

CKQ

06

2016

LEIOA

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.es/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.



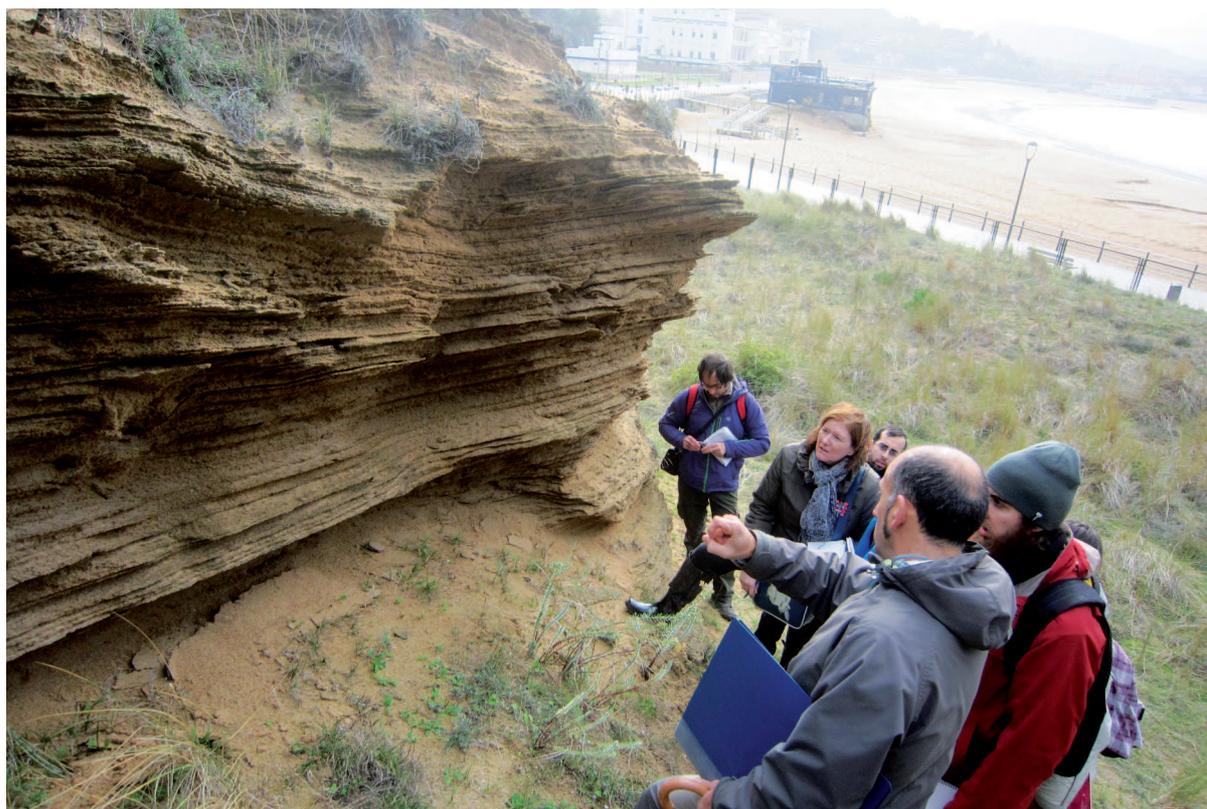
CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies) Aranzadi Zientzia Elkartearen aldizkari bat da, UPV/EHUK argitaratzen duena Euskal Herriko Unibertsitatearekin lankidetzan. Izan ere, bi erakundeen artean hitzarmen bat sinatu zen Graduondoko Kuaternario Ikasketen (Masterraren 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 Oinatzak" (www.ehu.es/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.es/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.



UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA



ARANZADI

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

n° 6	LEIOA	2016	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
Dr. Álvaro Arrizabalaga Valbuena: Universidad del País Vasco UPV/EHU
Dr. Pedro Castaños: S.C. Aranzadi

Comité Editorial Geología / Geologiako Argitalpen Batzordea / Geology Editorial Board:

Dra. Concepción De la Rúa: Universidad del País Vasco UPV/EHU
Dr. Alejandro Cearreta: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi
Dr. Javier Arostegi: Universidad del País Vasco UPV/EHU
Dr. Humberto Astibia: 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
Intercambio: liburutegia@aranzadi-zientziak.org
www.aranzadi-zientziak.org

n° 6	LEIOA	2016	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/EHU
Alonso Alegre, Santos	Universidad del País Vasco/EHU
Alvarez Alonso, David	UNED
Aranburu Artano, Arantza	Universidad del País Vasco/EHU
Arostegi García, Jose Javier	Universidad del País Vasco/EHU
Arriortua Marcaida, Maria Isabel	Universidad del País Vasco/EHU
Arrizabalaga Valbuena, Alvaro	Universidad del País Vasco/EHU
Astibia Ayerra, Humberto	Universidad del País Vasco/EHU
Baceta Caballero, Juan Ignacio	Universidad del País Vasco/EHU
Bazan Blau, Begoña del Pilar	Universidad del País Vasco/EHU
Bao Casal, Roberto	Universidad de A Coruña
Bermúdez de Castro Risueño, José María	CENIEH
Cearreta Bilbao, Alejandro	Universidad del País Vasco/EHU
De la Rúa Vaca, Concepción	Universidad del País Vasco/EHU
Diez Fernández-Lomana, Carlos	Universidad de Burgos
Diez 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/EHU
Eguiluz Alarcón, Luis	Universidad del País Vasco/EHU
Etxeberria Gabilondo, Francisco	Universidad del País Vasco/EHU
Fernandez Eraso, Javier María	Universidad del País Vasco/EHU
García Díez, Marcos	Universidad del País Vasco/EHU
García García, Francisco	Universidad Politécnica de Valencia
Garrido Pena Rafael	Universidad Autónoma de Madrid
González Sáinz, César	Universidad de Cantabria
Herrero Rubio, Jose Miguel	Universidad del País Vasco/EHU
Hervella Afonso Montserrat	Universidad del País Vasco/EHU
Irabien Gullias, Maria Jesús	Universidad del País Vasco/EHU
Iriarte Aviles, Eneko	Universidad de Burgos
Iriarte Chiapusso, Maria José	Universidad del País Vasco/EHU
Izagirre Arribalzaga, Neskuts	Universidad del País Vasco/EHU
Jiménez Sánchez, Montserrat	Universidad de Oviedo
Larrañaga Varga, Aitor	Universidad del País Vasco/EHU
Lasagabaster Herrarte, Iñaki	Universidad del País Vasco/EHU
López Horgue, Miguel Angel	Universidad del País Vasco/EHU
Mendia Aranguren, Miren Sorkunde	Universidad del País Vasco/EHU
Morales Mateos, Jacob	Universidad de las Palmas
Mujika Alustiza, José Antonio	Universidad del País Vasco/EHU
Murelaga Bereikua, Javier	Universidad del País Vasco/EHU
Parés Casanova Josep Maria	CENIEH
Pascual Cuevas, Ana María	Universidad del País Vasco/EHU
Payros Agirre, Aitor	Universidad del País Vasco/EHU
Pizarro Sanz, José Luis	Universidad del País Vasco/EHU
Portillo Ramírez, Marta	Universitat de Barcelona
Quirós Castillo, Juan Antonio	Universidad del País Vasco/EHU
Rodríguez Lázaro, Julio Manuel	Universidad del País Vasco/EHU
Sáenz de Buruaga Blázquez, José Antonio	Universidad del País Vasco/EHU
Santos Zalduegui, José Francisco	Universidad del País Vasco/EHU
Sesma Sesma Jesús	Gobierno de Navarra
Tarriño Vinagre, Andoni	CENIEH
Urriaga Greaves, Miren Karmele	Universidad del País Vasco/EHU
Utrilla Miranda Pilar	Universidad de Zaragoza
Yusta Arnal, Iñaki	Universidad del País Vasco/EHU

PRESENTACIÓN DE LOS DIRECTORES

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.es/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) 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.

ZUZENDARIEN 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.es/mastercuaternario) kurtso akademiko horretan defendatutako tesien memoriak osatzen dute urteko ale bakoitza.

Kuaternario Ikasketak aldizkaria Aranzadi Zientzi Elkarteak (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

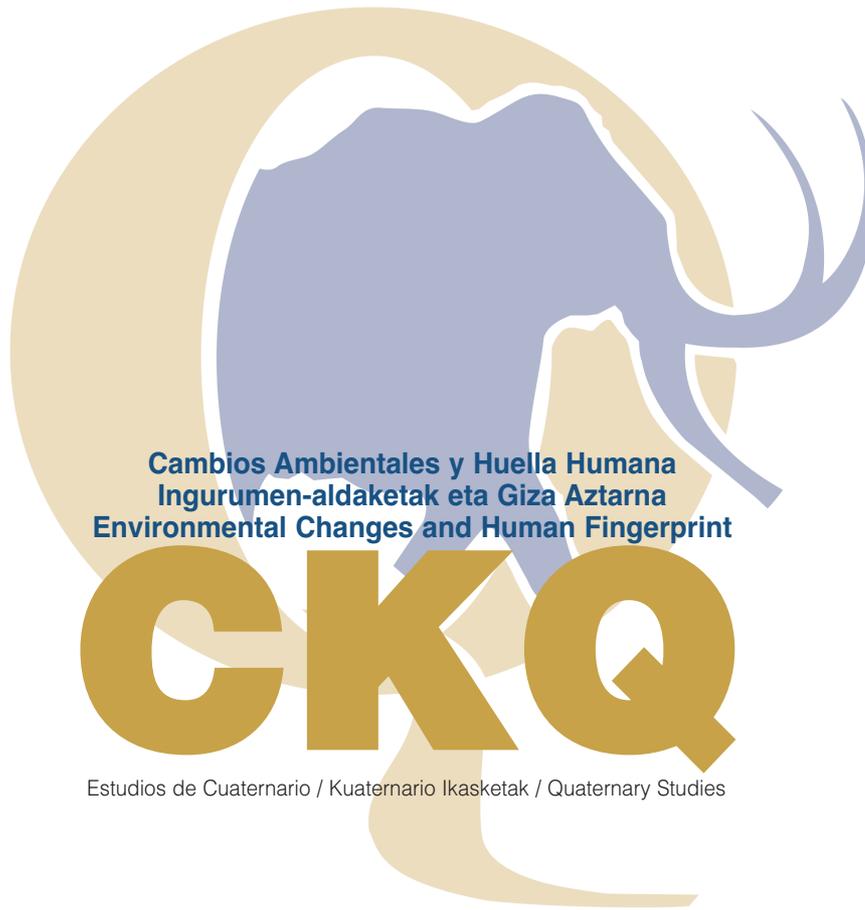
The Quaternary is the geological time period corresponding to the last 2.6 million years in our planet's history, characterized by frequent, rapid and intense climate changes. Simultaneously to these environmental variations, during this time period human species appeared in the Biosphere and evolved 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.es/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) 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 research 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

BÁRBARA CASAS VALLADOLID	
- Arquitectura deposicional y evolución de la playa de sedimentos antrópicos de Azkorri (Getxo, Bizkaia)	3-12
AMAIA CASTRESANA PALMA	
- Implicaciones biomédicas y evolutivas de los marcadores sanguíneos en las sociedades humanas	13-27
MIKEL GARCÍA-MADARIAGA	
- Los materiales colorantes del yacimiento arqueológico de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España): adquisición, transformación y uso	29-42
AINZANE GOFFARD SEVILLANO	
- Registro geológico del impacto humano en el estuario del Urola (Geoparque de la Costa Vasca) durante el Antropoceno	43-60

AITOR JUARISTI MEDAROKETA	
- Debagoienako (Gipuzkoa, Euskadi) fosa komunak: gerra zibileko testuinguruan kokatuz	61-73
IMANOL LÓPEZ DÍAZ	
- Evolución ambiental reciente de los sedimentos de la Ría de Bilbao: evidencias micropaleontológicas y geoquímicas del proceso de recuperación.....	75-87
MARTA PÉREZ ANGULO	
- Configuración espacial de los monumentos megalíticos de La Rioja a través de sistemas de información geográfica.....	89-106
ISMAEL PÉREZ BLANQUER	
- Utilización del MDT como instrumento de análisis geomorfológico en valles fluviales del margen Cantábrico	107-136
ZELTIA VARELA GARCÍA	
- Cambios paleoceanográficos mayores en el Sur del Golfo de Vizcaya durante los estadios isotópicos marinos MIS 5 y MIS 4: evidencias micropaleontológicas.....	137-152

Foto de portada:
 Salida de campo por
 Uribe Kosta (Bizkaia),
 dunas cementadas
 de Gorliz, con el
 profesor M. López
 Horgue (UPV/EHU),
 11 Diciembre 2014.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	3-12	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	------	-------	------	----------------

Arquitectura deposicional y evolución de la playa de sedimentos antrópicos de Azkorri (Getxo, Bizkaia)*

Depositional architecture and evolution of the Azkorri anthropogenic-sediments beach (Getxo, Bizkaia)

PALABRAS CLAVES: Gorrondatxe, sedimento antrópico, playa reflectiva-disipativa, cementación temprana.
KEY WORDS: Gorrondatxe, anthropic sediment, reflective-dissipative beach, early cementation.

Bárbara CASAS VALLADOLID⁽¹⁾

RESUMEN

Se documenta el estudio de la playa antrópica de Gorrondatxe (Getxo), formada por depósitos de escorias de fundición vertidos en el litoral de Uribe Kosta adyacente durante el siglo XX. Su análisis ha permitido diferenciar tres asociaciones de facies principales, representativas de una playa de arena y grava de tipo reflectivo-disipativo, de la cual se han podido establecer su arquitectura y dinámica de crecimiento, definidas por unidades acrecionales limitadas por discontinuidades resultado de erosión-remoción generalizada durante episodios de energía inusualmente elevada. La acumulación granular aparece parcialmente consolidada por cementos carbonatados, mayoritariamente de aragonito acicular, y en menor medida de calcita microgranular y oxi-hidróxidos de hierro. La distribución de los cementos de aragonito apunta a un origen ligado a la circulación de agua marina en condiciones freático-vadosas. La presencia de clastos de arena cementada asociados a las discontinuidades internas señala que el proceso de cementación fue muy temprano, prácticamente coetáneo al crecimiento de la acumulación.

ABSTRACT

The study of Gorrondatxe anthropogenic beach (Getxo), formed by deposits of smelting slag discharges on the coast of Uribe Kosta adjacent in the twentieth century is documented. Its analysis allowed to distinguish three main facies associations, representing a beach of sand and gravel reflective-dissipative, which have been able to establish its architecture and growth dynamics defined by accretional units limited by discontinuities result of erosion-widespread removal during episodes of unusually high energy. The granular buildup is partially cemented by carbonate cements, mostly acicular aragonite, and to a lesser extent microgranular calcite and iron oxyhydroxides. The distribution of aragonite cements indicates an origin linked to the circulation of seawater into phreatic-vadose conditions. The presence of cemented sand clasts associated with internal discontinuities showed that the cementation process was very early, almost contemporaneous with the growth of accumulation.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. Localización

En la línea de costa próxima a Punta Galea, entre los municipios de Getxo y Sopela, se reconocen varias acumulaciones sedimentarias de tipo playa, compuestas por material granular de grano medio a grueso (arenas, gravas y conglomerados), en parte procedente de la erosión y retrabajamiento del sustrato autóctono (sucesión flysch del Eoceno), pero fundamentalmente de la acumulación de escorias de fundición vertidas al mar durante la segunda mitad del siglo XX, principalmente durante el periodo 1950-1980 (AIZPIRI, 1983; GOITIA-BLANCO, 2012). Al margen de su llamativa composición y origen, estas acumulaciones de playa destacan por presentar un elevado grado de cementación temprana, constituyendo un excelente ejemplo de beachrock (VOUSDOUKAS *et al.*, 2007; GISCHLER, 2008; MAUZ *et al.*, 2015), inusual por haberse formado en un contexto de aguas templadas (ARRIETA *et al.*, 2014). Este estudio se ha realizado en la acumulación de mayor extensión de la zona, localizada en la ensenada de Gorrondatxe (en Getxo, Figura 1).

⁽¹⁾ Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao. e-mail: barcava@outlook.com.

Directores: Dr. Juan Ignacio Baceta (Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, UPV/EHU) y Dr. Luis Ángel Ortega (Dpto. de Mineralogía y Petrología, UPV/EHU).

* Mención especial a la Memoria de Trabajo Fin de Máster más relevante del curso 2014-15 concedida por la Comisión Académica del Máster en Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana.





Figura 1. Localización geográfica de la playa cementada de Azkorri (tomada de Google Maps).
Figure 1. Geographical location of Azkorri cemented beach (taken from Google Maps).

