región el vertido directo de residuos industriales a la costa (escorias) ha resultado una práctica bastante frecuente, de lo cual encontramos evidencias actuales en entornos costeros como playas de Tunelboca y Gorrondatxe, que registran la acumulación y cementación de estos materiales residuales. Por lo tanto, a pesar de no disponer de un registro histórico completo sobre la frecuencia en el tiempo con la que se realizaron estos vertidos, distancia de la costa a la que se efectuaban o cantidad concreta de residuos expulsados, debemos considerar una posible contención de contaminantes en los aportes al Abra procedentes del medio marino abierto, entorno que, a priori, supondríamos exento de contaminación de tipo industrial.

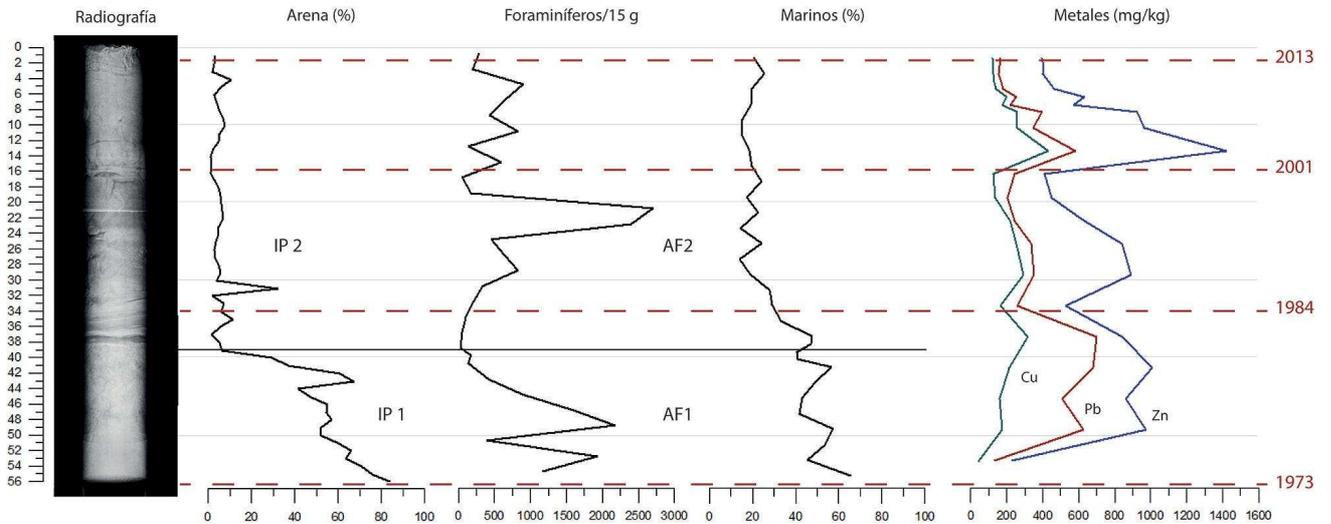
Con el fin de cuantificar el nivel de contaminación existente en los sedimentos analizados, los valores obtenidos del análisis geoquímico se contrastarán con las directrices para la caracterización del material dragado de la Comisión Internacional de Estrategias Marinas (2015). En ellas se establecen tres Niveles de Acción (A, B o C) en función del rango en el que se encuentren las concentraciones de metales, de manera que el grado de contaminación va en aumento desde el nivel A al C, estableciéndose tres correspondientes categorías de caracterización para el sedimento con igual nomenclatura (A, B y C).

#### 4.1. Testigo Abra 4

El sondeo Abra 4 se realizó en la zona media/final de la trayectoria de la corriente vaciante de transporte en "sentido horario", en el margen derecho del Abra (Fig. 2). Este testigo contiene materiales arenosos con partículas de un tamaño elevado y muestra unos valores de sedimentación altos (Tabla III). El material de este testigo representa, por lo tanto, un contexto de predominio de la sedimentación sobre el transporte por progresiva pérdida de energía de la corriente de reflujo que arrastra, tanto materiales de la ría en primera instancia, como materiales marinos incorporados a su paso por la zona más próxima al punto de conexión marina.

La cantidad de caparazones por muestra para las dos asociaciones faunísticas definidas es elevada, con una destacable representación general de individuos de talla grande, aspecto especialmente constatable para la AF1, de naturaleza marina, asociada a los materiales de tamaño arena de la IP1. Este primer tramo coincidente para la sedimentología y la microfauna (Fig. 5) es representativo de un contexto de alta energía en la zona de depósito por un elevado influjo de las corrientes y aportes procedentes del medio marino que incrementan la cantidad de individuos registrados. Los caparazones se comportan, así, como partículas incluidas en la corriente de transporte que experimentan una selección por tamaños en función del contexto energético sedimentario. Temporalmente, estos primeros 17 cm basales se asocian a la década de 1970 (Fig. 5). Atendiendo a los resultados de geoquímica, la concentración en metales supera el Nivel de Acción B para todo el tramo e incluso el Nivel de Acción C para el Pb a comienzos de los 1980s. El registro sedimentario de estos niveles de contaminación evidenciaría, por un lado, una intensa implicación de la descarga procedente de la ría en la dinámica de circulación y sedimentación del Abra. *Ammonia tepida*, capaz de sobrevivir bajo condiciones extremas de contaminación química y térmica (Alve, 1995) es la especie estuarina dominante en este tramo, lo cual apunta a la existencia de un contexto ambiental degradado. Por otro lado, la naturaleza sedimentológica y microfaunística marina de este primer tramo (IP1 y AF1) podría indicarnos un origen también marino para las altas concentraciones de metales registradas en estos sedimentos. Los posibles eventos de vertido de residuos acontecidos antes de o durante la década de 1970 habrían sido responsables de la contaminación de estos materiales marinos de forma previa a su transporte y depósito en el Abra.

El cambio en la asociación microfaunística dominante, desde un origen marino (AF1) a una procedencia fundamentalmente estuarina (AF2), coincide de forma clara con la variación drástica en la naturaleza del material sedimentario registrado, siendo ahora de tipo fangoso (IP2) (Fig. 5). Este hecho resulta indicativo de una transición en la dinámica sedimentaria, que pasa a estar dominada por los mecanismos y aportes procedentes de la ría. El tramo entre los 33 y 8 cm comprende el lapso de tiempo



**Figura 5.** Correlación de los diferentes indicadores estudiados. De izquierda a derecha: Radiografía del testigo, granulometría de los materiales (porcentaje de arena), cantidad de foraminíferos por 15 gramos de muestra seca original, porcentaje de caparazones de procedencia marina, concentración de metales (Cu, Zn y Pb) en mg/kg y datación radiométrica (años) de los materiales del sondeo Abra 4. Se muestran asimismo las 2 zonas definidas en este sondeo en base a sus características sedimentológicas (IP) y micropaleontológicas (AF).

**Figure 5.** Correlation of different proxies. From left to right: X-ray radiograph of the core, particle size of materials (percentage of sand), amount of foraminifera for 15 grams of the original dry sample, percentage of marine foraminifera, concentration of metals (Cu, Zn and Pb) expressed in mg/kg and radiometric dating (years) of the Abra 4 core. Two zones are defined according to its sedimentological (IP) and micropaleontological (AF) characteristics.

entre 1984 y 2009, y se caracteriza especialmente por unas concentraciones muy elevadas de metales (Fig. 5). La especie *A. tepida* domina íntegramente esta asociación y su representación es muy elevada (rango entre 51-80%). La pertenencia de la mayor parte de individuos a una especie y, en particular, a esta especie tan adaptable y resistente a condiciones adversas, evidencia un escenario ambiental gravemente afectado y degradado. El aumento exponencial en el registro de caparazones entre los niveles 24 y 20 cm (Fig. 5) se atribuye a parámetros vinculados a la dinámica de depósito del medio, que recibió en ese momento una cantidad elevada de caparazones por algún evento puntual de aporte de material que, a su vez, tuvo un efecto de dilución sobre la concentración en metales, que evidencian un claro descenso en sus valores en estos niveles.

A partir de 2001 la concentración en metales vuelve a ser muy elevada, alcanzando Cu y Zn sus valores máximos para el sondeo. El valor de concentración de Pb supera, por su parte, el Nivel de Actuación C (Fig. 5).

Los 6 centímetros más superficiales (Fig. 5) muestran una tendencia decreciente en los valores de concentración de metales hacia arriba, lo cual nos permite identificar un escenario de recuperación ambiental producto de las medidas de descontaminación aplicadas en la ría durante los últimos años.

## 4.2. Testigo Abra 6

El sondeo 6 fue realizado en la zona de inicio de la corriente de transporte en “sentido horario”, una zona de baja energía en la columna de agua donde los materiales en suspensión que llegan transportados por la ría son puestos en circulación de forma directa. La naturaleza del material de este testigo es extremadamente fangosa y la talla general de los individuos extraídos muy pequeña, acorde al rango sedimentológico general del sondeo, lo cual evidencia de nuevo el comportamiento de los caparazones como partículas incluidas en la corriente y depositadas por tamaños en función de la energía del medio. El depósito registrado en el testigo resultará de la decantación final en profundidad de los material más finos que se mantienen en suspensión una vez el flujo circulatorio ha completado su recorrido y ejercido la descarga previa del material más grueso en puntos anteriores (como el representado en el sondeo Abra 4). La alta diversidad específica existente en Abra 6 podría vincularse a este factor sedimentario, al depositarse en este punto un mayor porcentaje de caparazones pequeños, dentro de los que se encuentran especies como *B. britannica* y *B. spathulata*, ampliamente re-

presentadas en las asociaciones definidas. Característicamente, la representación de individuos marinos en Abra 4 recaía en *C. lobatulus* y especies porcelanáceas (niveles más profundos y arenosos), todas ellas de gran tamaño, llegando los primeros a desarrollar formas de crecimiento aberrantes con respecto a su estructura típica. Por su parte, la representación marina en Abra 6 corresponde en gran medida al género *Rosalina*, con individuos particularmente pequeños (juveniles) con respecto a la talla normal de esta especie.

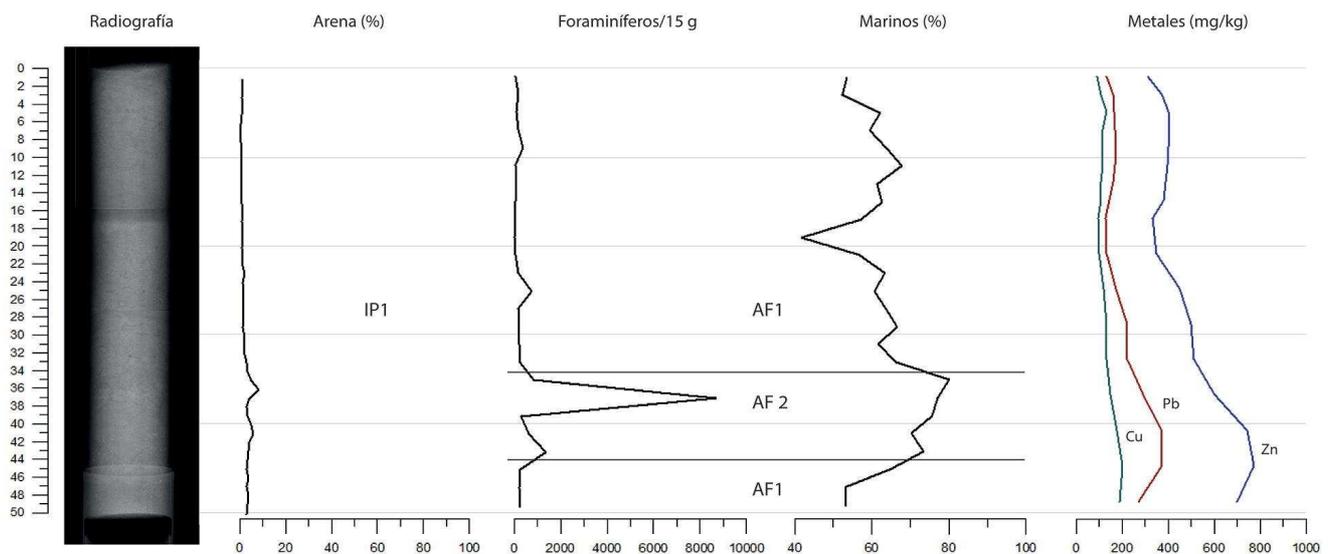
Los altos valores de concentración en metales, que superan prácticamente en la totalidad del registro en Nivel de Actuación B, representan una situación de constante implicación de corrientes de descarga contaminadas. La AF1, imperante de manera bastante regular a lo largo de todo el sondeo (Fig. 6), muestra un contexto de adaptación de especies típicamente estuarinas, como *A. tepida*, a condiciones ambientales adversas.

El cambio puntual de asociación presente a AF2, de carácter marino, y el repentino e intenso aumento en la cantidad de caparazones (Fig. 6) podría atribuirse a un evento excepcional de llegada de aportes procedentes del medio marino a la zona de depósito. La naturaleza del material sedimentario y el tamaño de los caparazones no sufren a pesar de ello variaciones, manteniéndose su carácter fangoso general. La caída en la concentración de metales en estos niveles podría atribuirse a la consecuente dilución generada por la llegada de estos materiales posiblemente menos contaminados. De manera similar, el descenso en los valores de concentración de metales, cantidad de foraminíferos y diversidad de especies observable entre los 21 y 14 cm de profundidad (Fig. 6) representaría un nuevo evento sedimentario de mezcla de materiales de procedencia externa y dilución previa al depósito.

Los 4 últimos centímetros (Fig. 6) evidencian una progresiva disminución en los valores de concentración de metales hacia la superficie, permitiéndonos inferir un escenario de progresiva recuperación ambiental del medio hacia los niveles más modernos.

## 5.- CONCLUSIONES

La degradación de las condiciones ambientales en la Ría de Bilbao durante las últimas décadas tiene representación en el material sedimentario reciente del Abra de Bilbao, caracterizado por unos altos niveles de concentración de metales. La abundancia microfauística en las diferentes asociaciones de



**Figura 6.** Correlación de los diferentes indicadores estudiados. De izquierda a derecha: Radiografía del testigo, granulometría de los materiales (porcentaje de arena), cantidad de foraminíferos por 15 gramos de muestra seca original, porcentaje de caparazones de procedencia marina y concentración de metales (Cu, Zn y Pb) en mg/kg de los materiales del sondeo Abra 6. Se muestran asimismo las 2 zonas definidas en este sondeo en base a sus características micropaleontológicas (AF).

**Figure 6.** Correlation of different proxies. From left to right: X-ray radiograph of the core, particle size of materials (percentage of sand), amount of foraminifera for 15 grams of the original dry sample, percentage of marine foraminifera and concentration of metals (Cu, Zn and Pb) of the Abra 6 core. Two zones are defined according to its micropaleontological (AF) characteristics.

foraminíferos identificadas y su coexistencia con los altos niveles de contaminación no resulta representativa de un parámetro biológico vinculado a su producción primaria; más bien, los caparzones se comportan como partículas transportadas en la corriente de circulación, con diferentes zonas de procedencia (mar abierto o medios mareales) y con un registro dependiente de la dinámica sedimentológica actuante, condicionado por la variación energética en las diferentes zonas del Abra.

Los testigos Abra 4 y Abra 6 contienen un registro sedimentario muy complejo, representativo de una zona con un severo impacto antrópico e implicación de múltiples procesos sedimentarios. No existe una correlación directa en las variaciones de los parámetros para los dos sondeos, siendo cada uno de ellos el producto particular de una dinámica combinada actuante en el punto de depósito e influenciada por una gran cantidad de factores. Estas circunstancias enmascaran y dificultan la reconstrucción en el registro de una historia ambiental completa a nivel local.

La concentración en metales pesados es lo suficientemente elevada como para clasificar estos sedimentos como altamente contaminados, por lo cual sería muy recomendable realizar estudios toxicológicos al respecto. Todos los metales pesados muestran una reducción en sus concentraciones cerca de la superficie, constatando una mejora ambiental causada por la reciente recesión económica y la puesta en marcha de sistemas de tratamiento de aguas residuales. La removilización y resedimentación de estos materiales históricos altamente contaminados podría representar una seria amenaza para el proceso de regeneración ambiental de esta zona costera.

## 6.- AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis directores, Alejandro Cearreta y María Jesús Irabien, la oportunidad de realizar este trabajo y su ayuda durante la realización del mismo. Esta investigación ha sido financiada por el proyecto MINECO ANTROPICOSTA-El registro sedimentario antropoceno en los medios litorales cantábricos (CGL2013-41083-P) y ha contado con los medios materiales y humanos de Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (GV, IT976-16) y la Unidad de Formación e Investigación en Cuaternario (UPV/EHU, UFI11/09). La radiografía de los testigos fue realizada el día 17 de febrero 2016 en el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital de Basurto (Bilbao) por el Dr. Txomin Grande (jefe del servicio), Eva María Gallo (supervisora), Esther Luz y Arkaitz Arteaga (técnicos).

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

ALVE, E.

1995 Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 190-203.

CAJARAVILLE, M.P., ORIVE, E., VILLATE, F., LAZA-MARTÍNEZ, A., URIARTE, I., GARMENDIA, L., ORTIZ-ZARRAGOITIA, M., SEOANE, S., IRIARTE, A. y MARIGÓMEZ, J.

2016 Health status of the Bilbao estuary: A review of data from a multidisciplinary approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 179: 1-11.

CEARRETA, A.

1992 Cambios medioambientales en la Ría de Bilbao durante el Holoceno. *Cuadernos de Sección Historia*, 20: 435-454.

CEARRETA, A., EDESO, J.M. y UGARTE, F.M.

1992 Cambios del nivel del mar durante el Cuaternario reciente en el Golfo de Bizkaia. En: *The late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Cearreta, A. y Ugarte, F.M. (Eds.): 57-94. Servicio Editorial de la UPV/EHU.

CEARRETA, A., IRABIEN, M.J., LEORRI, E., YUSTA, I., CROUDACE, I.W. y CUNDY, A.B.

2000 Recent anthropogenic impacts on the Bilbao estuary, northern Spain: geochemical and microfaunal evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50(4): 571-592.

CEARRETA, A., IRABIEN, M.J., LEORRI, E., YUSTA, I., QUINTANILLA, A. y ZABALETA, A.

2002 Environmental transformation of the Bilbao estuary, N. Spain: microfaunal and geochemical proxies in the recent sedimentary record. *Marine Pollution Bulletin*, 44(6): 487-503.

- CIEM (Comisión Internacional de Estrategias Marinas). 2015. Directrices para caracterizar el material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marino-terrestre. En [http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-mediomarinero/directrices2015\\_tcm7-325119.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-mediomarinero/directrices2015_tcm7-325119.pdf).
- CONSORCIO DE AGUAS
- 1989 *Chequeo y afinado del modelo matemático del estuario del Nervión para el seguimiento del estudio oceanográfico del Abra y su entorno (1988)*. 2 volúmenes y 4 anexos. Bilbao (inédito).
- GARCÍA-MERINO, L.V.
- 1987 *La formación de una ciudad industrial. El despegue urbano de Bilbao*. Instituto Vasco de la Administración Pública, Bilbao: 844 p.
- GOBIERNO VASCO, DIPUTACIÓN FORAL DE VIZCAYA y CONSORCIO DE AGUAS DEL GRAN BILBAO
- 1985 *Estudio oceanográfico del Abra de Bilbao y su entorno*. Bilbao (inédito).
- GOROSTIAGA, J.M. y DÍEZ, I.
- 1996 Changes in sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 130: 157–167.
- GREENPEACE
- 1991 *Verter con otro nombre*. Grafisch Centrum, 1-68. Amsterdam.
- HAZERA, J.
- 1968 La region de Bilbao et son arriere-pays: Etude geomorphologique. *Munibe* 20: 1–358.
- HAYWARD, B. W.
- 1999 *Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment*. Institute of Geological & Nuclear Sciences, Vol. 21, 258 p.
- HAYWARD, B.W., BUZAS, M.A., BUZAS-STEPHENS, P. y HOLZMANN, M.
- 2003 The lost types of *Rotalia beccarii* var. *tepida* Cushman, 1926. *Journal of Foraminiferal Research*, 33, 352-354.
- IRABIEN, M.J.
- 1993 *Minerología y geoquímica de los sedimentos actuales de los ríos Nervión-Ibaizabal, Oka, Butrón y Nive. Índices de Gestión Ambiental*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Leioa.
- ITSEMAP AMBIENTAL, S. A.
- 1990 *Estudio del impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Bilbao en el Abra exterior*. Puerto Autónomo de Bilbao, 5 vols (inédito).
- LEORRI, E. Y CEARRETA, A.
- 2009 El registro geológico de la transformación ambiental de la Ría de Bilbao durante el Holoceno y el Antropoceno. *Munibe*, 26: 1-188.
- LEORRI, E., CEARRETA, A., IRABIEN, M.J. y YUSTA, I.
- 2008 Geochemical and microfaunal proxies to assess environmental quality conditions during the recovery process of a heavily polluted estuary: the Bilbao estuary case (N. Spain). *Science of the Total Environment*, 396(1): 12-27.
- MURRAY, J.W.
- 2001 The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. *Marine Micropaleontology*, 41: 1-7.
- PASCUAL, A. y ORUE-ETXEBARRIA, X.
- 1985 Primeros datos acerca de los foraminíferos encontrados en el estuario de la Ría de Bilbao. *Actas I Reunión Cuaternario Ibérico, Lisboa*, 241-252.
- SÁIZ-SALINAS, J.I., FRANCÉS-ZUBILLAGA, G. e IMAZ-EIZAGUIRRE, X.
- 1996 *Uso de bioindicadores en la evaluación de la contaminación en la Ría de Bilbao*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco UPV/EHU. Bilbao.