1.2. Antecedentes y estudios previos

Entre 1920 y 1980, la industria sidero-metalúrgica asentada en los márgenes de la ría de Bilbao experimentó una importante expansión, generando una ingente cantidad de residuos (principalmente escorias y cenizas de fundición), que de acuerdo al archivo de la autoridad portuaria de Bilbao se planificó para ser vertida íntegramente en una zona seleccionada de la plataforma costera a 2-3 km frente al municipio de Sopela, a unas profundidades superiores a 30 m. Si bien se estableció dicha zona de vertido concreta, en la práctica el área que se utilizó, de manera ilegal pero consentida, para depositar los residuos cubrió un área mucho mayor, desde la zona de la boca del estuario (Abra de Bilbao) próxima a Punta Galea hasta la costa de Sopela, a profundidades que no sobrepasaban los 10-15 m y, por tanto, dejándolos expuestos al retrabajamiento por el oleaje y las corrientes de deriva litoral, que provocaron su transporte y acumulación contra la base de los acantilados.

Los estudios previos sobre las acumulaciones antrópicas de Gorrondatxe y áreas adyacentes son variados. El primero y más sobresaliente corresponde a KNOX (1973), quien por un lado constata la naturaleza carbonatada de los precipitados tempranos que cementan las acumulaciones y, por otro, avanza la hipótesis errónea de un posible origen volcánico de los sedimentos. Los trabajos posteriores más destacables corresponden a los de AIZPIRI (1983), GARCÍA-GARMILLA (1990), CEARRETA (1992) y BORJA *et al.* (2006), quienes documentan aspectos como la cronología y volumen de los vertidos industriales, la naturaleza y composición de los materiales acumulados, los procesos de cementación que los afectan y el impacto que han tenido en toda la zona de Uribe Kosta. Entre las aportaciones más recientes destacan las de ARRIETA *et al.* (2011) sobre la composición química de sedimentos y cementos en las acumulaciones de Gorrondatxe y Tunelboka, GOITIA-BLANCO (2012), sobre las principales litofacies y la arquitectura deposicional de la acumulación de Tunelboka, y MARTÍNEZ-GARCÍA *et al.* (2013), sobre las asociaciones de foraminíferos bentónicos de los sedimentos naturales y antrópicos de Gorrondatxe. Por último, merecen mención los estudios de ASTIBIA (2012), ofreciendo datos de gran interés sobre la procedencia de algunos de los tipos de clastos de cerámica de construcción la acumulación de Tunel Boka, y PUJALTE *et al.* (2015), quienes evalúan los procesos de erosión que vienen afectando a las acumulaciones durante las últimas décadas. Es importante destacar que con la excepción del estudio de GOITIA-BLANCO (2012) en Tunelboka, apenas se dispone de información sobre la arquitectura y dinámica de construcción y cementación de las acumulaciones sedimentarias, perspectiva concreta bajo la cual se ha enfocado este estudio sobre la acumulación presente en Gorrondatxe.

2.- OBJETIVOS, HIPÓTESIS DE TRABAJO Y METODOLOGÍA

Los principales objetivos del estudio de la acumulación de sedimentos antrópicos de Gorrondatxe han sido: I) Reconstruir en detalle la arquitectura interna (facies y estratigrafía) de la parte expuesta de la acumulación, a favor de la serie de pequeños acantilados provocados por la erosión reciente, II) establecer su dinámica de formación y los procesos de control que han podido actuar, III) analizar el proceso de cementación temprana (distribución, intensidad, tipologías, secuencia de cementación), y finalmente IV) construir un modelo evolutivo y genético, que incorpore todas las observaciones y datos obtenidos.

La hipótesis de trabajo ha consistido en intentar determinar si hay evidencias que permitan diferenciar la existencia de fases en el crecimiento de la acumulación antrópica y que, por tanto, permitan relacionar dichas fases de crecimiento con los procesos de cementación que la afectan, esto es: determinar si el crecimiento de la acumulación ha sido continuo o pulsante y, paralelamente, cuál ha sido la cronología del proceso de cementación, base fundamental para poder establecer su posible origen.

El estudio de la acumulación antrópica ha consistido fundamentalmente en trabajos de campo, con la elaboración de 25 columnas estratigráficas detalladas, que mediante correlación lateral, han servido para elaborar paneles estratigráficos bidimensionales y, en último término, reconstruir la arquitectura tridimensional de todo el conjunto expuesto. Se han elaborados dos paneles estratigráficos: uno longitudinal de 740 m, paralelo a la elongación del sistema, y otro transversal de 52 m, paralelo a la pendiente deposicional (Figura 2). El estudio de la cementación temprana que afecta al sistema se ha efectuado mediante muestras representativas orientadas, recogidas de forma selectiva, para su análisis de *visu* y mediante microscopio petrográfico de polarización (20 láminas delgadas).



Figura 2. Fotografía aérea oblicua de la playa de Azkorri (tomada de *Google Earth*), resaltando sus principales elementos geomorfológicos y la posición de las dos secciones reconstruidas del sistema: longitudinal (I-I') y transversal (II-II').

Figure 2. Oblique aerial photograph of the Azkorri beach (taken from *Google Earth*), highlighting its geomorphological main elements and the position of the two reconstructed sections of the system: longitudinal (I-I') and transverse (II-II').

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Facies

El estudio e interpretación de las facies, *sensu* READING (1996), que constituyen la acumulación de Gorrondatxe se ha centrado en la composición de los sedimentos, su tamaño de grano y estructuras sedimentarias internas, así como en su posición, distribución e interrelaciones. Se diferencian tres facies sedimentarias principales: (1) conglomerados y gravas, (2) arenas de grano grueso, y (3) arenas de grano medio-fino.

Conglomerados y gravas (facies 1). Corresponden a capas de 0,5-1 m de espesor medio, masivas e irregulares, de conglomerados y gravas heterolíticas (Figura 3A), con tamaños de grano variables (2-20 cm), en ocasiones como conglomerados bimodales con matriz de arena gruesa. Aparecen delimitados por planos de estratificación netos y erosivos, inclinados entre 1° y 3° hacia el mar, que frecuentemente están marcados por cambios bruscos en la granulometría. Esta facies suele mostrar ocasionalmente laminaciones internas, planares y discontinuas. La imbricación por tracción-arrastre de los clastos mayores es un rasgo muy común. Son las facies predominantes a la base de acumulación, en las zonas más abiertas del sistema.

Arenas gruesas y microconglomerados (facies 2). Depósitos heterolíticos en capas masivas, frecuentemente con laminación interna inclinada 2° - 8° hacia el mar, mayoritariamente definida por cambios granulométricos bruscos y/o lechos de microconglomerados (Figura 3B). Las capas habitualmente presentan granoclasificación positiva y eventualmente culminan con ripples de corriente-oscilación truncados. Puntualmente, incluyen niveles decimétricos asimilables a pequeñas barras (3-8 m de extensión lateral), con estratificación cruzada planar inclinada hacia tierra.

Arenas de grano medio-fino (facies 3). Depósitos en capas de 5-20 cm de espesor, masivas o laminadas, en general sub-horizontales o con leve inclinación (1° - 3°) hacia el mar (Figura 3C). La laminación está frecuentemente distorsionada por licuefacción, estructuras de carga y/o bioturbación por raíces de plantas. Localmente incluyen capas de arena con estratificación cruzada, rellenando depresiones erosivas (canales efímeros) de orientación paralela a la pendiente deposicional. Puntualmente también contienen lechos de cantos y/o microconglomerados, restos de material plástico y costras de cemento ferruginoso. Estas facies caracterizan la parte más elevada e interna del sistema. Un tipo de subfacies minoritario, solo identificado en el extremo NE de la playa (al pie de Punta Azkorri), corresponde a arenas medias-finas en cuerpos irregulares con estratificación-laminación cruzada multidireccional.



Figura 3. Aspecto de campo de los tres tipos de facies principales del sistema de playa: A) conglomerados y gravas (Facies 1), B) arenas gruesas estratificadas con microconglomerados (Facies 2), C) arenas de grano medio-fino (Facies 3).

Figure 3. Field aspect of the three main facies types of the beach system: A) conglomerates and gravels (Facies 1), B) stratified coarse sands with microconglomerates (Facies 2), C) medium-fine grained sands (Facies 3).

Las tres facies principales descritas se relacionan lateralmente mediante tránsitos laterales graduales, en ocasiones definidos por interdigitación. De acuerdo a sus características, se interpretan como representativas de un sistema de playa reflectiva-disipativa de elevada pendiente, desarrollada en condiciones abiertas y elevado hidrodinamismo, típicas de playas de grava compuesta, con sedimentos de grano grueso a muy grueso (BUSCOMBE Y MASSELINK, 2006; JENNINGS Y SHULMEISTER, 2002). Concretamente, las facies 1 y 2 se interpretan como características del sub-ambiente de “foreshore”, respectivamente de las zonas de rotura y traslación-batida del oleaje. Las barras discontinuas con estratificación cruzada hacia tierra se consideran representativas de trenes de “ridge and runnel” adosados al frente de playa. Por su parte, la facies 3 se interpreta con características de los sub-ambientes de berma y “backshore” del sistema. De acuerdo a AUSTIN Y MASSELINK (2005), en las playas reflectivas la acción del oleaje es semi-continua y de elevado gradiente energético, con rápida disipación de la energía en la zona de batida (evidenciada por los rápidos cambios de facies gruesas a finas), y con frecuente desarrollo de cúspides de playa asociadas a corrientes de resaca focalizadas. En este caso, la presencia de cúspide de playa está posiblemente evidenciada por acumulaciones de gravas y conglomerados de extensión métrica, en tránsito lateral a arenas gruesas que se observan en planta, a techo de algunos niveles exhumados por la erosión. Las facies con estratificación-laminación multidireccional observadas adyacentes a punta Azkorri, se interpretan como depósitos de “backshore” de acumulación eólica. Este tipo de depósitos se ha identificado a pie de los acantilados en otros puntos de la playa, aunque recubiertos por vegetación y derrubios de ladera actuales.

3.2. Arquitectura deposicional

La correlación de las 25 columnas estratigráficas realizadas y la cartografía detallada de toda la acumulación expuesta en sección y en planta a lo largo de Gorrondatxe ha permitido elaborar las dos secciones (longitudinal y transversal) ilustradas en las Figuras 4 y 5, que permiten establecer la arquitectura de facies principales y la dinámica de crecimiento del sistema.

Dentro de la acumulación se distinguen tres rupturas o discontinuidades (líneas discontinuas d1, d2 y d3 en Figuras 4 y 5), correspondientes a superficies irregulares netas, principalmente definidas por cambios granulométricos bruscos, con paleo-relieve y vacíos erosionales localmente prominentes (Figura 4B) y a veces asociado a finos depósitos de minerales de la arcilla (Figura 4D). Dichas superficies de ruptura son cartografiables a lo largo de las secciones transversal y longitudinal del conjunto, con la excepción de las zonas cubiertas por depósitos más recientes. Las discontinuidades se interpretan como superficies de erosión generalizada, generadas durante episodios de grandes tormentas que habrían afectado a todos los sub-ambientes del sistema, desde el “foreshore” al “backshore”. La presencia de canales de entre 2 y 10 m de extensión lateral asociados a las rupturas se explica por rotura y batida de grandes olas en la parte alta de “foreshore”, que inundarían el “backshore” y que durante el retorno formarían las facies con laminación-estratificación cruzada que aparecen rellenando las depresiones erosivas canaliformes.

Las tres rupturas sedimentarias principales identificadas, permiten subdividir la acumulación de playa expuesta en 4 unidades deposicionales (A, B, C y D en Figuras 4 y 5), con irregular distribución en función del afloramiento, pero que se consideran representativas a lo largo de toda la playa. Las cuatro unidades presentan espesores variables en sección longitudinal y transversal, que fluctúan entre 0,5 y 1,5 m. Internamente, todas ellas aparecen incluyendo los tres tipos de facies principales, generalmente ordenados verticalmente definiendo una secuencia granodecreciente, que en los casos más completos implica tramos de conglomerados y gravas (facies 1) evolucionando a arenas y microconglomerados (facies 2) y, finalmente a arenas (facies 3). La variabilidad en la organización interna de las unidades en sección longitudinal se debe a la hidrodinámica en el transporte del sedimento, observable por cambio lateral de facies, distinguiéndose claramente que, hacia el suroeste de la playa, los materiales han sido transportados en condiciones de mayor energía, y que ésta se ha ido disipando hacia el noreste, dándose en el centro del relleno mayores espesores y facies de grano grueso.

Las cuatro unidades se interpretan como representativas de periodos de crecimiento y progradación del sistema de playa reflectiva-disipativa, interrumpidos por las discontinuidades ligadas a episodios excepcionales de tormenta. Durante estos episodios se produciría un retrabajamiento completo del techo

del sistema, desde el "foreshore" al "backshore", incluyendo la génesis de canales erosivos de retorno, que fueron rápidamente rellenados durante la vuelta a condiciones normales, por facies arenosas con estratificaciones y laminaciones cruzadas (Figura 4B).

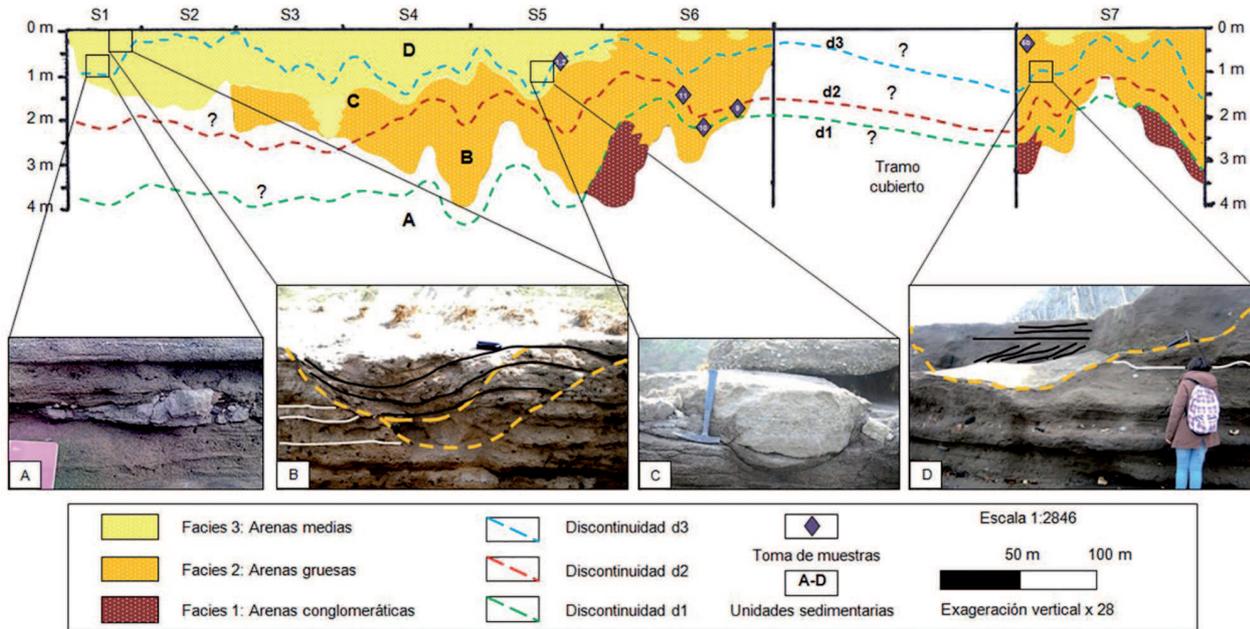


Figura 4. Corte I-I' en sección longitudinal de la playa, elaborado a partir de la correlación lateral física de siete secciones sobre una longitud total de 740 m. Las imágenes A y C corresponden a bloques cementados re-elaborados, mientras que las imágenes B y D corresponden a paleocanales con rellenos en estratificaciones cruzadas, todos ellos ligados a la formación y fosilización de la discontinuidad sedimentaria d3.

Figure 4. Longitudinal section I-I' of the beach, made from the physical lateral correlation of seven sections on a 740 m total length. Images A and C correspond to re-elaborate cemented blocks, while images B and D correspond to palaeochannels with filling in cross stratifications, all linked to the formation and fossilization of sedimentary discontinuity d3.