SCHWEIZER, M., PAWLOWSKI, J., KOUWENHOVEN, T. y VAN DER ZWAAN, B.

2009 Molecular phylogeny of common cibicidids and related Rotaliida (Foraminifera) based on small subunit rDNA sequences. *Journal of Foraminiferal Research*, 39(4): 300-315.

SEEBOLD, I., LABARTA, C. y AMIGO, J.M.

1982 Heavy metals in the sediments of the Bilbao estuary. In: *Analytical techniques in Environmental Chemistry*. Albaiges, J. (Ed.): 459-463. Pergamon Press. Oxford.

## ANEXO I:

Relación completa de las especies de foraminíferos bentónicos estudiadas en este trabajo, agrupadas según la naturaleza de su caparazón.

### Especies con caparazón aglutinante

*Eggerelloides scaber* (Williamson, 1858)

*Lepidodeuterammia ochracea* (Williamson, 1858)

*Miliammia fusca* (Brady, 1870)

*Trochammia inflata* (Montagu, 1808)

### Especies con caparazón hialino

*Ammonia tepida* (Cushman, 1926)

*Asterigerinata mamilla* (Williamson, 1858)

*Aubignyna hamblensis* Murray, Whittaker & Alve, 2000

*Bolivina britannica* Macfadyen, 1942

*Bolivina difformis* (Williamson, 1858)

*Bolivina spathulata* (Williamson, 1858)

*Bolivina variabilis* (Williamson, 1858)

*Bulimina gibba* Fornasini, 1902

*Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826

*Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839)

*Cassidulina obtusa* Williamson, 1858

*Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob, 1798)

*Cibicides* sp.

*Elphidium oceanense* (d'Orbigny, 1826)

*Elphidium williamsoni* Haynes, 1973

*Elphidium aculeatum* (d'Orbigny, 1839)

*Elphidium crispum* (Linnaeus, 1758)

*Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, 1957

*Favulina melo* (d'Orbigny, 1839)

*Favulina squamosa* (Montagu, 1803)

*Fissurina lucida* (Williamson, 1848)

*Gavelinopsis praegeri* (Heron-Allen & Earland, 1913)

*Grabatella millettii* (Wright, 1911)

*Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840)  
*Lamarckina haliotide* (Heron-Allen & Earland, 1911)  
*Lenticulina* sp.  
*Nodosaria* sp.  
*Nonionoides boueana* (d'Orbigny, 1846)  
*Planorbulina mediterranensis* d'Orbigny, 1826  
*Rosalina anomala* Terquem, 1875  
*Rosalina irregularis* (Rhumbler, 1906)  
*Spirillina vivipara* Ehrenberg, 1843  
*Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1848)  
*Uvigerina peregrina* Cushman, 1923

### **Especies con caparazón porcelanáceo**

*Adelosina bicornis* (Walker & Jacob, 1798)  
*Adelosina longirostra* (d'Orbigny, 1846)  
*Massilina secans* (d'Orbigny, 1826)  
*Miliolinella subrotunda* (Montagu, 1803)  
*Quinqueloculina lata* Terquem, 1876  
*Quinqueloculina seminula* (Linnaeus, 1758)  
*Triloculina oblonga* (Montagu, 1803)

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 7	61-73	LEIOA	2017	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

# La sociedad medieval a partir del osario de Wamba (Valladolid, siglos XII-XVII). Una aproximación desde el estudio de los marcadores musculoesqueléticos

## The medieval society through Wamba's ossuary (12th-17th century). An approach from the study of musculoskeletal markers

**PALABRAS CLAVES:** Osteoarqueología, cambios de las entesis, actividad, forma de vida, Edad Media.  
**KEY WORDS:** Osteoarchaeology, enthesal changes, activity, lifestyle, Middle Ages.

**Uxue PEREZ-ARZAK<sup>(1)</sup>**

### RESUMEN

En este trabajo, hemos estudiado indicadores de actividad de las entesis de restos procedentes del osario de Wamba, Valladolid (siglos XII-XVII). En total, hemos analizado trece marcadores musculoesqueléticos sobre 214 húmeros y diez sobre 152 cúbitos (pertenecientes a adultos-jóvenes y adultos), estableciendo cinco grados de desarrollo según la manifestación morfológica. Los resultados revelan alta presencia de marcadores (superior al 75%) y se detectan más diferencias estadísticamente significativas para el caso del húmero, lo que revela un mayor esfuerzo físico en la serie masculina, aunque no descarta labores arduas en la serie femenina. En conclusión, en esta población hay un patrón muscular bastante homogéneo con pequeñas diferencias que indica cierta división sexual de labores. Es compatible con una forma de vida campesina.

### ABSTRACT

In this study, we present the analysis of enthesal changes in human remains from Wamba's ossuary, Valladolid (12th-17th centuries). In total, thirteen musculoskeletal markers from 214 humeri and ten from 152 ulnae (young-adults and adults) have been studied macroscopically. The results show a high presence of enthesal changes (more than 75%). The humeri show more statistically significant differences, indicating more mechanical loading in the masculine series. Nevertheless, enthesal changes from female series also show hard working. In conclusion, this population have a homogeneous muscular pattern with some differences that point at a sexual division of labour. The results are compatible with agriculture and animal husbandry life style.

## 1.- INTRODUCCIÓN

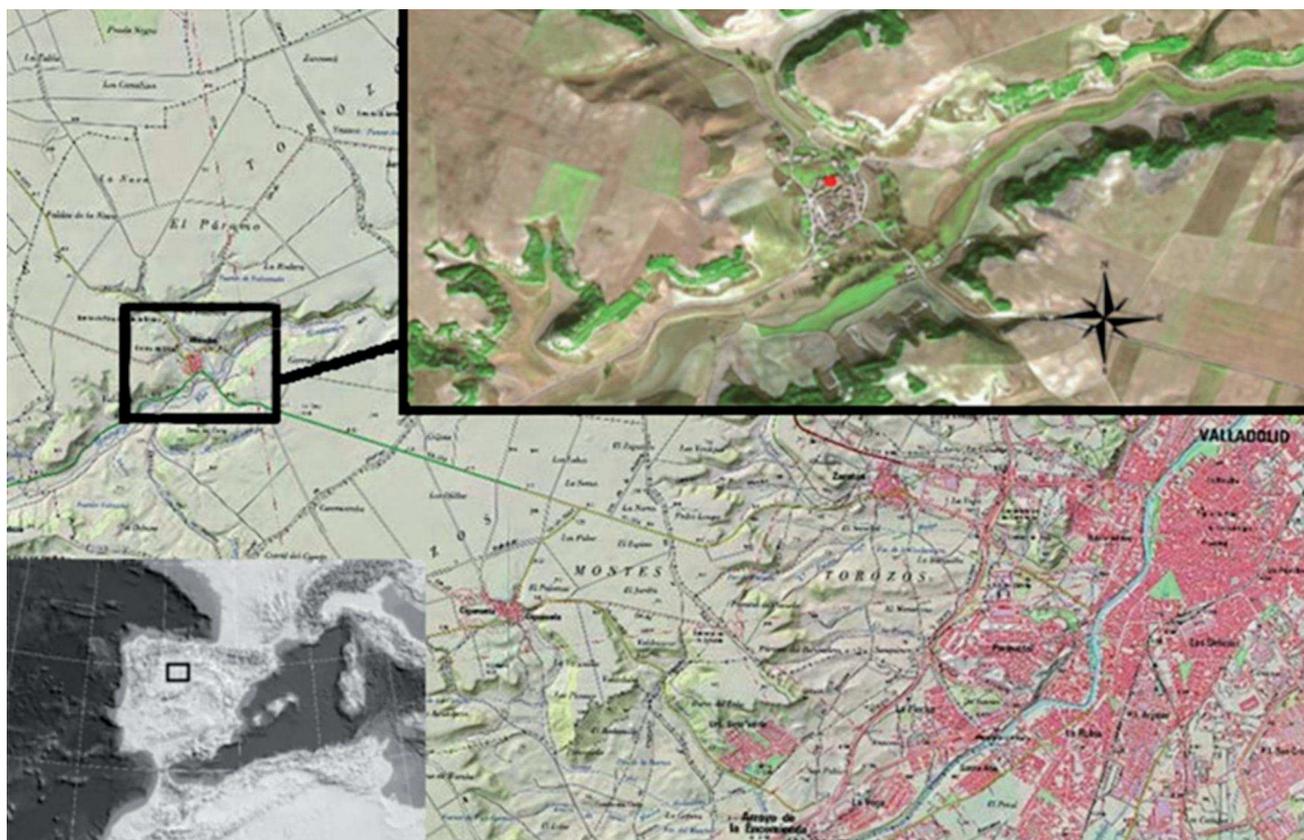
El estudio de los marcadores musculoesqueléticos o cambios de las entesis se basa en la "ley de Wolff", es decir, en la adaptación funcional del hueso (RUFF, 2008). En este trabajo abordamos este análisis sobre restos óseos procedentes del osario del Monasterio de Santa María de Wamba, en Valladolid (Figura 1).

Es un municipio de origen visigodo. Antiguamente era conocido como Gérticos hasta que, en el año 672, en honor a la coronación del rey Wamba, adoptó ese nombre. El monasterio de Santa María fue fundado en el año 928 sobre una antigua iglesia y ocupado inmediatamente por monjes mozárabes. Éstos dirigieron la repoblación de este municipio que permaneció despoblado hasta el siglo X. Aunque son diversas las teorías sobre la funcionalidad del monasterio, la más verosímil, es la que indica que, desde el siglo XII hasta el XVII, los Caballeros Hospitalarios de la Orden de San Juan de Jerusalén lo emplearon como hospital de peregrinos (LÓPEZ-BUEIS, 1998).

Respecto al osario, entendiéndolo como tal "colecciones que involucran un enterramiento secundario periódico y colectivo de individuos previamente enterrados separadamente en otra localización" (OSTERHOLTZ *et al.*, 2013), son escasos los datos existentes. En el siglo XII, con los Caballeros de la Orden de San Juan de Jerusalén, existía ya un osario. Posteriormente, entre los siglos XIII y XVII, las obras de ampliación del monasterio provocaron el levantamiento de las tumbas que lo rodeaban. Estos restos se in-

<sup>(1)</sup> Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Facultad de Letras, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, c/Francisco Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz.  
 Directores: Alvaro Arrizabalaga (Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, UPV/EHU) y Gonzalo J. Trancho (Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad Complutense de Madrid).





**Figura 1.** Localización de Wamba en Valladolid (1:50.000) y ortofoto de detalle (1:25.000). El punto rojo señala la ubicación del Monasterio de Santa María (Instituto Geográfico Nacional).

**Figure 1.** Wamba's location in Valladolid (1:50,000) and detailed orthophoto (1:25,000). Location of Santa Maria's monastery is pointed in red (Instituto Geográfico Nacional).

corporaron al osario inicial. Por ello, en este trabajo, emplearemos el período que discurre entre los siglos XII y XVII como cronología del osario (LÓPEZ-BUEIS, 1998), haciendo hincapié en los años de la Edad Media dado que es probable que la mayoría de los cuerpos correspondan a este período.