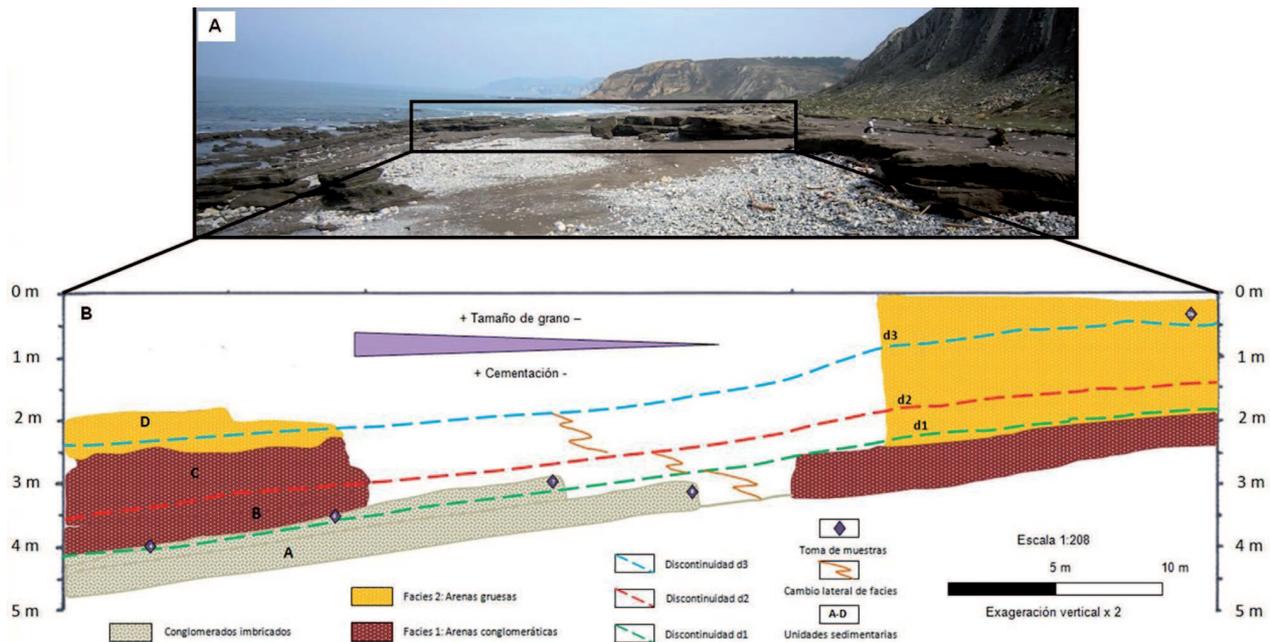


Figura 5. A) Fotografía transversal de la playa. B) Corte II-II' en sección transversal a la playa, longitud total 52 metros.

Figure 5. A) Beach transverse photography. B) Cross Section II-II' of the beach, 52 meters total length.

3.3. Procesos de cementación

El estudio petrográfico de una serie de 102 muestras representativas de los tres tipos de facies principales que conforman la acumulación de Gorrondatxe ha permitido caracterizar sus rangos composicionales y, paralelamente, obtener datos y conclusiones importantes sobre los tipos y significado de los cementos intersticiales que consolidan parcialmente la acumulación. Dos muestras corresponden a las facies arenosas que definen la cresta-“backshore” de la playa (facies 3), otras dos a las facies de arenas gruesas que caracterizan la parte alta del “foreshore” (facies 2) y tres muestras a las facies conglomeráticas del “foreshore” inferior (facies 1). Como grupo particular altamente significativo, también se han analizado tres muestras de bloques y clastos de arena-grava cementada, que se reconocen en la parte alta del sistema, asociados a algunas de las superficies de ruptura.

En general, se observan alta porosidad y una granoselección moderadamente mal clasificada. En la composición de la trama se encuentran altos contenidos en vidrio (sílice amorfa) (Figuras 6A y 6B) producto de la congelación rápida de la sílice (ADAMS *et al.*, 1997), variando entre un 40 y un 60% total de las muestras, si bien algunas tienen entre un 20 y un 30% del total, localizadas estas últimas en las partes altas de playa.

Una característica común a todas las muestras es el alto contenido de escorias de fundición y otros productos alterados de óxidos de hierro (Figuras 6A, 6B y 6D), a veces con cristales de fayalita (olivino) incluidos, que aparecen en porcentajes de entre un 10% hasta un 30% del total de las láminas, siendo mayores los contenidos en las facies más conglomeráticas de las zonas bajas de la playa o en bloques cementados transportados. De manera anecdótica se observa una dirección preferencial de las escorias, explicado por la compactación a la que se han visto sometidas algunas muestras re-trabajadas (ADAMS *et al.*, 1997).

En menor porcentaje (menos del 5%) se observan en las muestras algunos fragmentos de roca (Figura 6C), formados normalmente por cuarzo, plagioclasas y micas (moscovita y biotita). También aparecen en bajas proporciones fragmentos bioclásticos (Figura 6F) de bivalvos (en la mayoría de casos pertenecientes a ostreidos, aunque también a percebes), braquiópodos, gasterópodos (Figura 6E) y espinas de equínidos (FLÜGEL, 2014). Suelen ser mayores los contenidos en facies conglomeráticas de zonas bajas de playa (hasta un 20%).

Los cementos que se observan en las láminas delgadas, deducidos por su hábito y propiedades ópticas, están compuestos en su mayoría por una primera fase de aragonito acicular (FLÜGEL, 2014). Estos cementos se disponen formando tapices circun-granulares más o menos continuos. Ocasionalmente aparecen enriquecidos en hierro (Figura 6D), debido presumiblemente a la precipitación de limonita/siderita (ADAMS *et al.*, 1997) como productos de alteración, dando una segunda fase de cemento en forma de pasta amorfa de óxidos de hierro que suele rellenar huecos y/o fósiles, dando en ocasiones rellenos geopetales (Figura 6E).

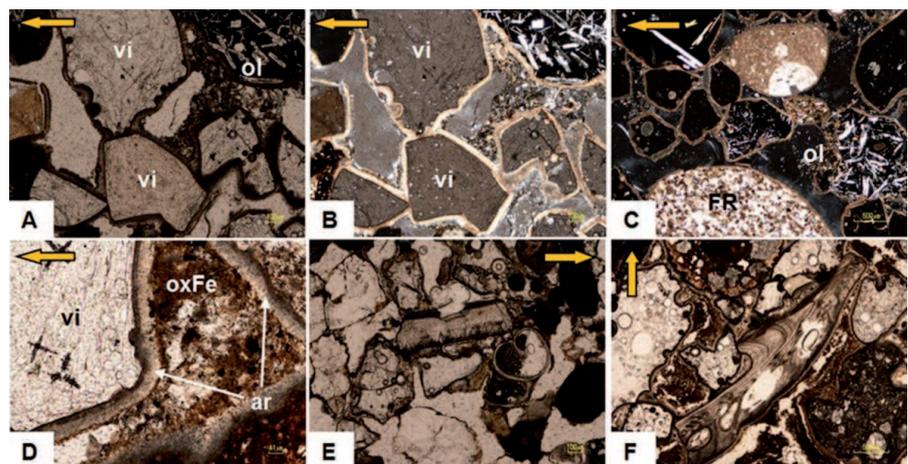


Figura 6. Imágenes de microscopio de los sedimentos y cementos identificados en la acumulación de Gorrondatxe: A) y B) altos contenidos en vidrio (vi) con productos de escorias de fundición asociado a olivinos (ol), C) fragmentos de roca (FR) y productos de escorias con olivinos recubiertos de cementos circun-granulares de aragonito acicular, D) cemento de aragonito acicular (ar) y rellenos posteriores de óxidos de hierro (oxFe), E) fósil de gasterópodo con relleno geopetal, F) fósil de percebe de calcita alta en magnesio. Las flechas amarillas indican el techo de la muestra.

Figure 6. Microscope images of sediments and cements identified in the accumulation of Gorrondatxe: A) and B) high glass content (vi) of foundry products associated with olivine (ol), C) rock fragments (FR) and products of slag with coated olivine with circum-granular acicular aragonite cements, D) acicular aragonite cement (r) and subsequent fillings of iron oxides (OxFe), E) gastropod fossil with geopetal fill, F) high-magnesium calcite barnacle fossil. The yellow arrows indicate the ceiling of the sample.

En general, la presencia de aragonito se debe a la elevada tasa del catión Mg^{++} en las zonas intermareales batidas por el oleaje de manera semi-continua, el cual inhibe el crecimiento de la calcita y favorece la formación del cemento de aragonito (GIVEN Y WILKINSON, 1985, TUCKER Y WRIGHT, 1990). La precipitación de cementos de tipo "beachrock" se puede explicar a través de la hipótesis de la desgasificación del CO_2 , un mecanismo físico-químico que se desarrolla durante la evaporación del CO_2 del agua marina, favorecido por la alta agitación del agua en la zona intermareal (MEYERS, 1987; PIGOTT Y TRUMBLY, 1985), que genera condiciones de sobresaturación del ion CO_3^{2-} , induciendo a la precipitación de cementos carbonatados tipo "beachrock" (GINSBURG, 1953; STODDART Y CANN, 1965; HANOR, 1978).

Además, en base a las muestras analizadas y a observaciones de campo, se ha constatado una tendencia clara en la distribución de los cementos carbonatados dentro del sistema. Los mayores contenidos en cemento (representando entre un 30 y un 40% del volumen total de la roca) se observan hacia posiciones de mar abierto, afectando a los depósitos del sistema. Según nos desplazamos en dirección transversal hacia tierra, los contenidos en cementos carbonatados disminuyen progresivamente, de forma que en las facies más someras (facies 3) los valores en volumen de roca total son siempre inferiores al 10-15%. Esta distribución es similar a la identificada en numerosos ejemplos de playas cementadas (GISCHLER, 2008; VOUSDOKAS *et al.*, 2007), y en conjunto indicaría una precipitación de los cementos aragoníticos a partir de aguas marinas. De acuerdo con ARRIETA *et al.*, (2011), los cementos de aragonito acicular en franjas isopacas, formando tapices circun-granulares, se interpretan formados en un ambiente marino freático. La presencia de una segunda fase de cemento enriquecido en hierro procede del propio sedimento antrópico, extremadamente rico en dicho elemento. Los precipitados de hierro, que generalmente recubren el aragonito, junto con material eluviado (arcillas, limo heterolítico), aparecen dando estructuras geopetales y cementos menisco, y representarían una generación de cementos y sedimento intersticial formados posteriormente en condiciones freáticas a vadosas, tal y como se ha constatado en ejemplos de playas cementadas de la costa de Turquía (ERGINAL *et al.*, 2013).

Un aspecto de especial interés para este estudio ha sido la identificación de bloques de arenas-gravas cementados (Figuras 4A y 4C), encontrados re-depositados en asociación a las rupturas sedimentarias mayores dentro de la acumulación. Su presencia indica claramente que la cementación ha ocurrido de manera coetánea a la sedimentación, de manera que tormentas inusuales eran capaces de exponer y reelaborar sedimentos que acababan de ser parcialmente consolidados por la cementación. Este es el primer trabajo de los realizados en las acumulaciones antrópicas de Uribe Kosta que documenta tal circunstancia.

4.- CONCLUSIONES

Las facies presentes en la playa de Gorrondatxe (Azkorri) se han clasificado en función de su composición, tamaño de grano y estructuras internas en tres tipos: (1) conglomerados y gravas, de la parte baja del *foreshore*, (2) arenas de grano grueso, de la parte alta del *foreshore*, y (3) arenas de grano medio-fino, de la zona del *backshore*. Estas facies determinan un tipo de playa de grava compuesta de naturaleza reflectivo-disipativa.

La arquitectura de la playa, establecida mediante cortes longitudinales y transversales, se compone de cuatro unidades, incluyendo los tres tipos de facies principales, delimitadas por discontinuidades erosivas localmente prominentes (d1, d2 y d3). Las unidades se interpretan como periodos de crecimiento y progradación del sistema, y las rupturas como resultado de periodos de tormenta inusual en los que el oleaje habría erosionado y retrabajado el techo de toda la acumulación.

Los cementos están compuestos por una primera generación (la más importante en volumen) de aragonito acicular, favorecido por la hipersaturación del catión magnesio durante la desgasificación del CO_2 , debido a la agitación del agua en la zona de batida, que inhibe el crecimiento de la calcita. Alcanzan su máximo volumen en las facies más cercanas al mar, y se habrían precipitado en condiciones marino freáticas. En particular, la existencia de bloques de arena y clastos cementados sobre las discontinuidades indica que la cementación fue en gran medida muy temprana o coetánea a la sedimentación, y no un proceso posterior, como se ha sugerido en algunos trabajos previos (p. ej. ARRIETA, 2014).

5.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado y es una contribución a los Grupos de Investigación del Sistema Universitario Vasco IT-632-13 (Grupo de estudio del Cretácico y Paleógeno) e IT-315-10 (Patrimonio y Paisajes Culturales). Agradezco a los directores de la tesis de fin de máster, los Drs. Juan Ignacio Baceta y Luis Ángel Ortega, por la oportunidad y el apoyo recibido en todo momento durante la realización de este trabajo, al Departamento de Estratigrafía y Paleontología y al Departamento de Mineralogía y Petrología, por facilitarme el uso de sus equipos e instalaciones, a Francisco de la Cruz, técnico de laboratorio encargado de elaborar las láminas delgadas, y a Imanol López Díaz, por su inestimable compañía durante el trabajo de campo.

6.- BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, A. E., MACKENZIE, W. S., GUILFORD, C.

1997 Capítulo 1: Rocas detríticas terrígenas, en *Atlas de rocas sedimentarias*. London: Masson.

AIZPURI, F.

1983 *Cementación por vertidos industriales en las playas de Vizcaya*. Informe inédito. Departamento Geología, Universidad del País Vasco, 36 p.

ARRIETA, N.

2014 *The study of an unusual temperate latitude beachrock formation. Characterization of the Azkorri beach and Tunelboka cove locations*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, 406 p.

ARRIETA, N., GOIENAGA, N., MARTÍNEZ-ARKARAZO, I., MURELAGA, X., BACETA, J.I., SARMIENTO, A., MADARIAGA, J.M.

2011 Beachrock formation in temperate coastlines: Examples in sand-gravel beaches adjacent to the Nerbioi-Ibaizabal Estuary (Bilbao, Bay of Biscay, North of Spain). *Spectrochimica Acta Part A* 80, 55-65.

ASTIBIA, H.

2012 Tunelboka y Gorrondatxe (Getxo, Bizkaia), fósiles humanos para el Antropoceno. *Euskonews*, 640.

AUSTIN, M.J., MASSELINK, G.

2005 Infiltration and exfiltration in the swash zone of a steep gravel beach. Implications for morphological change. *Coastal Dynamics V*, Barcelona, 1-14.

BORJA, A. GALPARSORO, I., SOLAUN, O., MUXIKA, I., TELLO, E. M., URIARTE, A., VALENCIA, V.

2006 The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66, 84-96.

BUSCOMBE, D., MASSELINK, G.

2006 *Concepts in gravel beach dynamics*. Earth-Science Reviews 79, 33-52.

CEARRETA, A.

1992 Ecoestratigrafía (foraminíferos bentónicos) del relleno estuarino holoceno en el litoral vasco (Golfo de Bizkaia). *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 98, 243-265.

ERGINAL, A.E., EKINCI, Y.L., Alper DEMIRCI, BOZCU, M., OZTURK, M.Z., AVCIOGLU, M., OZTURA, E.

2013 First record of beachrock on Black Sea coast of Turkey: Implications for Late Holocene sea-level fluctuations. *Sedimentary Geology* 294, 294-302.

FLÜGEL, E.

2004 *Microfacies of carbonate rocks: Analysis, Interpretation and application*. Springer Science & Business Media.

GARCÍA-GARMILLA, F.

1990 Diagénesis de las arenitas: ejemplos del Cretácico, Terciario y Cuaternario de la zona de Bilbao. *Kobie* 19, 85-103.

GINSBURG, R.N.

1953 Intertidal erosion on the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science Gulf and Caribbean* 3, 55-69.

GISCHLER, E.

2008 Chapter 11: Beachrock and Intertidal Precipitates. En Nash, D.J. y McLaren, S.J. (Eds.) *Geochemical Sediments and Landscapes*, Oxford: Blackwell Publishing, 365-390.

GIVEN, R.K. & WILKINSON, B.H.

1985 Kinetic control of morphology, composition, and mineralogy of abiotic sedimentary carbonates. *Journal of Sedimentary Petrology* 55, 109-119.

GOITIA-BLANCO, J.

2012 *La playa cementada de Tunel-Boka, Getxo: arquitectura deposicional y caracteres composicionales*. Trabajo Fin de Máster, Universidad del País Vasco, 17 p.

HANOR, J.S.

1978 Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters vs. CO₂-degassing. *Journal of Sedimentary Petrology* 48, 489-501.