En definitiva, se trata de una época en la que las personas dedicaban gran parte de su tiempo al cultivo y cuidado de la tierra. Dentro de la unidad familiar, todos participaban en las actividades del campo (aunque probablemente, la colaboración de las mujeres, los niños y los ancianos se limitaría a momentos de cosecha o vendimia) (MARTÍN CEA, 1986). Además, la ubicación geográfica de la población a estudiar apunta hacia la complementariedad que habría entre Wamba, como aldea campesina, y Valladolid, como centro de intercambios económicos y sociales. Por lo tanto, la hipótesis principal de la que parte este estudio es que se trata de una sociedad mayoritariamente campesina.

Los restos del osario son adecuados para el análisis de las inserciones musculares ya que suponen un número significativo de muestra (214 húmeros, 152 cúbitos) y presentan un buen estado de preservación. El estudio de los cambios de las entesis difícilmente permite la adscripción directa a una profesión concreta (HAVELKOVÁ *et al.*, 2013; LIEVERSE *et al.*, 2009; RHODES y KNÜSEL, 2005; ROBB, 1998). No obstante, se espera encontrar un grado de desarrollo de los marcadores bastante homogéneo dentro de la población de Wamba, con leves diferencias sexuales originadas por la división de labores.

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios de los marcadores musculoesqueléticos se vienen publicando desde los años 80 del siglo XX, en un principio entendidos como cambios morfológicos ocurridos en las entesis que reflejaban la actividad realizada por un individuo durante el transcurso de su vida. Sin embargo, a partir del seminario celebrado en Coimbra en 2009, se les pasó a denominar cambios de las entesis por su compleja

etiología dado que se ha podido observar que son multifactoriales y que el sexo, la edad, la herencia genética, las hormonas, el tamaño corporal, algunas enfermedades e, incluso, la dieta, también pueden ocasionar su presencia (ALVES CARDOSO y HENDERSON, 2010; HENDERSON *et al.*, 2012; RUFF, 2008; VILLOTTE *et al.*, 2016).

Se trata de una adaptación morfológica que ejerce la superficie del hueso ante una carga mecánica. Ésta provoca la reacción de los osteoblastos y osteoclastos, que alteran la disposición y estructura de las osteonas (o sistemas de Havers), modificando macroscópicamente la morfología de la zona afectada (LANYON, 1984; PLATZER, 2009; RHODES y KNÜSEL, 2005; ROBB, 1998; RUFF, 2008). Este cambio morfológico se puede manifestar, bien como una exostosis o creación de tejido óseo (mediante crestas o protuberancias), o bien como una osteolisis que, por el contrario, se trata de la destrucción o pérdida de masa ósea (dejando al descubierto el tejido interno). Dada su compleja etiología y a las muy variadas metodologías empleadas para su estudio (HAWKEY y MERBS, 1995; MARIOTTI *et al.*, 2004, 2007; MYSZKA y PIONTEK, 2012; VILLOTTE, 2006), los análisis biomecánicos aplicados a poblaciones pasadas son una cuestión de debate actual (HENDERSON *et al.*, 2012; JURMAIN *et al.*, 2012). Por ello, uno de los objetivos de este trabajo es aportar más datos a la discusión.

La aplicación de este tipo de análisis a la población de Wamba (siglos XII-XVII) va a permitir detectar el patrón muscular de la extremidad superior de los individuos, así como observar posibles diferencias o similitudes intergrupales. Para ello, hemos realizado el estudio de los cambios de las entesis en un total de 227 húmeros y 166 cúbitos pertenecientes a la población de Wamba de los siglos XII-XVII (Tabla I). No obstante, para los análisis estadísticos se han tenido en cuenta únicamente los adultos y adultos-jóvenes (214 húmeros y 152 cúbitos) ya que las muestras de subadultos son escasas y que los cambios morfológicos de la superficie ósea por cargas mecánicas se ven alterados en ese grupo de edad, durante el crecimiento y debido a la falta de madurez del hueso (VILLOTTE y KNÜSEL, 2014).

Hueso	Sexo	Infantil II	Juvenil	Adulto-Joven	Adulto	Total	Porcentaje de la muestra (%)
HÚMERO	Femenino	-	2	-	72	74	32.6
	Masculino	-	9	-	142	151	66.5
	Alofiso	2	-	-	-	2	0.9
<b>Total</b>		2	11	-	214	227	100
CÚBITO	Femenino	2	2	1	59	102	38.55
	Masculino	0	10	2	90	64	61.45
<b>Total</b>		2	12	3	149	166	100

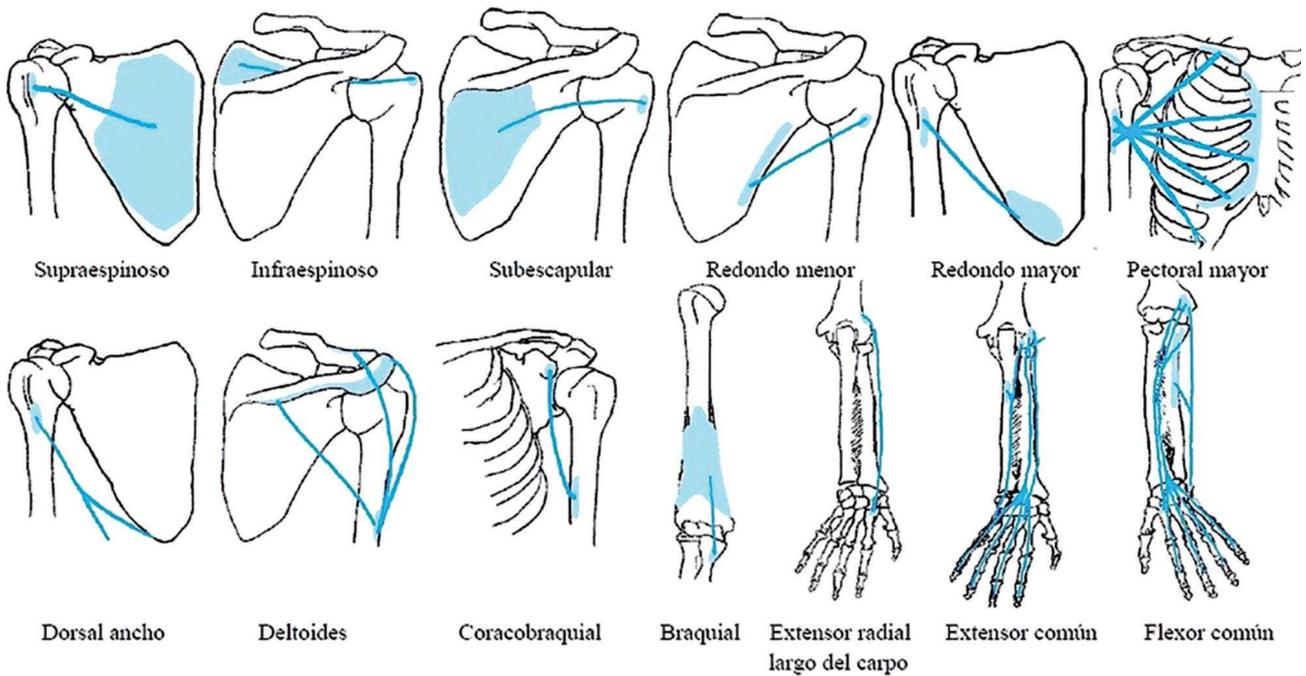
**Tabla 1.** Distribución por sexos y edad de las muestras analizadas de húmeros y cúbitos.  
**Table 1.** Distribution by sex and age of the evaluated samples of humeri and ulnae.

La determinación sexual de las dos muestras está apoyada en los resultados de estudios precedentes (LÓPEZ-BUEIS *et al.*, 2000; TRANCHO *et al.*, 2012).

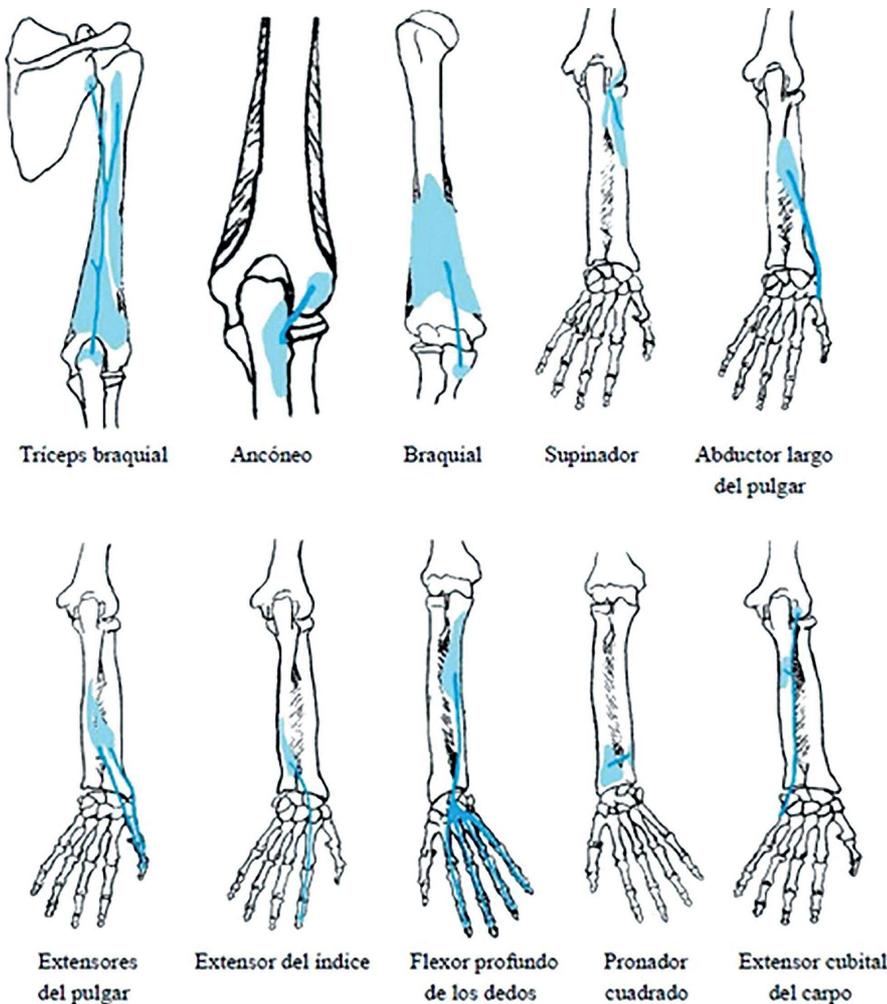
Han sido analizados trece cambios de las entesis para los húmeros (Figura 2) correspondientes a los siguientes músculos: supraespinoso, infraespinoso, subescapular, redondo menor, redondo mayor, pectoral mayor, dorsal ancho, deltoides, coracobraquial, braquial, extensor radial largo del carpo, extensor común y flexor común. En el caso de los cúbitos han sido estudiadas diez entesis (Figura 3), relacionadas con los siguientes músculos: tríceps braquial, ancóneo, braquial, supinador, abductor largo del pulgar, extensores del pulgar, extensor del índice, flexor profundo de los dedos, pronador cuadrado y extensor cubital del carpo.