JENNINGS, R., SHULMEISTER, J.

2002 A field based classification scheme for gravel beaches. *Marine Geology* 186, 211-228.

KNOX, G.J.

1973 An aragonite-cemented volcanic beach-rock near Bilbao, Spain. *Geologie en Mijnbown* 53, 9-12.

MARTÍNEZ-GARCÍA, B., PASCUAL, A., BACETA, J.I., y MURELAGA, X.

2013 Estudio de los foraminíferos bentónicos del "beach-rock" de Azkorri (Getxo, Bizkaia). *Geogaceta* 53, 29-32.

MAUZ, B., VACCHI, M., GREEN, A., HOFFMANN, G., COOPER, A.

2015 Beachrock: A tool for reconstructing relative sea level in the far-field. *Marine Geology* 362, 1-16.

MEYERS, J.H.

1987 Marine vadose beachrock cementation by cryptocrystalline magnesian calcite (Maui, Hawaii). *Journal of Sedimentary Petrology* 57, 755-761.

PIGOTT, J.D. & TRUMBLY, N.I.

1985 Distribution and origin of beachrock cements, Discovery Bay (Jamaica). *Proceedings of the 5th International Coral Reef Symposium*, Vol. 3, pp. 241-247.

PUJALTE, V., ASTIBIA, H., AIZPIRI, F., PAYROS, A.

2015 Las playas cementadas del "Antropoceno" de Bizkaia, País Vasco: origen y degradación. *Geogaceta* 57, 123-126.

READING, H. G.

1996 *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Oxford: Blackwell Publishing.

STODDART, D.R. & CANN, J.R.

1965 Nature and origin of beachrock. *Journal of Sedimentary Petrology* 35, 243-273.

TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P.

1990 *Carbonate Sedimentology*. Oxford: Blackwell Publishing.

VOUSDOKAS, M.I., VELEGRAKIS, A.F., PLOMARITIS, T.A.

2001 Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews* 85, 23-46.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	13-27	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

Implicaciones biomédicas y evolutivas de los marcadores sanguíneos en las sociedades humanas

Biomedical and evolutionary implications of blood markers in human societies

PALABRAS CLAVES: Grupos sanguíneos, antígenos, anticuerpos, patología, inmunología.
KEY WORDS: Blood groups, antigens, antibodies, pathology, immunology.

Amaia CASTRESANA PALMA⁽¹⁾

RESUMEN

En los últimos años los genes que codifican la mayoría de los sistemas sanguíneos han sido identificados. Este conocimiento ha permitido la aplicación de técnicas moleculares para caracterizar los antígenos más comunes en la membrana eritrocitaria, así como los anticuerpos que puedan estar presentes en el suero o en el plasma. Esto nos permite identificar los diferentes grupos sanguíneos y abordar las técnicas transfusionales sin apenas problemas para el paciente. Pero además, nos permite conocer la amplia diversidad genética del planeta y la relación de estos sistemas con las enfermedades, el clima, la dieta, etc...

ABSTRACT

In recent years, the genes encoding most of the blood groups have been identified. This knowledge has allowed the application of molecular techniques to characterize the most common in the erythrocyte membrane antigens and antibodies that may be present in the serum or plasma. This allows us to identify the different blood groups and transfusion techniques to address with little problems of the patient. But also it allows us to meet the wide genetic diversity of the planet and also the relationship of these systems to diseases, climate, diet...

1.- INTRODUCCIÓN

Un grupo sanguíneo es una clasificación de la sangre de acuerdo a los antígenos heredados presentes en la superficie de los glóbulos rojos y en el suero de la sangre y que se pueden detectar mediante anticuerpos específicos (ARBELAEZ, 2009). Se han descrito más de 400 antígenos en la superficie eritrocitaria (KELTON *et al*, 1986), pero el Comité Específico de la Sociedad Internacional de Transfusión Sanguínea (ISBT), solo reconoce actualmente 278. Los 240 mejor descritos están incluidos en los 29 sistemas sanguíneos. Es posible que el resto de antígenos de los hematíes no hayan sido identificados debido a que solamente un pequeño sector de la población produciría los anticuerpos específicos contra ellos (GARRATTY *et al*, 2002). Cada sistema está constituido por antígenos producidos por alelos de un locus genético único o en loci tan estrechamente ligados, que no tiene lugar recombinación.

Los antígenos de los grupos sanguíneos son proteínas o glicoproteínas estructurales de membrana del eritrocito que cuando ingresan en el organismo y se reconocen como extraños, provocan una respuesta inmune. Esta respuesta inmune induciría la producción de anticuerpos específicos que determinan una reacción observable (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1993). Los antígenos de los grupos sanguíneos se caracterizan molecular y funcionalmente como receptores, transportadores o enzimas, incluso como una puerta de entrada de patógenos, lo que podría suponer una posible asociación de estos antígenos con diversas patologías. Esta asociación puede deberse, bien a la relación del fenotipo del grupo sanguíneo con la expresión de la enfermedad o bien al papel de los grupos sanguíneos como receptores de patógenos. Pero muchas de estas asociaciones publicadas, aun no se han podido confirmar, por lo que su validez científica podría estar en entredicho (GONZALEZ-ORDOÑEZ, 2005).

Los antígenos de los eritrocitos se pueden expresar exclusivamente en los eritrocitos (ej. Rh) o simultáneamente en otras células sanguíneas y en los tejidos (MUROHY y PAMPHILON, 2001).

⁽¹⁾ Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal. Facultad de Ciencia y Tecnología. Leioa. Universidad del País Vasco UPV/EHU.

Directoras: Neskuts Izaguirre y Montserrat Hervella (Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, UPV/EHU).



Los anticuerpos o inmunoglobulinas (Ig) son proteínas plasmáticas que reconocen principalmente la cadena polipeptídica y los glicolípidos. Existen 5 clases de inmunoglobulinas: IgG, IgM, IgA, IgD e IgE, de las cuales en sangre aparecen la IgM e IgG.

Los anticuerpos IgG poseen cuatro cadenas, dos pequeñas o livianas y 2 más grandes o pesadas. Los anticuerpos IgG constituyen alrededor del 73% de las inmunoglobulinas totales. Tienen un peso molecular de unos 150.000 dalton. Por su tamaño, atraviesan con facilidad la placenta, causando la Enfermedad Hemolítica del Feto y del Recién Nacido (EHRN), la cual se presenta cuando los anticuerpos maternos cruzan la placenta y destruyen los eritrocitos fetales que poseen los antígenos correspondientes. Los anticuerpos IgG no producen aglutinación de los glóbulos rojos antigénicos suspendidos en solución salina; solo los recubren y sensibilizan.

Por su parte, las IgM se componen de 10 cadenas livianas y 10 pesadas. Los anticuerpos IgM constituyen alrededor del 8% de las inmunoglobulinas totales. Son mucho más grandes que las IgG y tienen un peso molecular de unos 900.000 dalton. No pueden atravesar la placenta, de manera que no provocan EHRN. Aglutinan con facilidad los glóbulos rojos suspendidos en solución salina y su vida media es de apenas 10 días. Durante las reacciones antígeno-anticuerpo, a menudo activan el complemento, causando hemólisis de los eritrocitos, más que aglutinación.

Además los anticuerpos de los grupos sanguíneos se pueden dividir en tres grupos: aloanticuerpos, autoanticuerpos y anticuerpos heterólogos. Los aloanticuerpos pueden ser naturales o inmunes, estimulados por transfusiones o por embarazo. Los autoanticuerpos reaccionan con antígenos de la misma persona que formó el anticuerpo y generalmente se dirigen contra antígenos de alta frecuencia. Los anticuerpos heterólogos se forman contra los eritrocitos humanos, se originan de otras especies.

Un antígeno induce la formación de un anticuerpo específico, el cual es capaz de combinarse con el antígeno. La porción que se une fuertemente con el anticuerpo, es el determinante inmunodominante. Los determinantes antigénicos pueden ser polipéptidos y polisacáridos lineales o incluso proteínas.

La especificidad depende de la estructura química del antígeno, la cual permite el contacto esteoquímico entre el antígeno y el anticuerpo. El determinante antigénico es el área accesible que se combina con el anticuerpo. El número y la localización de los determinantes antigénicos varían ampliamente de sistema a sistema y se correlaciona con la fuerza con la cual diferentes antígenos reaccionan con sus anticuerpos.

Los anticuerpos inducidos por un antígeno específico pueden presentar reacciones cruzadas con otros antígenos. Un antígeno generalmente tiene más de un determinante antigénico, que también se puede encontrar en antígenos no relacionados. La reactividad cruzada ocurre cuando los determinantes compartidos son similares.

La inmunogenicidad de un antígeno se debe a su capacidad para estimular la formación de anticuerpos. No todos los antígenos son igualmente inmunogénicos. La antigenicidad relativa se puede estimar calculando el número de personas negativas para un antígeno específico, quienes desarrollarían el correspondiente anticuerpo, y se compara con la posibilidad de recibir sangre positiva para un antígeno. De los anticuerpos, los Rh son los más comunes, seguidos por los que pertenecen a los sistemas de grupo sanguíneo Kell, Kidd y Duffy.

La formación de anti-D ocurre casi en un 1% de las exposiciones antigénicas potenciales, anti-K en aproximadamente 0,1% y anti-c y anti-E en cerca de 0,04%.

En los últimos años, se han logrado identificar los genes codificantes de los 29 grupos sanguíneos. Este cuerpo de conocimiento ha permitido aplicar técnicas moleculares innovadoras a la caracterización de antígenos de los sistemas sanguíneos más comunes y conocer las estructuras de algunas variantes fenotípicas. Así, la aplicación de técnicas moleculares de genotipado a la hora de identificar los fetos con riesgo de Enfermedad Hemolítica del Recién Nacido (EHRN) es ahora el estándar en la atención médica (STORRY y OLSSON, 2004).

El objetivo de este trabajo es recopilar la información genética disponible acerca de los sistemas sanguíneos que comúnmente se analizan en los servicios de hematología de los hospitales por su implicación en las transfusiones y la incidencia de la EHRN, y tratar de valorar si las técnicas actuales de genotipado de los diferentes sistemas sanguíneos se pueden mejorar con las nuevas tecnologías genómicas.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS. LOS GRUPOS SANGUÍNEOS

2.1. Sistema sanguíneo ABO (ABH)

El sistema ABO (ABH), es el más importante desde el punto de vista inmunológico y médico. Está formado por dos genes diferentes localizados en dos cromosomas diferentes: el gen H, localizado en el cromosoma 19q13 y el gen ABO, localizado en el cromosoma 9q34.1-q32.2, que presenta tres alelos mayoritarios que codifican dos antígenos (el A y el B) y la ausencia de antígeno. Los cuatro grupos sanguíneos de este sistema AB, A, B y O están determinados por la presencia/ausencia de estos dos antígenos.

El gen H presenta 3 exones que comprenden aproximadamente 5 kilobases (Kb). El alelo dominante, H, codifica una fucosiltransferasa. Esta enzima transfiere una fucosa (en concreto dos α -L-fucosas) a una cadena de carbohidratos (β -D-galactosa, β -D-N-acetilglucosamina, β -D-galactosa) unida a una proteína, dando lugar al antígeno o sustancia precursora. Por otro lado, el alelo h es incapaz de incorporar la fucosa a la cadena de azúcares mencionada, por lo que estos individuos, denominados individuos Bombay carecen de la sustancia precursora o antígeno H.

El sistema ABO se caracteriza por la presencia de 7 exones que comprende 18 Kb aproximadamente, siendo el exón 7 el más grande y el que contiene la mayor parte de la secuencia codificante. Se han descrito tres alelos mayoritarios: A y B codominantes y O.

El alelo A codifica una glicosiltransferasa, cuya función es transferir una α -N-acetilgalactosamina a la D-galactosa del extremo del antígeno H, dando lugar al antígeno A. El alelo B, codifica una glicosiltransferasa que transfiere otra D-galactosa a la D-galactosa del extremo del antígeno H, dando lugar al antígeno B. En el caso del antígeno O, el nucleótido de la posición 261 (exón 6) se encuentra deletado, lo cual conlleva un desplazamiento en el marco de lectura (*frameshift*) y la inactivación del gen. El alelo O, no modifica al antígeno H.

A diferencia del fenotipo Bombay, los individuos O sí que poseen el antígeno H. Cuando a un individuo con fenotipo Bombay se le transfunde la sangre de un individuo O (en la superficie de sus glóbulos rojos presenta el antígeno H), produce un anticuerpo contra el antígeno H de los individuos donantes. Los individuos Bombay solo pueden recibir sangre de otros individuos que sean hh. Estos individuos, al no producir la sustancia H, los alelos del gen ABO no lo pueden transformar. De hecho, en estos individuos se pueden expresar los alelos A y B pero no tienen molécula precursora que modificar (KELTON *et al.*, 1986).

2.1.a. Anticuerpos del sistema ABO

Los anticuerpos del sistema ABH (ABO) son denominados “naturales”, ya que aparecen en las primeras etapas de la vida extrauterina, por exposición a antígenos ubicuos presentes en superficies bacterianas y ciertos tipos de alimentos que tienen una composición similar a los antígenos presentes en la membrana de los eritrocitos. Estos anticuerpos son proteínas de estructura globular sintetizadas por células del sistema inmune presentes en la sangre (plasma) y otros fluidos biológicos (saliva, lágrimas,...), se denominan inmunoglobulinas y predominantemente son de naturaleza IgM (REGUEIRO, 2011). Evolutivamente son muy antiguos y también se denominan macroglobulina, debido a su gran tamaño (elevado peso molecular) y la capacidad de interactuar y formar complejos que fijan el complemento y actuar contra los diferentes antígenos. Debido a su gran tamaño, no son capaces de atravesar la barrera placentaria (no son capaces de causar la EHRN), pero pueden estar implicados en las reacciones transfusionales.

Alguno de estos anticuerpos, en menor frecuencia en el caso del sistema ABO, también pueden ser de naturaleza IgG. El organismo sintetiza estas IgG, principalmente por el estímulo de antígenos (LITMAN *et al.*, 1993) y en respuesta a la invasión por bacterias, hongos y virus. Es la inmunoglobulina más pequeña, así que puede pasar fácilmente del sistema circulatorio del cuerpo a los tejidos. La IgG es la única clase de inmunoglobulinas que atraviesa la placenta, transmitiendo la inmunidad de la madre al feto de manera natural y pasiva, causando la EHRN. El anti-AB, anticuerpo sintetizado por los individuos con fenotipo O, no es una simple mezcla de anti-A y anti-B, sino que es un tercer anticuerpo que presenta reacción cruzada con un antígeno presente en los hematíes A y B; este antígeno se denomina complejo A, B o antígeno C.

2.1.b. Los antígenos ABH en secreciones

Las sustancias A, B y H se hallan en el plasma de todos los individuos, pero algunos individuos también presentan estas sustancias en saliva y otros fluidos corporales; se dice que estos individuos son secretores (KELTON *et al.*, 1986). Su presencia en esos fluidos está controlada por el gen secretor, Se, que es un gen autosómico dominante (SeSe, Sese).

No se ha identificado ningún producto específico del gen secretor, aunque se sabe que este gen regula la síntesis de la sustancia H en las secreciones. Así un secretor del grupo A, tiene antígenos A y H en sus fluidos biológicos. Los no secretores (se se) no tienen antígenos ABH en sus secreciones. En la práctica, se considera que un individuo es secretor, si presenta los antígenos del grupo sanguíneo ABH en su saliva.

Existen otros grupos sanguíneos que también pueden ser secretores/no-secretores: por ejemplo el sistema Lewis.

2.1.c. Implicaciones médicas

Existen estudios sumamente interesantes de la asociación de los grupos sanguíneos con enfermedades humanas. Las bacterias y los helmintos presentan unas cadenas de azúcares, capaces de traspasar la placenta, semejantes a los antígenos A y B, por ello los lactantes se verán expuestos a ellos en los primeros meses de vida, de modo que el suero de cada uno de nosotros presentará el anticuerpo complementario de forma natural. Las aglutininas naturales del sistema ABO mantienen estrechas conexiones con el sistema defensivo del organismo. Las aglutininas naturales desarrollarían funciones defensivas; por ejemplo, los sujetos del grupo O disfrutarían de una mayor protección frente a infecciones, dada la reactividad cruzada por una mayor coincidencia de las cadenas de azúcares.

Por ejemplo, los sacáridos de la membrana de *Escherichia coli* presentan semejanza con la cadena de azúcares de los antígenos del grupo B (WITTELS y LICHTMAN, 1986). En algunos estudios, se ha observado una mayor predisposición a sufrir infecciones de las vías urinarias en los sujetos carentes de anti-B, o una protección de los individuos que presentan algún antígeno del grupo A. Otra asociación se daría entre sujetos que presentan el antígeno A1 con el carcinoma colorrectal y la sepsis por bacterias gramnegativas (YIP *et al.*, 1996). Asimismo en zonas endémicas de *Vibrio cholerae* en la India, se ha visto una relación entre la alta prevalencia del grupo sanguíneo B y la protección contra el cólera (GLASS *et al.*, 1985).

La población caucásica, presenta en general, un mayor porcentaje de anti-A que de anti-B; contrariamente a lo observado en la población africana y otras poblaciones indígenas. El porcentaje de aglutininas naturales son superiores en poblaciones indígenas, lo que guardaría relación con el mayor grado de inmunización infecciosa que soportan. Como contrapartida, desarrollarían formas de enfermedad hemolítica neonatal por anti-A o anti-B más frecuentes (TOY *et al.*, 1988) y más graves (BUCHER *et al.*, 1976) o mayor tasa de abortos en caso de incompatibilidad materno fetal ABO (GONZÁLEZ-ORDÓNEZ, 2005). Cuando la madre es del grupo O y el niño/a pertenece al grupo A, B o AB, los anticuerpos del individuo del grupo O son IgG (capaces de traspasar la placenta). En cambio cuando la madre es A o B y el niño/a incompatible, rara vez se manifiesta la enfermedad puesto que los anticuerpos de la madre son IgM para los cuales la placenta es impermeable.

Existen estudios como el de MOURANT (1978) en el que se menciona una mayor incidencia de malaria y viruela en individuos que presentan el antígeno A o la peste con el grupo O.

Algunos patógenos infecciosos del tubo digestivo y vías urinarias podrían precisar sacáridos del grupo ABO o Lewis para su anclaje, aunque los trabajos clínicos no siempre confirman estos hallazgos experimentales (UMLAUFT *et al.*, 1996; ISSITT y ANSTEE, 1998; ZIEGLER *et al.*, 2004). En algunos trabajos se ha observado que los individuos con el antígeno O presentaban una mayor incidencia por infección con *Helicobacter pylori*, y por tanto una mayor prevalencia de gastritis y úlcera péptica (ISSITT y ANSTEE, 1998). El mecanismo descrito sería una mayor eficiencia de *H. pylori* a unirse con azúcares fucosilados como los que presentan el antígeno O, o los antígenos Le^b y B-Le^b del sistema Lewis (BOREN *et al.*, 1993). Sin embargo, esta relación no siempre se ha podido demostrar clínicamente (NIV *et al.*, 1996; SHIBATA *et al.*, 2003).

La asociación más clara hasta ahora descrita es la influencia de los antígenos del sistema ABO en las enfermedades cardiovasculares y el mayor riesgo tromboembólico debido a una mayor concentración del factor von Willebrand (FvW) y actividad del factor VIII coagulante (FVIIIc) en plasma (SOUTO *et al.*, 2000). Al parecer las personas del grupo O tienen menos niveles de Factor FvW y de FVIII porque el antígeno H de sus hematíes interactúa con estos dos factores disminuyendo su cantidad en sangre (ZHANG *et al.*, 2012; O'DONNELL y LAFFAN, 2001).

2.2. Sistema sanguíneo duffy

El sistema Duffy se describió serológicamente en 1950, cuando se detectó el anticuerpo Anti-Fy^a en el suero de un hemofílico multitransfundido (llamado Duffy). El sistema Duffy es una proteína codificada por el gen *DARC* localizado en el brazo largo del cromosoma 1 (1.q22-1.q23). Este gen está compuesto de 2 exones con una longitud total de 1.500 nucleótidos. Los antígenos del sistema Duffy son glicoproteínas, es decir moléculas compuestas de una proteína unida a uno o varios azúcares presentes en la superficie celular de los glóbulos rojos. Están formados por un extremo N-terminal extracelular (con 63 residuos aminoacídicos y dos glicosilaciones) y un extremo C intracelular. En el caso de los antígenos del sistema Duffy, están compuestos de 336 aminoácidos (CD234) que atraviesan la membrana celular siete veces y que funciona como receptor de quimiocinas (STORRY y OLSSON, 2004).

Este sistema está compuesto de 4 alelos codominantes: Fy^{*A}, Fy^{*B}, Fy^{*X} y Fy^{*Y}, y 5 fenotipos: Fy^a, Fy^b, Fy⁰, Fy^x y Fy^y. Los más frecuentes son el Fy^a y Fy^b. Estos dos antígenos difieren entre sí por un cambio aminoacídico en la posición 42 de la proteína, una glicina en Fy^a y un ácido aspártico en el Fy^b (todo ello debido a una mutación de una guanina (G) a adenosina (A) en la posición nucleotídica 125 del gen).

2.2.a. Los anticuerpos del sistema Duffy

La mayor parte de los anticuerpos pertenecientes al sistema Duffy son inmunoglobulinas de naturaleza IgG, por tanto capaces de atravesar la placenta, y pueden asimismo activar la secuencia del complemento (proteínas naturales relacionadas con la defensa del organismo y el sistema de coagulación).

El antígeno Fy^a es más inmunógeno que el Fy^b, es decir, tiene mayor capacidad de estimular la respuesta inmune (ARBELÁEZ, 2009) y es frecuente que produzca EHRN y reacciones transfusionales. Su frecuencia es generalmente más alta en la mayoría de las poblaciones. El Fy^b es más común en aquellos pacientes que han desarrollado múltiples aloanticuerpos, como por ejemplo pacientes politransfundidos y expuestos a antígenos "extraños" (KELTON *et al.*, 1986).

2.2.b. Implicaciones biomédicas

El sistema Duffy puede ser causa de reacciones transfusionales y de producir la EHRN, dada la naturaleza IgG de sus inmunoglobulinas.

Además de causar reacciones transfusionales y la EHRN, el sistema Duffy está directamente relacionado con la malaria. El *Plasmodium vivax* y *P. knoelesi*, los principales parásitos causantes de la malaria, requieren necesariamente de este receptor para penetrar en el interior del hematíe y desarrollar su fase intracelular del ciclo vital. Una mutación puntual, causante del bloqueó en el promotor del gen, impediría la expresión Duffy eritrocitaria en algunos individuos. Dada la presión selectiva ejercida por la malaria en el África Occidental, esta mutación alcanza casi el 100% de los sujetos de estas poblaciones. Los sujetos Fy^a-Fy^b- (Duffy negativos) están protegidos frente a esta forma de malaria, por lo que *P. vivax* prácticamente ha desaparecido de estas zonas (GARRATTY *et al.*, 2002; STORRY y OLSSON, 2004).

Sin embargo, se ha observado la presencia de infecciones por malaria en individuos Duffy negativos en Kenia (RYAN *et al.*, 2006), Madagascar (MÉNARD *et al.*, 2011), Angola y Guinea Ecuatorial (MÉNDES *et al.*, 2011), Mauritania (WURTZ *et al.*, 2011), Congo (CULLETON *et al.*, 2009), Uganda (DHORDA *et al.*, 2011) e incluso en Brasil (CAVASINI *et al.*, 2007a, b), lo que nos indicaría una mayor resistencia a la enfermedad de los individuos Duffy negativos, no a la infección.

Por otro lado, el *Plasmodium falciparum*, es más agresivo y menos selectivo, ya que utiliza diferentes glucoforinas, como la A, B, C y D como vías de entrada al hematíe, por lo que de este modo puede perpetuar la epidemia. Así, las muertes de malaria debidas a *P. falciparum* ascienden a más de un millón de niños cada año, en las áreas endémicas está incluso afectando a otros sistemas sanguíneos (como el Gerbich) y se relaciona con la abundancia y la alta prevalencia de las hemoglobinopatías (drepanocitosis y talasemias, entre otras) en estas zonas (estas anomalías suponen una ventaja adaptativa ya que permite bloquear el ciclo eritrocitario del parásito) (WEATHRALL *et al.*, 2002).

2.3. Sistema sanguíneo kell

El sistema del antígeno Kell contiene más de 24 antígenos, aunque los principales son el antígeno Kell (K), y su antígeno antitético, el cellano (k). Se cree que está formado por tres *loci* ligados, cada uno de ellos con dos alelos codominantes que producen dos antígenos: el primer locus con los alelos K (Kel1, Kell ó K1) y k (Kel2, cellano k2); el segundo *locus* con los alelos Kp^a y Kp^b y finalmente el tercer locus con los alelos Js^a y Js^b.

Este sistema depende de la expresión del gen *KEL*, situado en el cromosoma 7q33 y que codifica una glicoproteína transmembrana de tipo II de 732 aminoácidos de longitud, altamente polimórfica (STORRY y OLSSON, 2004; LEE, 1998)

El cromosoma X presenta un gen denominado XK, que codifica una sustancia precursora llamada Kx, a la que se le unen mediante uniones bisulfito las glucoproteínas codificadas por el gen *KEL*, formándose así los antígenos del sistema Kell. Esta sustancia precursora se encuentra tanto en leucocitos como en hematíes. La mayor parte de la sustancia Kx eritrocitaria se transforma en los antígenos del sistema Kell. La sustancia Kx de los leucocitos permanece inalterada (KELTON *et al.*, 1986).

El fenotipo McLeod, es la forma grave de Kell nulo, dado que no hay ninguna variante de los antígenos Kell por la ausencia del precursor.

2.3.a. Anticuerpos del sistema Kell

Cuando un individuo porta el alelo K, se denomina K(+), es decir Kell positivo, mientras que si se porta el fenotipo kk, hablamos de K(-), Kell negativo o cellano.

Los anticuerpos del sistema Kell son de naturaleza IgG, pueden pasar fácilmente del sistema circulatorio a los tejidos o la placenta. Su producción se estimula mediante transfusión o por embarazo. Pueden por lo tanto ser causa de reacciones transfusionales y de producir la EHRN, por lo que son clínicamente significativos.

Después del sistema ABO y Rh, los anti-K son los antígenos más estudiados, en los servicios de transfusiones de los hospitales.

2.3.b. Implicaciones Biomédicas

Los antígenos del sistema Kell son importantes en la medicina transfusional, anemia hemolítica autoinmune y EHRN (anti-Kell) (LEGGAT *et al.*, 1991). En la medicina transfusional, los pacientes sensibilizados contra un antígeno tienen que ser transfundidos con hematíes carentes de este antígeno, para evitar la hemólisis.

La anemia hemolítica autoinmune, ocurre cuando el cuerpo produce un anticuerpo contra un antígeno propio provocando la destrucción de los eritrocitos. Todas ellas pueden ser muy severas (KELTON *et al.*, 1986).

El fenotipo McLeod afecta a varones que sufren anemia hemolítica, que cursa también con acantocitosis (BALLAS *et al.*, 1990). Se debe a una delección extensa del cromosoma X, que cursa además con distrofia muscular tipo Duchenne (neuroacantocitosis) (BARNETT *et al.*, 2000; RAMPOLDI *et al.*, 2002)

La ausencia de la sustancia Kx en los leucocitos se ha asociado con la enfermedad granulomatosa crónica. Tales leucocitos pueden fagocitar, pero no eliminar las bacterias. Por ello, los pacientes con

enfermedad granulomatosa crónica presentan infecciones bacterianas recurrentes, es decir, una función leucocitaria deficiente.

Si la substancia Kx falta tanto en los hematíes como en los leucocitos, estos individuos presentarían tanto el fenotipo McLeod, como la enfermedad granulomatosa crónica.

2.4. Sistema sanguíneo Kidd

Este sistema depende del gen *UTI* (transportador de urea), situado en el cromosoma 18 en la región q11-q12 y codifica para la glucoproteína Kidd de 10 dominios (atravesan 10 veces la membrana eritrocitaria) y 389 aminoácidos de longitud. Funciona como transportador de urea, ya que este sistema también se expresa en la medula renal (SANDS, 2003).

2.4.a. Los antígenos del sistema Kidd

El sistema Kidd presenta dos alelos que dan lugar a dos antígenos: Jk^a (a+b-) y Jk^b (a-b+). Aunque se ha descrito un tercer antígeno Jk^3 , este no parece tener una importancia clínica relevante. El fenotipo raro Jk (a-b-) lo presentan los individuos homocigóticos para el alelo silencioso Jk (KELTON *et al.*, 1986). Destacan por su posibilidad de desarrollar un anticuerpo contra ambas especificidades simultáneamente, tras una gestación o una transfusión, denominado anti- Jk^3 (WOODFIELD *et al.*, 1982).

2.4.b. Los anticuerpos del sistema Kidd

Los anticuerpos del sistema Kidd, anti- Jk^a y anti- Jk^b , son de naturaleza IgG, es decir, capaces de atravesar la barrera placentaria y de fijarse al complemento y activarlo. Los anticuerpos anti- Jk^a y Jk^b , aunque son inmunógenos débiles, pueden ser causa de EHRN y además son capaces de producir reacciones transfusionales en pacientes sensibilizados (KELTON *et al.*, 1986). Las proteínas de este sistema están relacionadas con los mecanismos de defensa del organismo y desempeñan un importante papel en la inmunidad frente a las infecciones.

2.4.c. Implicaciones biomédicas

Aunque los sujetos con fenotipo nulo Jk (a-b-), sufren un ligero defecto en el transporte de agua y urea (principal producto terminal del metabolismo de las proteínas), estos no están clínicamente enfermos y no parece que desarrollen ninguna patología importante (WOODFIELD *et al.*, 1982).

2.5. Sistema sanguíneo Lewis

El sistema sanguíneo Lewis depende de la acción de dos genes: el gen *FUT3* (o Lewis), situado en el cromosoma 19, región p13.3 y el gen *FUT2* (o gen secretor), situado en la región q13.3. Ambos genes se expresan en el epitelio glandular y tienen dos alelos dominantes (Le y Se, respectivamente) que codifican enzimas con función fucosiltransferasa y dos alelos recesivos (le y se, respectivamente) que no son funcionales.

El gen *FUT3* codifica una fucosiltransferasa de 361 aminoácidos de longitud. Este gen está relacionado con el sistema sanguíneo ABO(H). En un individuo no secretor (se se), el sistema Lewis va a añadir una fucosa a la posición subterminal de la sustancia precursora H del sistema ABO(H), transformándolo en el antígeno Le^a . En los individuos secretores (Se, sus células exocrinas contarán también con la enzima fucosiltransferasa 2), la acción combinada de estos dos genes produce el antígeno Le^b (VESTERGAARD *et al.*, 1999).

El antígeno Le^a es difícil de detectar ya que se transforma fácilmente en Le^b . Las personas con el antígeno Le^a fácilmente perceptible son no-secretoras, mientras que el antígeno Le^b solo se encuentra en secreciones. Los individuos con Le (a-b-) son homocigotos para el alelo recesivo le y pueden ser secretores o no secretores. El vínculo entre el grupo sanguíneo Lewis y la secreción de los antígenos del sistema sanguíneo ABO, fue posiblemente el primer ejemplo de múltiples efectos de un gen en un ser

humano. La misma enzima (fucosiltransferasa II) que convierte el antígeno Le^a en antígeno Le^b, también es responsable de la presencia de los antígenos A, B y H solubles en los fluidos corporales.

2.5. Implicaciones biomédicas

Los antígenos Le^b y H son receptores de la bacteria *Helicobacter pylori*, una bacteria gramnegativa que puede causar gastritis (en individuos secretores) (FALK *et al.*, 1995) y además está implicada en la úlcera péptica, el adenocarcinoma gástrico, el linfoma asociado a mucosa y la púrpura trombocitopénica idiopática (ITP) (BOREN *et al.*, 1993; y FRANCHINI, 2004). El antígeno Le^b también parece ser receptor para el virus de Norwalk (causa frecuente de gastroenteritis aguda) (HUTSON *et al.*, 2003).

Asimismo el sistema secretor está asociado a riesgo tromboembólico debido a la interacción fenotípica con el gen Se. Los sujetos del fenotipo Le^b tendrán (como los del grupo sanguíneo A, B o AB) un nivel superior de FvW (factor von Willebrand) y FVIIIc (factor coagulante VIII) en plasma (SOUTO *et al.*, 2000) (explicados en el sistema ABO) con mayor riesgo de tromboembolia (obstrucción de la arteria pulmonar por causa de un trombo) (ORSTAVIK *et al.*, 1989).

El fenotipo nulo Le (a-b-), ausencia del gen *FUT3*, se asocia con una mayor susceptibilidad a las infecciones debidas a *Candida sp* (o candidiasis). y uropatógenos como la *Escherichia coli* (HILTON *et al.*, 1995; STAPLETON *et al.*, 1992).