Se ha llevado a cabo un estudio visual basado en los grados de desarrollo propuestos por Santana (2011):

- Grado 0 - ausencia de expresión
- Grado 1 - expresión incipiente
- Grado 2 - expresión moderada
- Grado 3 - expresión importante
- Grado 4 - expresión patológica



**Figura 2.** Músculos correspondientes a los cambios de las entesis estudiados, muestra de húmeros. Modificadas de Platzer (2009).  
**Figure 2.** Muscles of the respective enthesal changes analysed, humeri sample. Modified illustrations according to Platzer (2009).



**Figura 3.** Músculos correspondientes a los cambios de las entesis estudiados, muestra de cúbitos. Modificadas de Platzer (2009).  
**Figure 3.** Muscles of the respective enthesal changes analysed, ulnae sample. Modified illustrations according to Platzer (2009).

Los huesos analizados presentan un buen estado de preservación, imprescindible para este tipo de estudio.

La recopilación bibliográfica realizada se ha centrado en la época y el entorno social y económico de la población objeto de estudio, basadas mayoritariamente en la tesis doctoral de López-Bueis (1998) y el trabajo de Martín Cea (1986).

Por último, hemos realizado distintos análisis estadísticos mediante SPSS v. 22 para Macintosh. Se han observado las frecuencias en las que aparece cada grado de cada entesis permitiendo observar a gran escala posibles diferencias, tanto sexuales, como de lateralidad. En segundo lugar, se ha empleado el test del chi-cuadrado ( $X^2$ ) para detectar si esas diferencias son o no estadísticamente significativas.

### 3.- RESULTADOS

El estudio estadístico de los grados de desarrollo de los cambios en las entesis se ha realizado únicamente sobre los adultos de la muestra. En la muestra de los húmeros (Tabla II) han sido analizados un total de 142 pertenecientes a varones y 72 correspondientes a mujeres. Las frecuencias de los marcadores musculoesqueléticos registradas para los varones muestran una presencia superior a 84.3%, mientras que las documentadas para las mujeres superan el 75%.

En general, todos los marcadores muestran cierto equilibrio en las frecuencias, tanto para los varones, como para las mujeres. Las diferencias que se advierten son que las frecuencias del Grado 1 son mayores en la serie femenina y, por el contrario, las frecuencias del Grado 3 y 4 son mayores para la serie masculina, en el caso de nueve de las entesis analizadas (supraespinoso, infraespinoso, subescapular, redondo menor, redondo mayor, pectoral mayor, deltoides, coracobraquial y extensor radial del carpo). A pesar de ello, resulta llamativo que las mujeres presentan para algunos (supraespinoso, dorsal ancho y flexor común), frecuencias para el Grado 4 similares al de la serie masculina.

Observando las diferencias sexuales atendiendo a su lateralidad, la distribución de frecuencias es similar a la tendencia general. No obstante, se advierten algunas discrepancias: en presencia-ausencia para el lado derecho (Figura 4), el infraespinoso, el redondo menor y el braquial muestran mayores presencias en la serie femenina. A pesar de ello, los análisis del chi-cuadrado ( $X^2$ ) realizados sobre los porcentajes de todos los grados (0-4), revelan diferencias estadísticamente significativas, y todas mayores en la serie masculina, para el pectoral mayor ( $p=0.000$ ) y el extensor radial largo del carpo ( $p=0.023$ ), quedándose el deltoides cerca ( $p=0.064$ ).

Respecto a las diferencias sexuales para el lado izquierdo (Figura 5), a simple vista la presencia de los cambios de las entesis es mayor en los varones (a excepción del braquial). En cuanto a los resultados del chi-cuadrado ( $X^2$ ) para todos los grados (0-4), señalan múltiples diferencias estadísticamente significativas, todas mayores en la serie masculina: infraespinoso ( $p=0.000$ ), subescapular ( $p=0.012$ ), redondo menor ( $p=0.025$ ), pectoral mayor ( $p=0.001$ ), deltoides ( $p=0.033$ ) y coracobraquial ( $p=0.012$ ).

En cuanto a la lateralidad, no hay una tendencia clara. En la serie femenina parece predominar la presencia para el lado izquierdo salvo dos excepciones (infraespinoso y redondo menor); sin embargo, el test del chi-cuadrado ( $X^2$ ) no detecta ninguna diferencia estadísticamente significativa. En la serie masculina también parece haber más presencia para el lado izquierdo, aunque el test indica tres diferencias estadísticamente significativas que no señalan un lado preferente: subescapular ( $p=0.026$ ) – más en izquierdo –, dorsal ancho ( $p=0.022$ ) – más en derecho – y extensor radial del carpo ( $p=0.033$ ) – sin lado preferente –.

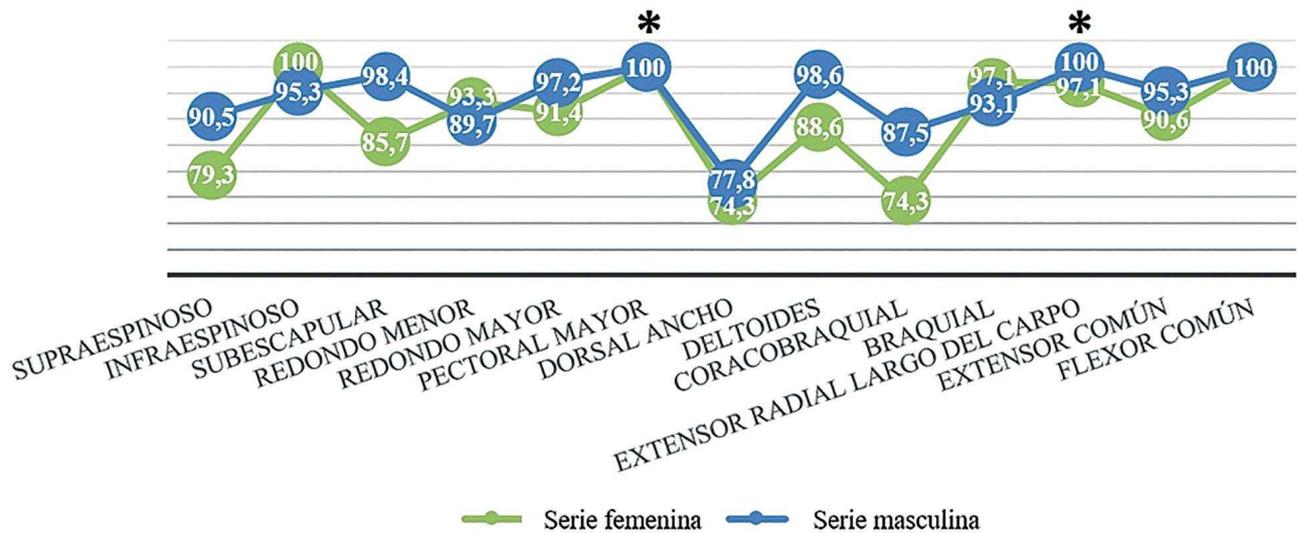
Por otro lado, para la muestra de cúbitos (Tabla III) se han analizado estadísticamente 90 de la serie masculina-adulta y 59 de la serie femenina-adulta. De esta manera, la proporción de sexos indica que por cada mujer hay 1.53 hombres.

En total, las frecuencias de presencia obtenidas de los cambios de entesis para los varones son superiores al 80.7%, mientras que las frecuencias de las mujeres superan el 81.4%. La distribución de los porcentajes de frecuencia de los marcadores muestra equilibrio en el caso de ambos sexos. Esta tendencia es más clara que en el caso de los húmeros. No obstante, aunque a gran escala, se

Entesis	Grados	Serie femenina-adulta				Serie masculina-adulta			
		D		I		D		I	
		n	[%]	n	[%]	n	[%]	n	[%]
Supraespinoso	0	6	20.7	4	11.8	6	9.5	6	10.2
	1	13	44.8	16	47.1	27	42.9	22	37.3
	2	5	17.2	8	23.5	17	27	20	33.9
	3	1	3.4	-	-	3	4.8	3	5.1
	4	4	13.8	6	17.6	10	15.9	8	13.6
Infraespinoso	0	-	-	3	8.8	3	4.7	2	3.3
	1	6	21.4	9	26.5	8	12.5	2	3.3
	2	11	39.3	12	35.3	15	23.4	26	42.6
	3	2	7.1	-	-	8	12.5	10	16.4
	4	9	32.1	10	29.4	30	46.9	21	34.4
Subescapular	0	4	14.3	4	11.4	1	1.6	1	1.5
	1	10	35.7	8	22.9	14	22.2	6	9.2
	2	4	14.3	10	28.6	15	23.8	13	20
	3	5	17.9	4	11.4	15	23.8	9	13.8
	4	5	17.9	9	25.7	18	28.6	36	55.4
Redondo menor	0	2	6.7	6	16.7	7	10.3	6	9.2
	1	21	70	26	72.2	42	61.8	36	55.4
	2	5	16.7	4	11.1	15	22.1	19	29.2
	3	2	6.7	-	-	3	4.4	4	6.2
	4	-	-	-	-	1	1.5	-	-
Redondo mayor	0	3	8.6	1	2.7	2	2.8	-	-
	1	19	54.3	21	56.8	30	41.7	32	47.1
	2	3	8.6	6	16.2	10	13.9	8	11.8
	3	-	-	1	2.7	1	1.4	1	1.5
	4	10	28.6	8	21.6	29	40.3	27	39.7
Pectoral mayor	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	7	20	4	10.8	2	2.8	3	4.3
	2	15	42.9	16	43.2	26	36.1	27	38.6
	3	8	22.9	13	35.1	18	25	19	27.1
	4	5	14.3	4	10.8	26	36.2	21	30
Dorsal ancho	0	9	25.7	9	24.3	16	22.2	6	8.8
	1	12	34.3	10	27	30	41.7	27	39.7
	2	8	22.9	11	29.7	15	20.8	24	35.3
	3	4	11.4	7	18.9	8	11.1	11	16.2
	4	2	5.7	-	-	3	4.2	-	-
Deltoides	0	4	11.4	-	-	1	1.4	-	-
	1	21	60	24	64.9	39	54.2	27	38.6
	2	8	22.9	10	27	21	29.2	32	45.7
	3	2	5.7	3	8.1	11	15.3	11	15.7
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Coracobraquial	0	9	25.7	6	16.2	9	12.5	2	2.9
	1	16	45.7	20	54.1	30	41.7	29	41.4
	2	8	22.9	10	27	26	36.1	31	44.3
	3	2	5.7	1	2.7	7	9.7	8	11.4
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Braquial	0	1	2.9	1	2.8	5	6.9	4	5.7
	1	13	37.1	14	38.9	24	33.3	25	35.7
	2	18	51.4	16	44.4	34	47.2	35	50
	3	3	8.6	5	13.9	9	12.5	6	8.6
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Extensor radial largo del carpo	0	1	2.9	-	-	-	-	-	-
	1	12	35.3	6	17.6	9	13.4	5	7.5
	2	12	35.3	21	61.8	27	40.3	42	62.7
	3	9	26.5	7	20.6	31	46.3	20	29.9
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Extensor común	0	3	9.4	-	-	3	4.7	-	-
	1	2	6.3	7	21.2	13	20.3	10	15.2
	2	16	50	12	36.4	18	28.1	22	33.3
	3	4	12.5	5	15.2	7	10.9	15	22.7
	4	7	21.9	9	27.3	23	35.9	19	28.8
Flexor común	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	6	17.6	4	11.8	10	15.6	6	9.1
	2	17	50	19	55.9	22	34.4	34	51.5
	3	6	17.6	9	26.5	24	37.5	20	30.3
	4	5	14.7	2	5.9	8	12.5	6	9.1