2.6. Sistema sanguíneo MNSS

Los antígenos del sistema MNSs son el producto de los genes *GYP A* y *GYP B*, situados en el cromosoma 4q28.2-q31.1. Codifican para dos glucoforinas: la glucoforina A (M/N) y la glucoforina B (S/s), respectivamente (GONZÁLEZ-ORDÓÑEZ, 2005). Estamos ante un sistema sanguíneo con dos *loci* estrechamente ligados, esto hace que la recombinación sea posible, pero altamente improbable. Los genes del sistema MNSs se transmiten en bloque para dar lugar a asociaciones o haplotipos.

La forma predominante de la glucoforina A sería el antígeno M y dos mutaciones puntuales (Ser1Leu y Gly5Glu) darían lugar al antígeno N. Igualmente, la glucoforina B puede presentarse como el antígeno S o como antígeno s cuando Met29Thr (STORRY y OLSSON, 2004). La glucoforina A es una proteína integral extensamente representada en la membrana, que evita la agregación eritrocitaria en la circulación. Con 10⁶ copias por hematíe contribuye al glucocalix, material polimérico extracelular que recubre la superficie celular, y funciona como chaperona de las proteínas del canal de aniones (POOLE, 2000). En el caso de la glucoforina B, se desconoce su papel fisiológico, no resulta obvio, dado que su fenotipo nulo (S-s-U-/S-s-U^{w+}) no asocia ninguna anomalía hematológica clara.

2.6.a. Los anticuerpos MNSS

El anticuerpo M generalmente está constituido por una mezcla de inmunoglobulinas M y G. Son de origen natural y reaccionan a temperaturas frías (4° C). Con frecuencia produce intensas reacciones con los hematíes de individuos homocigóticos (NN) y reacciones débiles con los hematíes de los heterocigóticos (MN). No son clínicamente significativos. Esta variación se denomina efecto de dosis. La débil reactividad los hematíes M+, N+ heterocigóticos puede aumentarse mediante el uso de un suero acidificado (KELTON *et al.*, 1986).

El anticuerpo N también es una aglutinina fría natural. Son de naturaleza IgM. No produce reacciones transfusionales, ni EHRN, por lo que no son clínicamente significativos.

El anticuerpo S puede ser una antiglobulina M o G (IgM o IgG) y suele darse en pacientes politransfundidos. El anticuerpo s, generalmente es de naturaleza IgG. Éstos son poco frecuentes, pero peligrosos. Ambos reaccionan a 37°C. Tanto el anti-S como el anti-s pueden causar reacciones transfusionales hemolíticas y EHRN (KELTON *et al.*, 1986).

El antígeno U, (fue descrito en 1953 y su nombre viene por la distribución casi universal) (REID y LOMAS-FRANCIS, 2004) es de naturaleza IgG y clínicamente significativo ya que es capaz de producir enfermedad hemolítica del recién nacido.

2.6.b. Implicaciones biomédicas

Su relación con las enfermedades no está bien acreditada dado que las descripciones realizadas no han sido suficientemente contrastadas por diferentes grupos de investigadores. Así, se atribuye al fenotipo NS una cierta protección frente a la bronquitis crónica en fumadores moderados (SUADICANI *et al.*, 2001). Igualmente, faltaría por confirmar el papel del sistema MNS en la hipertensión arterial (GONZÁLEZ-ORDÓÑEZ, 2005; FORESTO *et al.*, 1998; MILLER *et al.*, 1979).

2.7. Sistema sanguíneo RH

El sistema Rh es uno de los sistemas más complejos conocidos en seres humanos. La complejidad de los antígenos del grupo sanguíneo Rh comienza con la elevada variabilidad genética que presentan los genes que lo codifican. Hay dos genes estrechamente vinculados, el *RHD* (el verdadero Rh) y el *RHCE*. Existen numerosas reordenaciones genéticas, que codifican una gran variedad de antígenos Rh distintos. Se conocen hasta 49 antígenos Rh, cinco de los cuales revisten especial relevancia: C, D, E, c, e (DEAN, 2005). Se consideran Rh positivas, aquellas personas que presentan el antígeno D en sus hematíes y Rh negativas aquellas que no lo tienen

La importancia de este sistema radica en la elevada inmunogenidad de los antígenos Rh. Cuando a una persona Rh- se le transfunden glóbulos rojos Rh+, producirá el anticuerpo anti-D, causando una reacción hemolítica (HTR) o la EHRN. Por esta razón, el estado Rh se determina de forma rutinaria en los donantes de sangre, receptores de transfusiones y en las mujeres embarazadas (DEAN, 2005)

El *locus Rh* se encuentra en el brazo largo del cromosoma 1 (1p36-p34). Contiene los genes *RHD* y *RHCE*, que se encuentran en tándem. Estos genes son homólogos estructurales. El *RHD* y *RHCE* contienen cada uno 10 exones y abarcan una secuencia de 75 Kb altamente homólogos (FLEGEL y WAGNER, 2000). Cada uno de estos genes codifica una proteína de transmembrana de más de 400 residuos aminoácidos que atraviesa la membrana de RBC 12 veces. La proteína *RHD* difiere de la forma común de la proteína *RHCE* en 35 aminoácidos.

Hay una variante del antígeno D que es importante determinar y al que se denomina D^u. Esta variante es una fracción pequeña del Rh. Los hematíes con esta variante generalmente dan reacciones débiles o negativas con el anti-D, siendo generalmente detectados gracias a una prueba indirecta de la antioglobulina que se determina mediante la reacción por aglutinación (KELTON *et al.*, 1986).

2.7.a. Los anticuerpos del sistema Rhesus

Los anticuerpos del sistema Rhesus son casi siempre de naturaleza IgG, es decir, son inmunoglobulinas que por su tamaño y estructura son capaces de atravesar la membrana placentaria causando la EHRN.

2.7.b. Implicaciones biomédicas

Su importancia hemoterápica y biomédica radica en la frecuencia con la que puede originar reacciones transfusionales hemolíticas (incluso mortales) y en la gravedad de muchas formas de isoimmunización Rh materno-fetal con EHRN. Cuando una mujer Rh- queda embarazada de un hombre cuyo factor sanguíneo es Rh+, el feto va a tener una mezcla de ambos factores sanguíneos. Una vez que la madre entra en contacto con la sangre Rh+ del feto, su organismo va a reconocer los glóbulos rojos del feto como cuerpos extraños y automáticamente va a crear anticuerpos que ayuden a destruirlos. Durante el primer embarazo es poco probable que el feto se vea afectado. El intercambio de sangre entre la madre y el feto no es tan grande hasta el momento del parto o la cesárea. Si la madre queda embarazada de nuevo o pasa por una situación de riesgo y no se le pone la gamma-globulina anti-D, los anticuerpos presentes en la sangre van a atravesar la placenta y van a destruir los glóbulos rojos del feto, generándole una anemia. Las consecuencias de ello pueden ser muy graves para la salud del feto, quien puede llegar a fallecer.

El anti-D, anti-C, anti-E y anti-e han estado involucrados en las reacciones transfusionales hemolíticas, particularmente retardadas (DANIELS, 2002). El tipo de sangre de rutina para el estatus Rh D tanto

en los donantes de sangre y los receptores de transfusiones ha reducido la incidencia de reacciones transfusionales causadas por anti-D. Pero la sensibilización a otros antígenos Rh, arriba comentados, puede ser un problema en la medicina transfusional.

En cuanto a la EHRN, el anti-D causa la forma más grave; habiendo sido en el pasado la causa mayoritaria de muerte fetal. Desde que la inmunoglobulina anti-D se viene utilizando de forma rutinaria, en mujeres Rh-, su incidencia es baja o nula (SMITH, 2005).

Este sistema también está relacionado con la Anemia Hemolítica Autoinmune.

3.- DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La secuenciación del genoma humano y las nuevas tecnologías desarrolladas en este campo han supuesto un enorme avance y conocimiento de la base genética y bioquímica de los sistemas sanguíneos. A pesar de que aun desconocemos con exactitud cuál es la función de los grupos sanguíneos más allá de su relación con la respuesta inmunitaria, su conocimiento y tipificación son de enorme importancia en las prácticas transfusionales.

Se ha observado que los sacáridos de los antígenos de algunos grupos sanguíneos, guardan semejanza con los que muestran algunos patógenos. Cuando ocurre esta coincidencia, los individuos portadores de dichos antígenos presentan una mayor predisposición a sufrir las infecciones generadas por el patógeno; en cambio los individuos portadores del anticuerpo contra esos patógenos, presentan una mayor protección frente a la infección. Esta dinámica se ha observado en el caso del grupo sanguíneo ABO, cuyos antígenos guardan semejanza con los sacáridos de membrana de *E. coli* y *H. pylori*.

Pero quizá el caso más evidente lo observamos entre el sistema Duffy y los patógenos causantes de la malaria. El *P. vivax* y *P. knoelesi* requieren necesariamente de los antígenos del sistema Duffy para penetrar en el interior del hematíe y desarrollar la fase intracelular del ciclo vital. Aquellos individuos que tienen el promotor del gen *DARC* bloqueado, no pueden sintetizar los antígenos del sistema Duffy, son Fy^a-Fy^b- (Duffy negativos), y por tanto el parásito de la malaria no puede iniciar la fase intracelular de su ciclo vital. Dada la presión selectiva que la malaria ejerce en zonas endémicas del África occidental, los Duffy negativos alcanzan el 100% de la población.

De esto modo, la incidencia de enfermedades infecciosas en las poblaciones mundiales a partir del neolítico (desarrollo de la ganadería y contacto estrecho con animales domesticados vectores de gran cantidad de enfermedades infecciosas) y a lo largo de la historia han podido modelar la distribución de los diferentes antígenos de los grupos sanguíneos.

Asimismo, a un nivel menos estricto también se han descrito asociaciones con las enfermedades cardiovasculares. La asociación más clara ocurre entre los antígenos del sistema ABO y las enfermedades cardiovasculares, debido a que los antígenos de este sistema (el A y el B) favorecen una mayor concentración de los factores FvW y FVIIIc en plasma. Sin embargo, el antígeno H no modificado de los individuos O, interactúa con los factores FvW y FVIIIc disminuyendo su cantidad en sangre.

Otro factor que también ha podido afectar a la distribución de los antígenos de los grupos sanguíneos es la EHRN. En este caso los fetos heterocigotos de madres carentes del antígeno, se encuentran en desventaja selectiva, ya que los anticuerpos generados por la madre contra los antígenos presentes en el feto traspasan la placenta destruyendo los glóbulos rojos del feto y causando la muerte. Esto supone que el antígeno que presenta la frecuencia más baja podría desaparecer o presentar unas frecuencias casi nulas, con el tiempo. Sin embargo hoy día, su incidencia es nula o muy baja por el control que hay con respecto al sistema Rh en mujeres embarazadas y la utilización de la gammaglobulina anti-D.

Las asociaciones mencionadas en mayor (asociación con patógenos) o menor medida enfermedades cardiovasculares y EHRN) han podido contribuir a lo largo de la historia de nuestra especie en la distribución de los antígenos de los grupos sanguíneos.

Actualmente, la importancia de los grupos sanguíneos radica en su tipificación para las transfusiones. Gracias a los avances científicos de nuestra sociedad, las transfusiones sanguíneas son una práctica cultural rutinaria reciente en los hospitales. Dada la importancia y riesgo de las transfusiones es necesario un conocimiento exhaustivo de la base genética, bioquímica y serológica de los anticuerpos.

Las nuevas pruebas biología molecular nos permiten el conocimiento del genotipo fetal en mujeres en embarazo que han desarrollado anticuerpos contra los grupos sanguíneos del feto, así, poder tomar las medidas médicas adecuadas lo antes posible. También permiten llevar a cabo análisis más exhaustivos de los grupos sanguíneos de individuos multitransfundidos, detectar donantes con baja expresión de algunos antígenos (como es el caso del antígeno D del sistema Rh), hacer diagnósticos genéticos de preimplantación y la tipificación de donantes para los polimorfismos más importantes.

Sin embargo, las Unidades Transfusionales de los Hospitales cuentan de forma rutinaria, con una metodología de tipificación basada en sencillas técnicas de aglutinación de tipaje del sistema ABO y Rh, pruebas cruzadas (enfrentar la sangre del donante con el suero del receptor) y el escrutinio de anticuerpos irregulares mediante técnicas de aglutinación muy estratificadas, con el fin de evitar la aloinmunización de los receptores.

A pesar de la sencillez de estas técnicas habitualmente empleadas en las unidades transfusionales, resultan muy eficaces y validas, por su seguridad en la transfusión de la sangre y sus derivados de donantes a pacientes.

La utilización de las nuevas metodologías moleculares más laboriosas y costosas, no es una práctica rutinaria en la tipificación de los grupos sanguíneos. Si bien, desde un punto de vista teórico nos proporcionaría una tipificación muy exhaustiva y específica, este protocolo aún no está validado. Por tanto, el sencillo pero exhaustivo protocolo estratificado de tipificación rutinaria de los sistemas sanguíneos de las unidades transfusionales es muy adecuado para obtener resultados óptimos y seguros.

4.- CONCLUSIONES

- 1.- La asociación existente entre algunos antígenos de los sistemas sanguíneos con algunos patógenos e incluso con algunas enfermedades y la Enfermedad Hemolítica del recién Nacido, nos obliga a interpretar con cautela los resultados de los estudios poblaciones llevados a cabo con los marcadores de los grupos sanguíneos. Dada esta asociación, la distancia genética existente entre dos poblaciones se puede interpretar como una adaptación al medio, no una relación antecesor/descendiente.
- 2.- Las técnicas rutinarios de tipificación de las Unidades transfusionales de los hospitales basad en técnicas de aglutinación y cruzamiento de sueros resultan sencillas y válidas, para llevar a cabo las transfusiones de sangre y sus derivados de un modo seguro y específico. Las técnicas moleculares, si bien pueden dar un lugar a una mayor información y especificidad genética, resultan mucho más laboriosa y costosas y aun no está validadas.

5.- AGRADECIMIENTOS

A las directoras de este trabajo, las Doctoras Neskuts Izagirre y Montserrat Hervella por su ayuda y apoyo en la realización del mismo. A la Catedrática Concepción de la Rúa por haber sido mi tutora estos dos años en el máster. Y a todos los profesores y compañeros que he tenido durante este tiempo y que me han prestado su ayuda cuando la he necesitado.

6.- BIBLIOGRAFÍA

ARBELAEZ GARCIA, CA.

2009 Fundamentos de banco de sangre y medicina transfusional. *Medicina&Laboratorio*, 15: 37-68.

BALLAS, SK., BATOR, SM., AUBUCHON, JP., MARSH, WL., SHARP, DE. y TOY, EM.

1990 Abnormal membrane physical properties of red cells in McLeod syndrome. *Transfusion*, 30: 722-7

BARNETT, SK., YANG, F., ILAND, H. y POLLARD, JD

2000 Unusual muscle pathology in McLeod syndrome. *Journal of Neurology, Neurosurgery&psychiatry*, 69: 655-7

- BOREN, T., FALK, P., ROTH, KA., LARSON, G. y NORMARK, S.
1993 Attachment of *Helicobacter pylori* to human gastric epithelium mediated by blood group antigens. *Science*, 262: 1892-5
- BUCHER, KA., PATTERSON, AM., ELSTON, RC. y KIRKMAN, HN.
1976 Reasel differace in incidence of ABO hemolytic diasease. *American Journal of Public Health*, 66: 854-8
- CAVASINI, CE., MATTOS, LC., COUTO, AA., COUTO, VS., GOLINO, Y., MORETTI, LJ., BONINI-DOMINGOS, CR., ROSSIT, AR., CASTILHO, L., y MACHADO, RL.
2007a Duffy blood group gene polymorphisms among malaria vivax patients in four areas of the Brazilian Amazon region. *Malaria Journal*, 6:167
2007b Plasmodium vivax infection among Duffy antigen-negative individuals from the Brazilian Amazon region: an excepcion?. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine&Hygiene*, 101 (10): 1042-4.
- CULLETON, R., NDOUNGA, N., ZEYREK, FY., COBAN, C., CASIMIRO, PN., TAKEO, S., TSUBOI, T., YADAMA, A., CARTER, R., y TANABE, K.
2009 Evidence for the transmission of Plasmodium vivax in the Republic of the Congo, West Central Africa. *Journal Infectious Diseases*, 200 (9): 1465-9.
- DANIELS, G.
2002 *Human blood groups. 2nd. Blackwell Science. Oxford*
- DEAN, L.
2005 *The Rh blood group. Blood groups and red cell antigens. Centro Nacional de Información biotecnológica. Bethesda (MD). EE.UU.*
- DHORDA, M., NYEHANGANE, D., RENIA, L., PIOLA, P., GUERIN, PJ., y SNOUNOU, G.
2011 Transmission of Plasmodium vivax in South-Western Uganda: Report of three cases in pregnant women. *Public Library of Science*, 6 (5): e19801.
2011 Transmission of Plasmodium vivax in South-Western Uganda: Report of three cases in pregnant women. *Public Library of Science*, 6 (5): e19801.
- FLAK, PG., BRY, L., HOLGERSSON, J., GORDON, JL.
1995 Expression of a human alpha-1,3/4-fucosyltransferase in the pit cell lineage of FVB/N mouse stomach results in production of Leb-containing glycoconjugates: a potencial transgenic mouse model of studying *Helicobacter pylori* infection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92: 1515-9.
- FLEGEL, WA. y WAGNER, FF.
2000 Molecular genetics of RH. *Vox Sanguinis*, 78 suppl. 2: 109-15.
- FRANCHINI, M. y VENERI, D.
2004 *Helicobacter pylori*: infection and immune thrombocytopenia purpura. Update. *Helicobacter*, 4: 342-6.
- FORESTO, P., FILIPPINI, F., D'ARRIGO, M., RACCA, L., GALLO, R. y VALVERDE, J.
1998 Hypertension and blood group markers: association with MN polymorphins. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, vol. 32 (1): 89-93.
- GARRATTY, G., TELEN, MJ. y PETZ, LD.
2002 Red cell antigens as functional molecules and abtacles to transfusion. *Hematology (American Society of Hematology. Education Program)*.
- GLASS, RL., HOLMGREN, J., HALEY, CH., KHAN, MR., SVENNERHOLM, AM., STOLL, BJ. *et al.*
1985 Predisposition for Cholera of individuals with O blood group. Possible evolutionary significance. *American Journal Epidemiology*, 121: 791-6.
- GONZALEZ-ORDOÑEZ, AJ.
2005 Grupos sanguíneos y enfermedad. *Elsevier*, 125: 10

HILTON, E., CHANDRASEKARAN, V., RINDOS, P. y ISEMBERG, HD.

1995 Association recurrent Candida vaginitis with the inheritance of blood group antigens Lewis. *Journal Infections Diseases*, 172: 1616-19.

HUTSON, AM., ATMAR, RL., MARCUS, DM., y ESTES, MK.

2003 Norwalk virus-like particle hemagglutination by binding to histo-blood group type. *Journal Virology*, 77: 405-15.

ISSITT, PD. y ANSTEE, DJ.

1998 Applied blood group serology. *Montgomery Scientific Publications*. 4th ed. Durham NC: 218-46.

KELTON, JG., HEDDLE, NM., BLAJCHMAN, MA. y BRAIN, EA.

1986 *Transfusión sanguínea. Bases teóricas y aplicación clínica*. Doyma. Canada.

LEE, S.

1998 The molecular bases Kel of blood group phenotypes. *Vox Sanguinis*, 74 (1): 58.

LEGGAT, HM., GIBSON, JM., BARRON, SL. y REID, MM.

1991 Anti-Kell in pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 98 (2): 162-5.

LITMAN, GW., RAST, JP., SHAMBIOTT, MJ. *et al.*

1993 Phylogenetic diversification of immunoglobulin genes and the antibody repertoire. *Molecular Biology and Evolution*, 10 (1): 60-72.

MENARD, D., BARNADAS, C., BOUCHIER, C., HENRY-HALLDIN, C., GRAY, LR., RATSIMBASOA, A., THOINER, V., CAROD, JF., DO-MARLE, O., COLIN, Y., BERTRAND, O., PICOT, J., KING, CL., GRIMBERG, BT., MERCEREAU-PUJJALON, O. y ZIMMERMAN, PA.

2010 Plasmodium vivax clinical malaria is commonly observed in Duffy-negative Malagasy people. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (13): 5967-71.

MENDES, C., DIAS, F., FILGUEIRO, J., GONZALEZ MORA, V., CANO, J., DE SOUSA, B., DO ROSARIO, VE., BENITO, A., BERZOSA, P. y AREZ, AP.

2011 Duffy negative antigen is no longer a barrier to Plasmodium vivax. Molecular evidences from the African West Coast (Angola and Equatorial Guinea). *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5 (6): e1192.

MILLER, JZ., GRIM, CE., CONNEALLY, PM. y WEINBERGER, MH.

1979 Asociación de los grupos sanguíneos con la hipertensión esencial y secundaria. Una posible asociación del sistema MNSs. *Pub-Med-Mediline*, 1 (5): 493-7.

MOURANT, AE.

1978 *Blood group and diseases. A study of associations of diseases with blood groups and other polymorphisms*. Oxford Monographs an Medical Genetics.

MURPHY M., y PAMPHILON D.

2001 Practical transfusión medicine. Human blood group systems. 1sr edition. Blackwell Science, Oxford

NIV, Y., FRASER, G., DELPRE, G., NEEMAN, A., LEISER, A., SAMRA, Z. *et al.*

1996 Helicobacter pylori infection and blood groups. *American Journal Gastroenterology*, 91: 101-4.

O'DONNELL, J. y LAFFAN, MA.

2001 The relationship between ABO histo-blood group, factor VIII and von Willebrand factor. *Transfusion Medicine*, 11: 343-51.

ORGANIZACIÇON MUNDIAL DE LA SALUD

1993 Sangre y sus componentes seguros. Grupos sanguíneos, Módulo 3. Ginebra

ORSTAVIK, KH., KORNSTAD, L., REISNER, H. y BERG, K.

1989 Possible effect of secretor locus on plasma concentration of factor VIII and von Willebrand factor. *Blood*, 73: 990-3.

POOLE, J.

2000 Red cell antigens on band 3 and glycophorin A. *Blood*, 14: 31-43.

RYAN, JR., STOUTE, JA., AMON, J., DUNTON, RF., MTALIB, R., KOROS, J., OWOUR, B., LUCKHART, S., WIRTZ, RA., BARNWELL, JW. y ROSEMBERG, R.

2006 Evidence for transmission of Plasmodium vivax among a Duffy antigen negative population in Western Kenya. *American Journal Tropical Medicine&Hygiene*, 75 (4): 575-81.

RAMPOLDI, L., DANEK, A. y MONACO, AP.

2002 Clinical features and molecular bases of neuroacanthocytosis. *Journal of Molecular Medicine*, 80 (8): 475-91.

REGUEIRO GONZALEZ, JR.

2011 *Inmunología: biología y patología del sistema inmunitario*, 4ª edit. Panamericana. Madrid.

REID, ME. y LOMAS-FRANCIS, C.

2004 *The blood group antigen factsbook*, 2ª edic. Elsevier Academic Press. EE.UU

SANDS, JM.

2003 Mecanismos moleculares del transporte de la urea. *Journal Membrane Biology*, 191: 149-63.

SMITH, RP.

2005 Incompatibilidad Rh. Netter. *Obstetricia, ginecología y salud de la mujer*. Universidad de Missouri. Kansas City.

SHIBATA, A., HAMAJIMA, N., IKEHARA, Y., SAITO, T., MATSUO, K., KATSUDA, N. *et al.*

2003 ABO blood type, Lewis and secretor genotypes, and chronic atrophic gastritis: a cross-sectional study in Japan. *Journal of Gastric Cancer*, 6: 8-16.

SOUTO, JC., ALMASY, L., MUÑIZ-DIAZ, E., SORIA, JM., BORRELL, M., BAYEN, L. *et al.*

2000 Functional effects of the ABO locus polymorphism on plasma levels of von Willebrand factor, factor VIII, and activated partial thromboplastin time. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, 20: 2024-8.

STAPLETON, A., NUDELMAN, E., CLAUSEN, H. *et al.*

1992 Binding of uropathogenic Escherichia coli R45 to glycolipids extracted from vaginal epithelial cells is dependent upon histo-blood group secretor status. *Journal of Clinical Investigation*, 90: 965-72.

STORRY, JR. y OLSSON, ML.

2004 Genetic basis of blood group diversity. *British Journal of Haematology*, 126: 759-71.

SUADICANI, P., HEIN, HO., MEYER, HW. y GYNTELBERG, F.

2001 Exposure to cold and draught, alcohol consumption, and the NS-phenotype are associated with chronic bronchitis. *Occupational and Environmental Medicine*, 58: 160-4.

TOY, PT., REID, ME., PAPERENGUS, L. YEAP, HH. y BLACK, D.

1988 Prevalence of ABO maternal-infant incompatibility in Asian, Black, Hispanics and Caucasians. *Vox Sanguini*, 54: 181-3.

UMLAUFT, F., KEEFFE, EB., OFFNER, F., WEISS, G., FEICHTINGER, H., LEHMANN, E. *et al.*

1996 Helicobacter pylori infection and blood group antigens: lack of clinical association. *American Journal Gastroenterology*, 91: 2135-8.

VESTERGAARD, EM., HEIN, HO., MEYER, H., GRUNNET, N., JORGERSEN, J., WOLF, H. *et al.*

1999 Reference values and biological variation for tumor marker CA 19-9 in serum for different Lewis and Secretor genotypes and evaluation of Secretor and Lewis genotyping in a Caucasian population. *Clinical Chemistry*, 45: 54-61.

WEATHERALL, DJ., MILLER, LH., BARUCH, DJ., MARSH, K., DOUMBO, OK., CASLS-PASCUAL, C. *et al.*

2002 Malaria and the red cell. *Hematology (American Society of Hematology. Education Program)*, 35: 57.

WITTELS, EG. y LICHTMAN, HC.

1986 Blood group incidence and Escherichia coli bacterial sepsis. *TransfusioN*, 26: 533-5.

WOODFIELD, DG., DOUGLAS, R., SMITH, J., SIMPSON, A., PINDER, L. y STAVELEY, JM.

1982 The Jk (a-b-) phenotype in New Zealand Polynesians. *Transfusion*, 22: 276-8.

WURTZ, N., MINT-LEKWEIRY, K., BOGREAU, H., PRADINES, B., ROGER, C., OULD MOHAMED SALEM BOUKHARY, A., DAFID, FE., OULD AHMEDOU SALEM, MS., TRAPE, JF., BASCO, LK. y BRIOLANT, S.

2011 Vivax malaria in Mauritania includes infection of a Duffy-negative individual. *Malaria Journal*, 10: 336.

YIP, L., CHOY, WL., CHAN, CW. y CHOI, CH.

1996 The absence of a B allele in acquired B blood group phenotype confirmed by a DNA bases genotyping metod. *Journal of Clinical Pathology*, 49: 180-1.

ZHANG, H., CIARON, JM. y MOREDACH, PR.

2012 Blood groups and cardiovascular diseases. *Hindawi Publishing Corporation Internacional Journal of vascular mediane*.

ZIEGLER, T., JACOBSON, N. y FUNFSTUCK, R

2004 Correlation between blood group phenotype and virulence properties of Escherichia coli in patients with chronic urinary tract infection. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 24 Suppl. 1: 70-5.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	29-42	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

Los materiales colorantes del yacimiento arqueológico de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España): adquisición, transformación y uso

The colouring materials from archaeological site of Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, Spain): purchase, modification and use

PALABRAS CLAVES: Materiales colorantes, ocre rojo, huellas de uso, placas con colorante, paleolítico superior, gravetiense, magdalenense.
KEY WORDS: Colouring materials, red ochre, use-wear, coloured plaques, upper paleolithic, gravettian, magdalenian.

Mikel GARCÍA-MADARIAGA⁽¹⁾

RESUMEN

En el presente estudio se dan a conocer las muestras con propiedades colorantes y placas cuyas superficies presentan colorante recuperadas en los diferentes niveles arqueológicos del yacimiento de la cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España). En ocho de los niveles estratigráficos del yacimiento se han recogido evidencias del uso de materiales colorantes. El siguiente trabajo ha analizado un total de 315 elementos, caracterizando su métrica, peso, morfología, superficie y coloración. Con el fin de caracterizar las huellas de uso halladas en algunas de las piezas se lleva a cabo un programa experimental con el que poder establecer comparaciones. También se analiza el potencial lugar de captación de las materias primas.

ABSTRACT

The present text makes known the evidences of colouring materials and plaques with colourant impregnations recovered from archaeological site of Coímbre cave (Peñamellera Alta, Asturias, Spain). From eight stratigraphic levels of the deposit were recovered evidences of colouring materials use. This work has analyzed an amount of 315 pieces, characterizing the metric, weight, morphology, Surface and coloration. In order to characterize use-wear traces found on some pieces an experimental work has been conducted to be able to make comparations with archaeological evidences. As well, a potential place for purchasing deposit was analysed for the present work

1.- INTRODUCCIÓN

Los materiales colorantes recuperados en yacimientos del Paleolítico superior son evidencias arqueológicas a las que se ha prestado escasa atención. Además, tradicionalmente su presencia se asocia a potenciales usos vinculados a la actividad simbólica (como evidencias gráficas muebles o rupestres, decoración corporal y ritual funerario). A pesar de ello, estudios de base etnográfica demuestran su uso variado vinculado a otras actividades (WRESCHNER 1980; BEYRIES E INIZAN 1982; COURAUD 1988) con fines domésticos como conservación de alimentos (BEYRES Y WALTER 1996; PHILIBERT 1994), producción de resinas para empaque de piezas líticas (ALLAIN Y RIGAUD 1989), trabajo y preservación de pieles (PHILIBERT 1994; IBÁÑEZ Y GONZÁLEZ 1999) o aplicación medicinal (VELO 1984).

La mayor parte de los trabajos existentes en el ámbito de la Península Ibérica se han centrado en su caracterización básica, sin desarrollar protocolos de estudio dirigidos a conocer la fuente de captación y los procesos de transformación, así como su uso. Este último aspecto presenta una gran complejidad y en la mayor parte de los casos sólo puede ser considerado a modo de hipótesis, ya que una parte de las evidencias de su uso no han perdurado por su carácter inmaterial.

El presente trabajo, y con carácter preliminar, aborda una primera fase de estudio de los materiales colorantes y placas con colorante, de las que se ha descartado su vinculación con fines simbólicos de

⁽¹⁾ Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco (UPV-EHU). mgarcia193@ikasle.ehu.es
 Directores: Marcos García-Díez (Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU) y David. Álvarez-Alonso (Departamento de Prehistoria y Arqueología, UNED-Asturias).



carácter gráfico (no así se descarta el uso del polvo para tal efecto), de los niveles supero-paleolíticos de la cueva de Coímbre. Los objetivos que se plantean se centran en su caracterización (métrica, peso, coloración interior y exterior y morfología de superficies y aristas), análisis de composición mineralógica a fin de determinar potenciales áreas de captación/aprovisionamiento y definición de potenciales transformaciones/ usos (caracterización de superficies, estriaciones, surcos y pulidos). En relación con este último aspecto, y a fin de acercarnos a la comprensión de los modos técnicos y tecnológicos que fueron empleados en el tratamiento y uso de estos materiales, se plantea un programa de trabajo experimental sobre materiales colorantes del entorno del yacimiento.

1.1. La cueva de Coímbre: localización, contexto estratigráfico y cultural de los materiales colorantes

El yacimiento arqueológico de la cueva de Coímbre o de “las Brujas” (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2013b) se encuentra enclavado en la ladera Oeste del monte Pendendo, a 135 msnm, sobre la orilla Este del río Besnes, en la localidad de Besnes, concejo de Peñamellera Alta, provincia de Asturias, España (fig. 1) Sus coordenadas UTM son: HUSO 30 T, X, 303.632, Y. 4.798.735. Geológicamente se encuentra enclavada en la Zona Cantábrica, desarrollándose la cavidad sobre roca caliza de génesis en el Carbonífero Inferior. Geomorfológicamente se sitúa en el límite oriental de la Cordillera Cantábrico-Asturiana, al Sur de la Sierra del Cuera y al Norte del macizo central de los Picos de Europa.