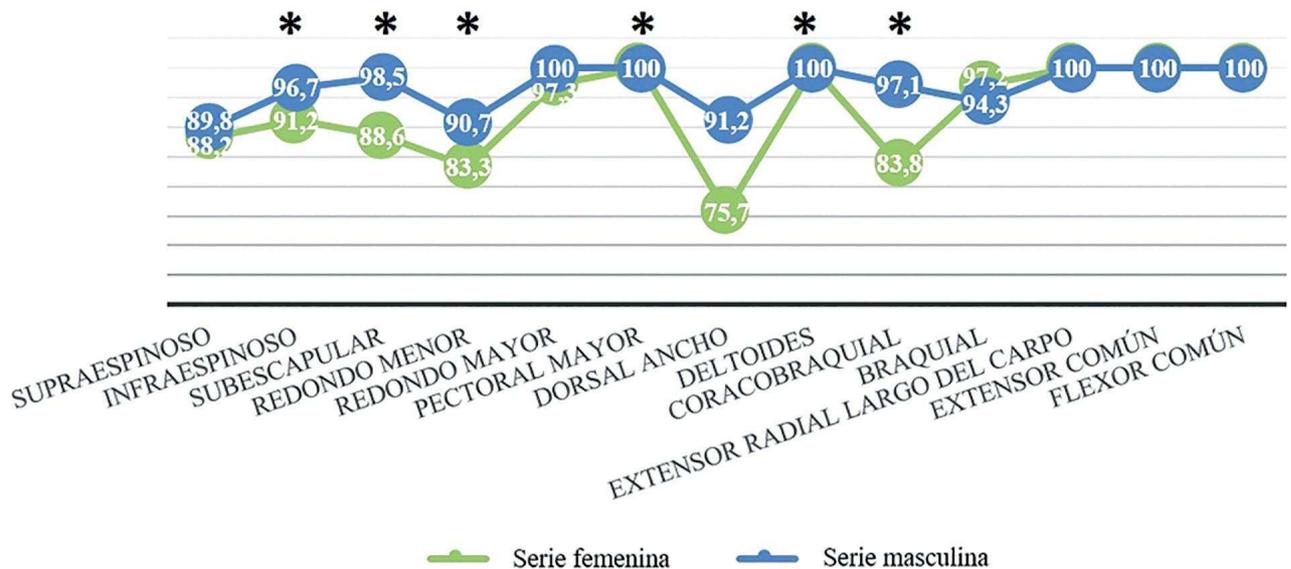
**Tabla 2.** Frecuencias en la manifestación (%) de los cambios de las entesis para la muestra de húmeros por sexos. n = número de casos analizados, D = lado derecho, I = lado izquierdo.

**Table 2.** Frequencies of occurrence (%) of entheses changes in humeri sample by sex. n = number of cases analysed, D = right side, I = left side.



**Figura 4.** Distribución de la presencia de los cambios de las entesis por sexo para el lado derecho, muestra de húmeros. \* = diferencias sexuales estadísticamente significativas.

**Figure 4.** Distribution of the enthesal changes presence by sex for the right side, humeri sample. \* = statistically significant sexual differences.



**Figura 5.** Distribución de la presencia de los cambios de las entesis por sexo para el lado izquierdo, muestra de húmeros. \* = diferencias sexuales estadísticamente significativas.

**Figure 5.** Distribution of the enthesal changes presence by sex for the left side, humeri sample. \* = statistically significant sexual differences.

advierten leves diferencias. Los varones presentan grados más altos de desarrollo (Grado 4) y muestran mayores porcentajes de presencia para los Grados 2 y 3 en el caso del tríceps braquial, ancónleo, supinador, extensor del pulgar, extensor del índice y flexor profundo de los dedos. Por el contrario, las mujeres presentan mayores frecuencias para el Grado 1 en el caso del tríceps braquial, abductor largo del pulgar, extensor del pulgar, extensor del índice, flexor profundo de los dedos, pronador cuadrado y extensor cubital del carpo.

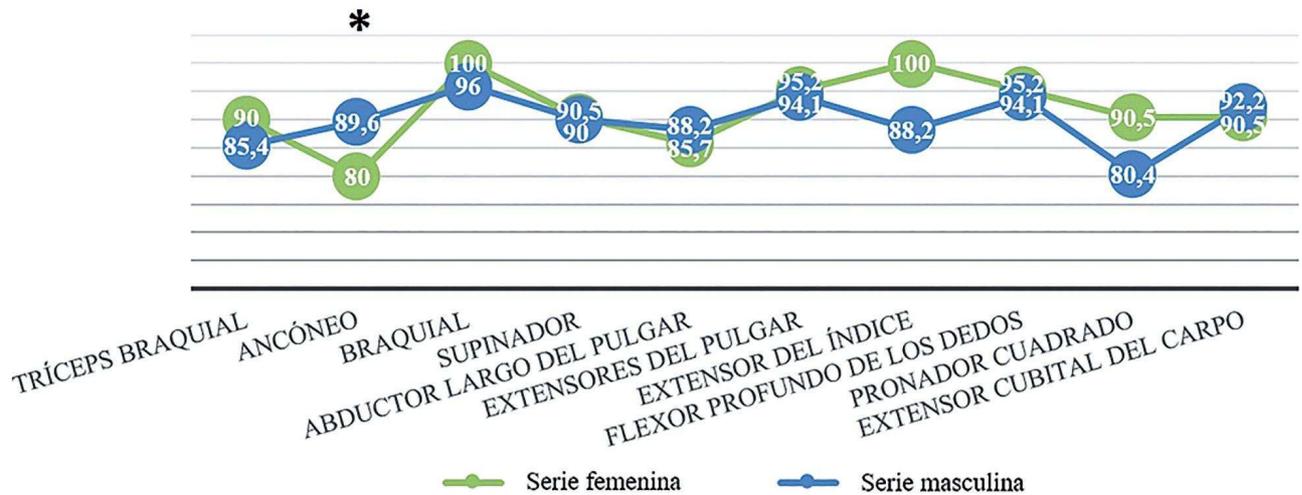
Las diferencias sexuales por lado, en presencia-ausencia, se acentúan puesto que para el lado derecho (Figura 6) las frecuencias de presencia son mayores en mujeres en la mayoría de los casos (en especial, para el tríceps braquial, braquial, extensor del índice, pronador cuadrado). Sin embargo, teniendo en cuenta los distintos grados (0-4), y no las presencias-ausencias, el test del chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) señala únicamente una diferencia estadísticamente significativa: el ancónleo ( $p=0.004$ ), que además es mayor en hombres.

Entesis	Grados	Serie femenina-adulta				Serie masculina-adulta			
		D		I		D		I	
		n	[%]	n	[%]	n	[%]	n	[%]
Tríceps braquial	0	2	10	7	18.9	7	14.6	10	25
	1	8	40	10	27	13	27.1	7	17.5
	2	5	25	13	35.1	10	20.8	9	22.5
	3	4	20	7	18.9	15	31.3	10	25
	4	1	5	-	-	3	6.3	4	10
Ancóneo	0	4	20	7	17.9	5	10.4	3	7.5
	1	12	60	13	33.3	12	25	10	25
	2	3	15	12	30.8	14	29.2	18	45
	3	1	5	7	17.9	17	35.4	9	22.5
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Braquial	0	-	-	1	2.6	2	4	-	-
	1	9	42.9	12	31.6	23	46	21	52.5
	2	5	23.8	12	31.6	11	22	4	10
	3	5	23.8	10	26.3	12	24	8	20
	4	2	9.5	3	7.9	2	4	7	17.5
Supinador	0	2	9.5	5	13.9	5	10	3	7.3
	1	9	42.9	12	33.3	16	32	18	43.9
	2	8	38.1	18	50	20	40	15	36.6
	3	2	9.5	1	2.8	9	18	5	12.2
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Abductor largo del pulgar	0	3	14.3	3	7.7	6	11.8	6	14.6
	1	9	42.9	17	43.6	21	41.2	19	46.3
	2	6	28.6	15	38.5	19	37.3	15	36.6
	3	3	14.3	4	10.3	5	9.8	1	2.4
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Extensores del pulgar	0	1	4.8	5	12.8	3	5.9	1	2.4
	1	7	33.3	19	48.7	13	25.5	19	46.3
	2	10	47.6	12	30.8	29	56.9	18	43.9
	3	3	14.3	3	7.7	6	11.8	3	7.3
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Extensor del índice	0	-	-	10	25.6	6	11.8	7	17.1
	1	7	33.3	17	43.6	20	39.2	16	39
	2	11	52.4	9	23.1	16	31.4	11	26.8
	3	3	14.3	3	7.7	9	17.6	7	17.1
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Flexor profundo de los dedos	0	1	4.8	2	5.1	3	5.9	4	9.8
	1	7	33.3	16	41	19	37.3	14	34.1
	2	10	47.6	14	35.9	19	37.3	19	46.3
	3	3	14.3	7	17.9	10	19.6	4	9.8
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Pronador cuadrado	0	2	9.5	7	17.9	10	9.8	4	9.8
	1	13	61.9	12	30.8	21	34.1	21	51.2
	2	5	23.8	16	41	14	46.3	11	26.8
	3	1	4.8	2	5.1	5	9.8	2	4.9
	4	-	-	2	5.1	1	-	3	7.3
Extensor cubital del carpo	0	2	9.5	6	15.4	4	7.8	4	9.8
	1	10	47.6	19	48.7	21	41.2	21	51.2
	2	7	33.3	14	35.9	21	41.2	11	26.8
	3	2	9.5	-	-	5	9.8	5	12.2
	4	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla 3.** Frecuencia en la manifestación (%) de los cambios de las entesis para la muestra de cúbitos por sexos. n = número de casos analizados, D = lado derecho, I = lado izquierdo.

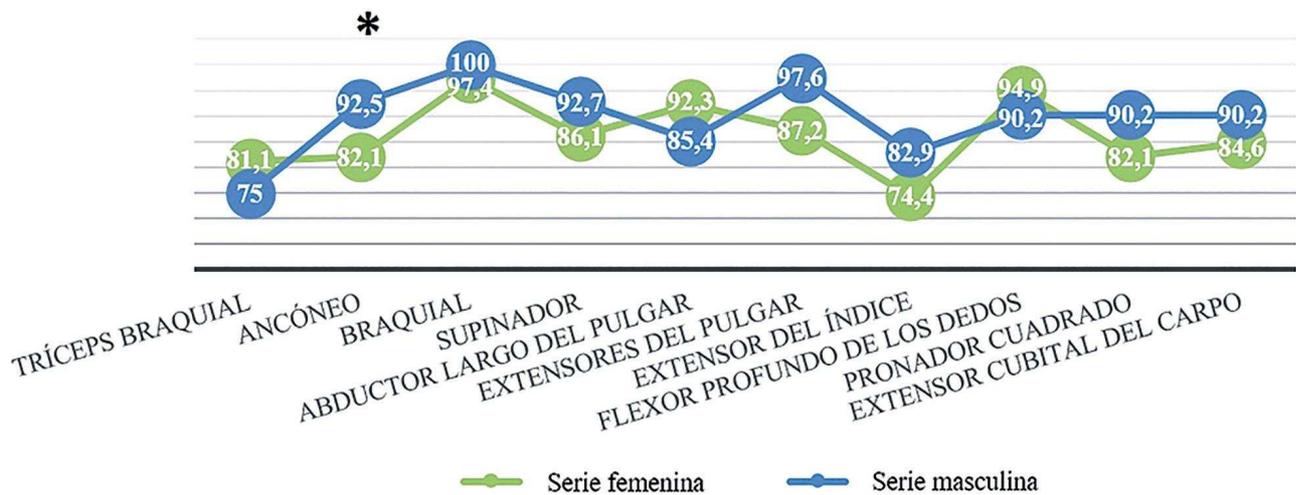
**Table 3.** Frequencies of occurrence (%) of enthesal changes in ulnae sample by sex. n = number of cases analysed, D = right side, I = left side.

Respecto al lado izquierdo (Figura 7), pasa lo contrario. Esto se debe a que en presencia-ausencia la mayoría de las frecuencias – ancóneo, braquial, supinador, extensores del pulgar, extensor del índice, pronador cuadrado y extensor cubital del carpo – son más altas en hombres. No obstante, el test del chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) realizado para todos los grados (0-4), solo detecta una diferencia estadísticamente significativa para el ancóneo ( $p=0.032$ ) mayor en hombres, quedando cerca el extensor cubital del carpo ( $p=0.052$ ) que también sería mayor para los varones.



**Figura 6.** Distribución de la presencia de los cambios de las entesis por sexo para el lado derecho, muestra de cúbitos. \* = diferencias sexuales estadísticamente significativas.

**Figure 6.** Distribution of the enthesal changes presence by sex for the right side, ulnae sample. \* = statistically significant sexual differences.



**Figura 7.** Distribución de la presencia de los cambios de las entesis por sexo para el lado izquierdo, muestra de cúbitos. \* = diferencias sexuales estadísticamente significativas.

**Figure 7.** Distribution of the enthesal changes presence by sex for the left side, ulnae sample. \* = statistically significant sexual differences.

Por último, en cuanto a la lateralidad, en la serie masculina las frecuencias de presencia no indican un lado preferente. Además, el test del chi-cuadrado ( $X^2$ ) no muestra ninguna diferencia estadísticamente significativa (el ancóneo se queda cerca, con un  $p=0.069$ ). Por el contrario, para la serie femenina, las frecuencias de presencia son mayores para el lado derecho a excepción del ancóneo y el abductor largo del pulgar. No obstante, el test del chi-cuadrado ( $X^2$ ) indica una sola diferencia estadísticamente significativa: extensor del índice ( $p=0.005$ ), mayor en el izquierdo

#### 4.- DISCUSIÓN

Los resultados han revelado que en la población objeto de estudio no había grandes diferencias entre las formas de vida y actividades realizadas por los individuos adultos de este grupo respecto al sexo y lateralidad. No obstante, se han detectado algunas pequeñas diferencias interesantes. A continuación, se exponen las respectivas, en primer lugar, a los húmeros, y, en segundo lugar, a los cúbitos.

En el caso de los húmeros, a pesar de que la distribución de las frecuencias esté bastante equilibrada, es evidente la diferencia sexual tanto en las frecuencias de la expresión moderada (Grado 3)

como las de la expresión patológica (Grado 4), indicadora de un mayor esfuerzo físico en los varones. Sin embargo, es de destacar que en algunas de las entesis las frecuencias de la serie femenina para el Grado 4 se aproximan, e incluso superan, las de la serie masculina. Entre ellas, por ejemplo, la entesis del extensor común y la del flexor común. La primera, se sitúa en el epicóndilo lateral del húmero y comprende los músculos del extensor radial corto del carpo, del extensor de los dedos y el extensor cubital del carpo (SANTANA, 2011). Estos tres músculos participan tanto en la articulación del codo como en los distintos movimientos de la muñeca, manos y dedos – abducción cubital, flexión en dirección dorsal, extensión de los dedos – (PLATZER, 2009). Respecto al flexor común, situado en el epicóndilo medial y constituido por el flexor superficial de los dedos, flexor radial del carpo y flexor cubital del carpo (SANTANA, 2011), especialmente actúa como flexor de la mano y de los dedos, aunque también realiza una débil flexión del codo y puede cooperar en la abducción cubital de la mano (PLATZER, 2009).

Havelková y colaboradores (2011) relacionan el gran uso de estos músculos en la serie femenina con un gran número de actividades de la vida cotidiana: trabajo del cuero (en el que la participación de estos músculos se centraría especialmente en la acción de cortar), tejer e hilar, molienda de grano y producción cerámica. Además, también se dedicarían a trabajos arduos como puede ser el transporte de cargas pesadas (como agua) o el trabajo de la huerta familiar. En este caso, podrían encajar ya que el contexto histórico indica que Wamba sería una aldea que, al estar cerca de la capital, se dedicaría a la producción agrícola y ganadera para el abastecimiento de la misma, así como para el autoconsumo (MARTIN CEA, 1986).

En el caso de la serie de los varones, las frecuencias altas del flexor común se han asociado con actividades como la herrería, la producción de textiles o lanzamiento de objetos sostenidos firmemente como hachas o lanzas (HAVEKOVÁ *et al.*, 2013). Según las fuentes históricas, los habitantes del valle del Duero hacían uso de herramientas rudimentarias y, entre ellas, se encuentran azadas, hachas, hoces y guadañas (MARTIN CEA, 1986) que encajan con las frecuencias altas de estos músculos.

Además, el test del chi-cuadrado ( $X^2$ ) ha señalado múltiples diferencias estadísticamente significativas en la serie masculina: infraespinoso, subescapular, redondo menor, pectoral mayor, deltoides y coracobraquial. Sin entrar en las particularidades de cada músculo, todos ellos coinciden en que participan en la rotación del brazo (PLATZER, 2009), movimiento que puede darse en muchas labores, como el de segado de cereales.

Respecto a la lateralidad, no parece haber un lado preferentemente utilizado. Dado que algunos factores como el tamaño corporal, la dieta o la influencia hormonal afectan por igual a ambos lados (RUFF, 2008), se puede decir que hay simetría y que, por tanto, eran trabajadores bimanuales, compatible con una forma de vida campesina (AL-OU MAOUI *et al.*, 2004; SPARACELLO y MARCHI, 2008).

En cuanto a los cúbitos, la distribución de los grados no muestra tantas diferencias como en el caso de los húmeros e, incluso, sus frecuencias tienden a un mayor equilibrio que las conseguidas para los húmeros. A pesar de que la serie masculina reúna, a gran escala, mayores porcentajes para el Grado 3 y el Grado 4 y, por tanto, indique un mayor esfuerzo físico, es de destacar que en presencia-ausencia las mujeres muestran frecuencias más altas para la mayoría de los músculos relacionados con el movimiento de las muñecas y de los dedos – flexión dorsal, flexión palmar, abducción radial, abducción del pulgar, extensión de los dedos, pronación del antebrazo (PLATZER, 2009) – : abductor largo del pulgar, extensores del pulgar, extensor del índice, flexor profundo de los dedos, pronador cuadrado y extensor cubital del carpo. Esto puede ser indicador de un trabajo manual más preciso (HAVEKOVÁ *et al.*, 2011; GALERA y GARRALDA, 1993; ROBB, 1998).

La ausencia de grandes diferencias queda demostrada con los resultados de los test estadísticos. Únicamente es el ancóneo el que obtiene diferencias estadísticamente significativas. Es un músculo que coopera con el tríceps braquial en la extensión y la tensión de la cápsula articular (PLATZER, 2009). Esta diferencia puede ser compatible con la actividad del tríceps braquial que, aunque según los resultados obtenidos no muestra diferencias significativas, en varones muestra mayores frecuencias para los Grados 3 y 4 mientras que para las mujeres las frecuencias más altas se localizan en los Grados 1 y 2.

El cambio de la entesis del tríceps braquial, siendo escasa su presencia, ha sido asociado en poblaciones pasadas con actividades como la pesca, el trabajo de madera, y en el caso de hallar más uso del lado izquierdo, el empleo de arco y flechas (HAVELKOVÁ *et al.*, 2011). Ha sido vinculado con movimientos realizados con los brazos extendidos y en posición horizontal y ha sido encontrado en cortadores de troncos, jugadores de béisbol y herreros o forjadores (GALERA y GARRALDA, 1993). Se puede relacionar con las actividades complementarias que una sociedad campesina del valle del Duero de estas cronologías ejercería para su subsistencia (MARTIN CEA, 1986).

En cuanto a la lateralidad, los resultados se asemejan a los obtenidos para los húmeros dado que no hay ninguna diferencia estadísticamente significativa. Esto indica que probablemente se trate de trabajadores bimanuales, encajando bien en la forma de vida campesina.

## 5.- CONCLUSIONES

En el análisis realizado de las trece entesis de los húmeros y diez de los cúbitos provenientes del osario de Wamba (siglos XII-XVII), Valladolid, se han obtenido patrones musculares compatibles con una forma de vida campesina. Reflejan una sociedad en la que todos los miembros participarían en actividades diarias por la homogeneidad encontrada para el uso de la extremidad superior (LIEVERSE *et al.*, 2009).

Se han detectado leves diferencias sexuales que, a pesar de no poder especificar los oficios concretos de los individuos, con el apoyo de datos históricos, se pueden vincular con una sociedad en la que habría cierta división sexual del trabajo. Los varones tomarían parte en actividades de mayor esfuerzo físico (dado a las mayores frecuencias en los Grados 3 y 4), mientras que las mujeres se dedicarían a labores manuales de mayor precisión (debido a sus frecuencias para los músculos vinculados a los movimientos de muñecas y dedos), pudiendo realizar en algunos momentos actividades de mayor carga mecánica, como puede ser el transporte de carga pesada o el trabajo de la huerta, ya que para muchos cambios de las entesis sus porcentajes para los grados más altos llegaban a asemejarse al de los de la serie masculina. Tratándose de la época medieval, la división sexual de labores implicaría también unas relaciones desiguales de poder entre ambos sexos dado que la cabeza de familia era el padre, quien tenía autoridad para controlar las tareas de cada miembro familiar (MARTIN CEA, 1986; SCOTT, 1986). Además, los test estadísticos no han señalado el uso preferencial de un lado, pudiéndose tratar de trabajadores bimanuales.

Es de destacar que, como venían exponiendo algunos autores (RHODES y KNÜSEL, 2005), en este trabajo el húmero también ha resultado ser mejor indicador para detectar las diferencias comparándolo, esta vez, con el cúbito.

Se deben tener en cuenta las limitaciones de este tipo de estudio. Por un lado, la gran variedad de metodologías dificulta las comparaciones entre diferentes estudios y es, todavía hoy, cuestión de debate. Además, el detalle al que puedan llegar los resultados depende, totalmente, de la información histórica existente y del contexto arqueológico.

A pesar de ello, en este trabajo el estudio de los marcadores musculoesqueléticos o cambios de las entesis ha resultado ser eficaz y aportar conclusiones relevantes sobre la sociedad de los siglos XII-XVII de Wamba. Por tanto, se puede decir que este tipo de análisis ofrece importantes datos sobre la organización económica y comportamientos sociales de poblaciones pasadas. En definitiva, es una buena herramienta para la investigación arqueológica que, sin embargo, se debe ir precisando terminológica y metodológicamente.

## 6.- AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis directores, el Doctor Alvaro Arrizabalaga y el Doctor Gonzalo J. Trancho, la confianza mostrada y la supervisión de este trabajo. Asimismo, doy las gracias a Lloyd Courtenay por su ayuda con las traducciones. Quiero agradecer, también, a la UPV-EHU y a la UCM por proporcionarme el uso de las infraestructuras. Por último, agradecer al Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritzta la concesión de la beca de carácter general para estudios de Máster.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

AL-OUMAOUI, I., JIMÉNEZ-BROBEIL, S. y DU SOUICH, P.

2004 Markers of Activity Patterns in some Population of the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14: 343-359.

ALVES CARDOSO, F. y HENDERSON, C.

2010 Enthesopathy Formation in the Humerus: Data from Known Age-at-Death and Known Occupation Skeletal Collections. *American Journal of Physical Anthropology*, 141: 550-560.

GALERA, V. y GARRALDA, M. D.

1993 Enthesopathies in a spanish medieval population: anthropological, epidemiological, and ethnohistorical aspects. *International Journal of Anthropology*, Vol. 8, 4: 247-258.

HAVELKOVÁ, P., VILLOTTE, S., VELEMÍNSKÝ, P., POLÁČEK, L. y DOBISÍKOVÁ, M.

2011 Enthesopathies and Activity Patterns in the Early Medieval Great Moravian Population: Evidence of Division of Labour. *International Journal of Osteoarchaeology*, 21: 487-504.

HAVELKOVÁ, P., HLADÍK, M. y VELEMÍNSKÝ, P.

2013 Enteseal Changes: Do They Reflect Socioeconomic Status in the Early Medieval Central European Population? (Mikulčice-Klášteřisko, Great Moravian Empire, 9th-10th century). *International Journal of Osteoarchaeology*, 23: 237-251.

HAWKEY, D. E. y MERBS, C. F.

1995 Activity-induced Musculoskeletal Stress Markers (MSM) and Subsistence Strategy Changes among Ancient Hudson Bay Eskimos. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5: 324-338.

HENDERSON, C., MARIOTTI, V., PANY-KUCERA, D., VILLOTTE, S. y WILCZAK, C.

2013 Recording Specific Enteseal Changes of Fibrocartilaginous Enteses: Initial Tests Using the Coimbra Method. *International Journal of Osteoarchaeology*, 23: 152-162.

JURMAIN, R., ALVES CARDOSO, F., HENDERSON, C. y VILLOTTE, S.

2012 Bioarchaeology's Holy Grail: The Reconstruction of Activity. In: *A Companion to Paleopathology*. A. L. Grauer (Ed.). Blackwell Publishing Ltd. Chichester.

LANYON, L. E.

1984 Functional Strain as a Determinant for Bone Remodeling. *Calcified Tissue International*, 36: S56-S61.

LIEVERSE, A. R., BAZALIISKII, V. I., GORIUNOVA, O. I. y WEBER, A. W.

2009 Upper Limb Musculoskeletal Stress Markers Among Middle Holocene Foragers of Siberia's Cis-Baikal Region. *American Journal of Physical Anthropology*, 138: 458-472.

LÓPEZ-BUEIS, I.

1998 *Indicadores de presión ambiental y dimorfismo sexual en los huesos largos de una población española*. Tesis doctoral, Facultad CC. Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

LÓPEZ-BUEIS, I., ROBLEDO, B., DEL RÍO, P. y TRANCHO, G. J.

2000 Identificación sexual del cúbito mediante funciones discriminantes. In: *Tendencias actuales de Investigación en la Antropología Física Española*. L. Caro Dobón et al. (eds.): 173-178. Universidad de León.

MARIOTTI, V., FACCHINI, F. y BELCASTRO, M. G.

2004 Enthesopathies – Proposal of a Standardized Scoring Method and Applications. *Collegium Antropologicum*, 28: 145-159.

MARIOTTI, V., FACCHINI, F. y BELCASTRO, M. G.

2007 The Study of Enteses: Proposal of a Standardised Scoring Method for Twenty-Three Enteses of the Postcranial Skeleton. *Collegium Antropologicum*, 31: 291-313.

MARTIN CEA, J. C.

1986 *El campesinado castellano de la Cuenca del Duero. Aproximaciones a su estudio durante los siglos XIII al XV*. Junta de Castilla y León, Conserjería de Educación y Cultura. Gráficas Herald, Zamora.

MYSZKA, A. y PIONTEK, J.

- 2012 Variation of Musculoskeletal Stress Markers in the Medieval Population from Cedynia (Poland) – Proposal of Standardized Scoring Method Application. *Collegium Anthropologicum*, 36: 1009-1017.

OSTERHOLTZ, A. J., BAUSTIAN, K. M. y MARTIN, D. L.

- 2013 Introduction. In: *Commingled and Disarticulated Human Remains. Working Toward Improved Theory, Method, and Data*. A. J. Osterholtz, K. M. Baustian y D. L. Martin (Eds.). Springer, New York.

PLATZER, W.

- 2009 *Atlas de Anatomía. Con correlación clínica. Tomo 1: Aparato locomotor*. Panamericana, Madrid.

RHODES, J. A. y KNÜSEL, C. J.

- 2005 Activity-Related Skeletal Change in Medieval Humeri: Cross-Sectional and Architectural Alterations. *American Journal of Physical Anthropology*, 128: 536-546.

ROBB, J. E.

- 1998 The Interpretation of Skeletal Muscle Sites: A Statistical Approach. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8: 363-377.

RUFF, C. B.

- 2008 Biomechanical Analyses of Archaeological Human Skeletons. In: *Biological Anthropology of the Human Skeleton, Second Edition*. M. A. Katzenberg y S. R. Saunders (Eds.). John Wiley & Sons, New Jersey.

SANTANA, J. A.

- 2011 *El trabajo fosilizado: patron cotidiano de actividad física y organización social del trabajo en la Gran Canaria prehistórica*. Universidad de Gran Canaria, Departamento de Ciencias Históricas. Tesis doctoral.

SCOTT, J. W.

- 1986 Gender: A Useful Category of Historical Analysis. *American Historical Review*, 91: 1053-1075.

SPARACELLO, V. y MARCHI, D.

- 2008 Mobility and Subsistence Economy: A Diachronic Comparison Between Two Groups Settled in the Same Geographical Area (Liguria, Italy). *American Journal of Physical Anthropology*, 136: 485-495.

TRANCHO, G. J., ROBLEDO, B. y SÁNCHEZ, J. A.

- 2012 Dimorfismo sexual del húmero en una población española de sexo y edad conocidos. In: *Biodiversidad humana y Evolución*. D. Turbón *et al.* (eds.). Estúdi editorial, Madrid.

VILLOTTE, S.

- 2006 Connaissances médicales actuelles, cotation de enthésopathies: nouvelle méthode. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 18: 65-85.

VILLOTTE, S. y KNÜSEL, C. J.

- 2014 "I sign of arms and of a man...": medial epicondylitis and the sexual division of labour in prehistoric Europe. *Journal of Archaeological Science*, 43: 168-174.

VILLOTTE, S., ASSIS, S., ALVES CARDOSO, F., HENDERSON, C., MARIOTTI, V., MILELLA, M., PANY-KUCERA, D., SPEITH, N., WILCZAK, C. A. y JURMAIN, R.

- 2016 In search of consensus: Terminology for entheseal changes (EC). *International Journal of Paleopathology*, 13: 49-55.



**Geo-Q** zentroa Aranzadi Zientzia Elkarteak eta UPV/EHUK bultzatutako ikerketa-unitatea da. Ingurumen-aldaketa eta giza inpaktuaren ikerketara zuzendua da, ingurugiro naturalaren eboluzioa eta giza arrastoa Kuaternario garaian. Leioako Udalak azpiegitura zientifikoa daukan **Kortesenabarri** baserriaren erabilera laga digu eta honekin batera kultura zientifikoa gizarteratu nahi da.

El centro **Geo-Q** de Leioa está destinado a una unidad de investigación impulsada por la Sociedad de Ciencias Aranzadi y la UPV/EHU para el estudio de los cambios medioambientales, la evolución del medio natural y el impacto humano durante el Cuaternario. Todo ello en colaboración con el Ayuntamiento de Leioa que ha cedido para dichos fines el caserío **Kortesenabarri**. A través del mismo también se quiere socializar la cultura científica.



Estudios de Cuaternario  
Kuaternario Ikasketak  
Quaternary Studies

N.º 07 - 2017

---

ISSN 2445-1282  
D.L./L.G. SS 330-2016

**DIEGO SALVADOR FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ**

Manifestaciones gráficas y paleoespeleología. La cueva de Ardales (Ardales, Málaga)  
como ejemplo de movilidad humana en medios kársticos subterráneos

**ANDREA GARCIA SAGASTIBELZA**

Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria)  
dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia

**ALBA GONZÁLEZ-LANCHAS**

Reconstrucción paleoambiental del impacto humano en el Abra de Bilbao durante los últimos 200 años

**UXUE PEREZ-ARZAK**

La sociedad medieval a partir del osario de Wamba (Valladolid, siglos XII-XVII).  
Una aproximación desde el estudio de los marcadores musculoesqueléticos



**ARANZADI**

zientzia elkarteak . society of sciences  
sociedad de ciencias . société de sciences