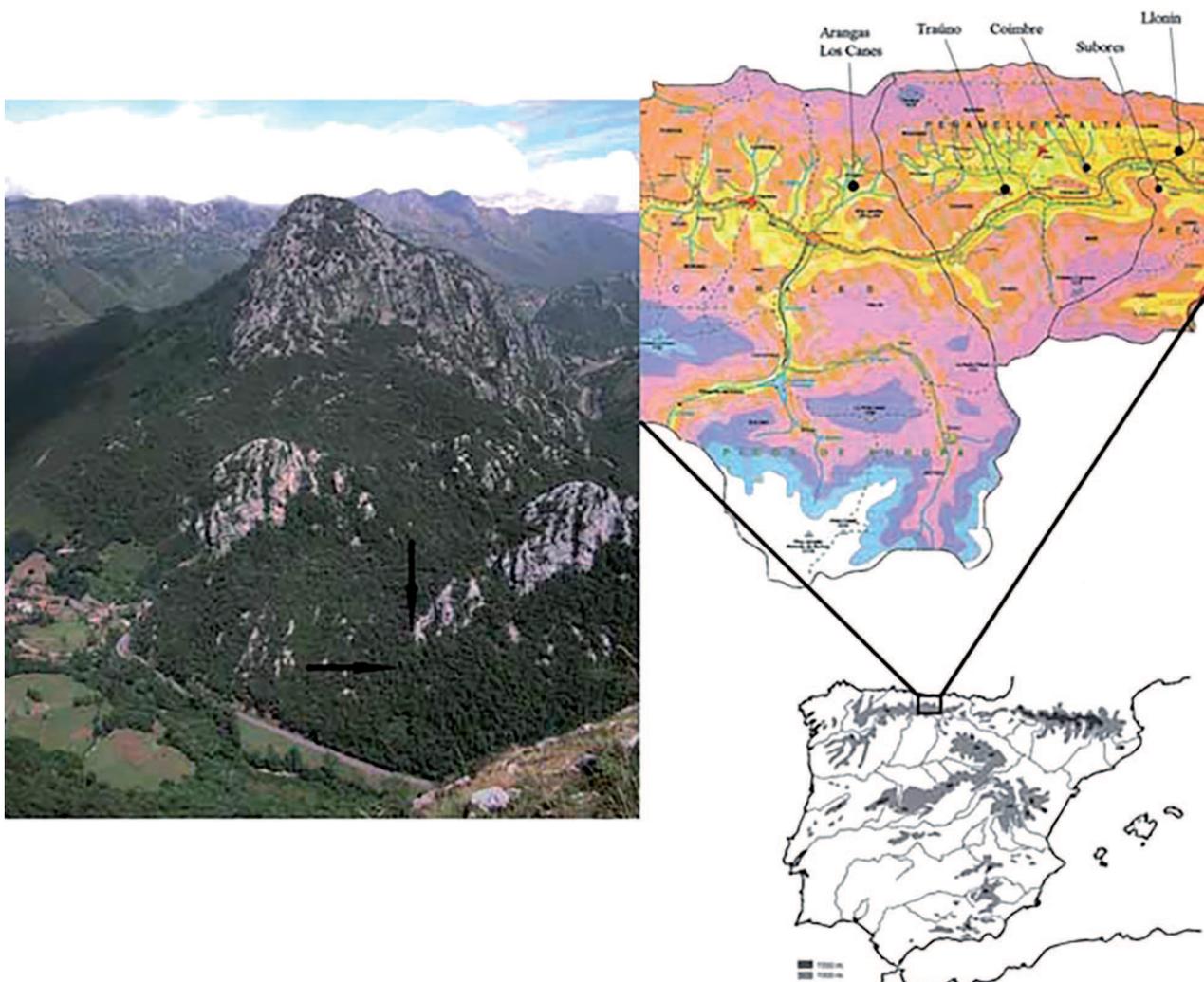


Figura 1. Localización del yacimiento (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).
Figure 1. Localization of the site (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).

El yacimiento es conocido arqueológicamente desde la década de los 70, principalmente por su arte parietal (MOURE, J; GIL, G. 1972), pero no es hasta el año 2008 cuando comienzan las excavaciones arqueológicas. Estas se desarrollan, tras unos primeros sondeos de la cavidad, en el cuadrante B (fig. 2) sobre los cuadros J26, J27, K26 y K27. El desarrollo de los trabajos arqueológicos (2008-2012) (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2013b) ha permitido discernir varios niveles con evidencia de ocupación humana (Fig. 3): nivel Co.B.1, Magdaleniense superior -Co.B.1a, Co.B.1b (12.840±70 BP), Co.B1c1, Co.B.1c2, Co.B.1c3-; nivel Co.B.2, Magdaleniense medio; nivel Co.B.3, estéril; nivel Co.B.4, Magdaleniense inferior; nivel Co.B.5, estéril; nivel Co.B.5,1, con un hogar (ca. 17000 BP); nivel Co.B.6, Gravetiense final (ca. 24000 BP); y nivel Co.B.7, estéril. En 8 de estos niveles (Co.B.1a, 1b, 1c1, 1c2, 1c3, 2, 4 y 6) se han recogido evidencias de materiales colorantes transportados por las poblaciones que ocuparon el lugar, así como un conjunto de 5 placas de cuarcita que presentan impregnaciones de pigmento de coloración rojiza.

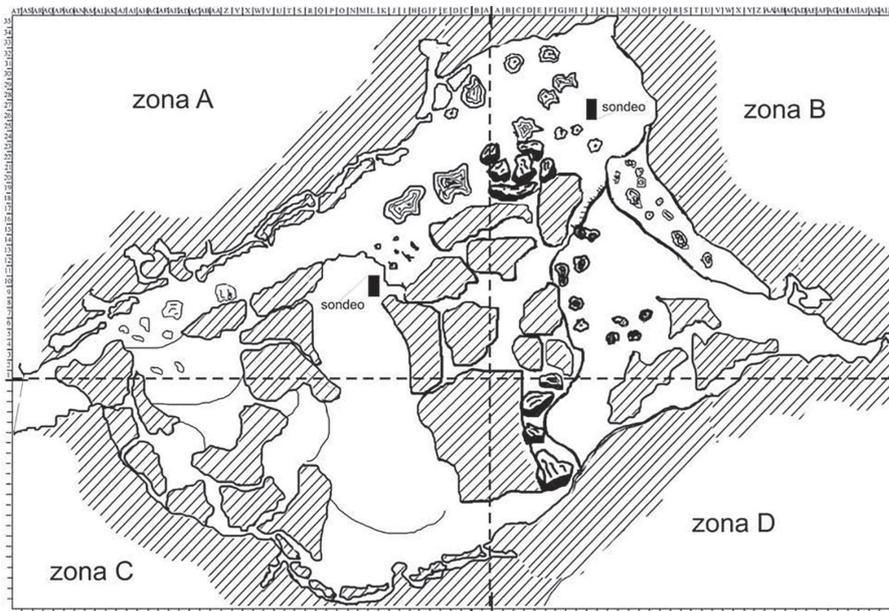


Figura 2. Plano del yacimiento (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).
Figure 2. Site plan (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).

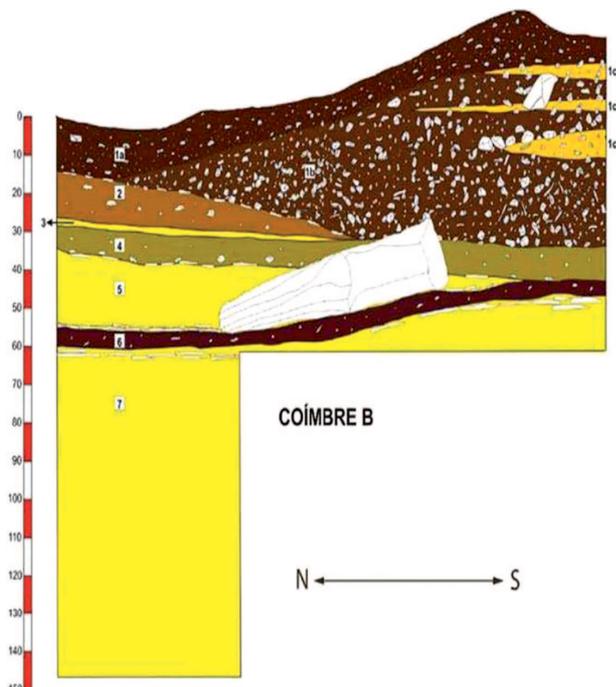


Figura 3. Corte estratigráfico (N-S) del yacimiento, cuadros K26 y K27 (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).
Figure 3. Stratigraphical representation (N-S) of the site, squares K26 and K27 (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.*, 2009).

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas de excavación, desarrolladas entre los años 2008 y 2012 (ÁLVAREZ-ALONSO *et al.* 2009, 2011, 2013a, 2013b, 2014), se recogieron un total de 4.640 posibles elementos colorantes, de los cuales, durante el estudio, se descartaron 1.087 por no tener capacidad de tinción. Además, otras 140 evidencias no se consideran por ser amalgamas de diferentes materiales que contienen colorante en diferente grado, y por ello no son estrictamente materiales colorantes primarios. Para el presente estudio se han seleccionado un total de 315 evidencias, correspondientes todas ellas a piezas que presentan una longitud mayor a 1 cm. Esta selección deriva de la imposibilidad de caracterización de la mayor parte de las variables de estudio de las piezas menores de 1 cm.

Las piezas han sido caracterizadas atendiendo a los siguientes criterios: longitud, anchura y grosor (en mm.), peso (en gr.), coloración interior y exterior, utilizando el *Código de Colores de Suelos* de Cailleux (se han medido bajo una iluminación controlada de 6500°K), morfología general (irregular, cuadrangular, rectangular, triangular, romboidal, piramidal, lenticular o globular), morfología de las superficies (caras lisas y/o irregulares) y aristas (redondeadas y/o vivas, o combinaciones de ambos caracteres), y presencia o no de diferentes tipos de huellas de transformación/uso (como estrías, estriaciones, facetados y pulidos/lustre). Además se analizan 5 placas de cuarcita con impregnaciones de materia colorante en su superficie y, en alguna de las piezas, también en sus laterales. De ellas se ha caracterizado su métrica, peso, morfología y coloración. Esta caracterización básica se ha realizado siguiendo principalmente los criterios determinados por GARCÍA-DIEZ (2006) y GARCÍA-DIEZ. Y ALDAY (2000/2002). Las piezas se han examinado usando una lupa tricocular STARBLITZ TVM-L4 68X.

Todas las piezas recibidas fueron adscritas a diferentes “tipos a visu” basándonos en la morfología, coloración y textura con el fin de poder clasificar en grupos que ayuden a una selección para la caracterización mineralógica. Esta se llevó a cabo en los laboratorios de arqueometría del CENIEH (Burgos, España) sobre un total de 23 muestras. Para ello se recurrió al uso de la Difracción de Rayos X (DRX), utilizando un difractómetro PANalytical X'PERT PRO y usando un tubo de Cu con un haz incidente de rendija variable y un haz difractado monocromador.

Por último, y a fin de comprender las acciones de transformación/uso de los materiales colorantes recuperados, se aunaron informes experimentales de terceros (HODGSKISS, 2010; RIFKIN, 2012) con experimentos llevados a cabo por nosotros mismos, usando para ello materiales colorantes obtenidos en el entorno del yacimiento arqueológico de Coímbre y tres localizaciones más. Los experimentos realizados tienen como principal objetivo la comprensión de los modos técnicos y tecnológicos usados para con el trabajo de las materias colorantes. Para ello se llevaron a cabo 24 experimentos concluyentes y otros 24 de “aprendizaje” con los que conocer la materia que usamos.

3.- RESULTADOS

3.1. Caracterización básica

3.1.1. Materias colorantes

La caracterización y análisis siguiente se ha llevado a cabo sobre el total de las piezas mayores de 1 cm de longitud (315 evidencias). Se distribuyen estratigráficamente de la siguiente manera: nivel Co.B.1a 51 evidencias, nivel Co.B.1b 175 evidencias, nivel Co.B.1c1 3 evidencias, nivel Co.B.1c2 17 evidencias, nivel Co.B.1c3 8 evidencias, nivel Co.B.2 3 evidencias, nivel Co.B.4 54 evidencias y nivel Co.B.6 4 evidencias.

El estudio métrico del conjunto se muestra parcialmente en la Tabla I. En ella podemos ver, por niveles, los valores en longitud, anchura, grosor y peso. Quedan en ésta representados el valor máximo y mínimo, así como la amplitud entre ellos. Además se incluye la media de todas las piezas estudiadas recuperadas en cada uno de estos niveles. Las medidas medias (fig. 4) muestran unas proporciones similares en todos los niveles a excepción del nivel Co.B.1b, que presenta unas longitudes más acusadas. En cuanto peso total de la muestra (fig. 5) se observa una acumulación significativa para el nivel Co.B.1b.

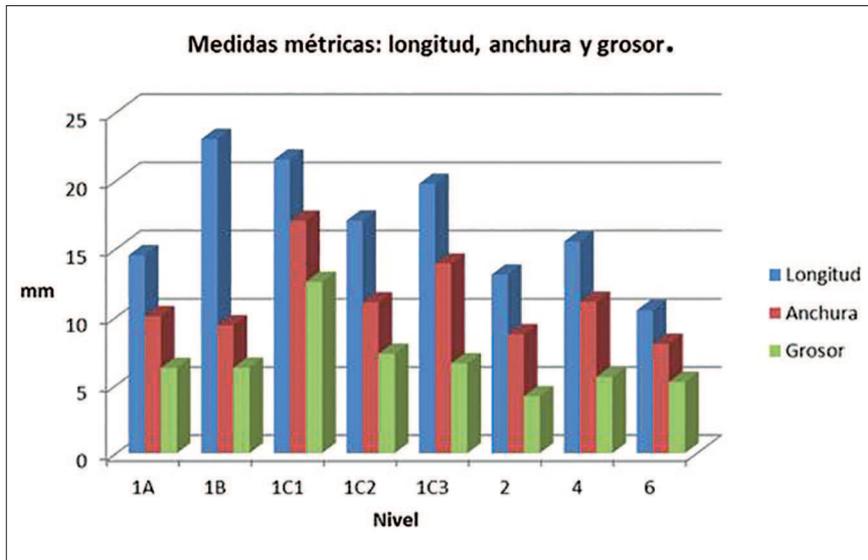


Figura 4. Medidas medias por niveles (en mm).
Figure 4. Average measures by levels (in mm).

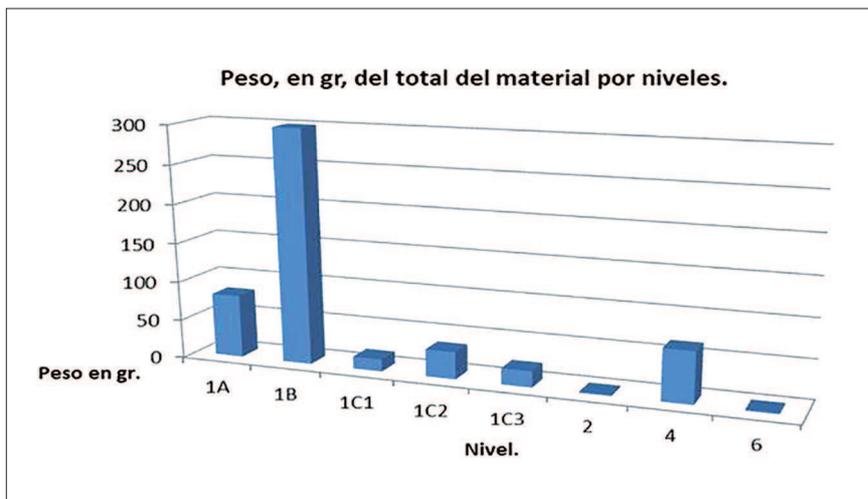


Figura 5. Pesos totales por niveles (en gr).
Figure 5. Amount of weight by levels (in gr).

Nivel	Mayor	Menor	Amplitud	Media
TOTAL	48,10	10,02	38,08	13,92
Co.1A	31,17	10,03	21,15	14,53
Co.1B	48,10	10,03	38,07	23,04
Co.1C1	31,92	10,88	21,04	21,54
Co.1C2	34,02	10,04	23,98	17,06
Co.1C3	35,26	10,41	24,85	19,76
Co.2	13,28	12,84	0,44	13,10
Co.4	40,35	10,19	30,16	15,52
Co.6	10,80	10,05	0,75	10,49

Nivel	Mayor	Menor	Amplitud	Media
TOTAL	33,60	3,86	29,74	9,93
Co.1A	25,82	4,47	21,35	10,04
Co.1B	33,60	3,86	29,74	9,38
Co.1C1	29,08	6,65	22,43	17,05
Co.1C2	29,42	5,89	23,53	11,07
Co.1C3	21,68	6,42	15,26	13,91
Co.2	9,42	8,25	1,20	8,72
Co.4	29,44	4,33	25,11	11,11
Co.6	9,25	6,24	3,01	8,03

Nivel	Mayor	Menor	Amplitud	Media
TOTAL	19,25	1,26	17,99	5,51
Co.1A	14,32	1,52	12,80	6,25
Co.1B	22,23	1,26	20,97	6,28
Co.1C1	19,25	5,20	14,05	12,58
Co.1C2	18,96	2,80	16,16	7,29
Co.1C3	14,14	2,12	12,02	6,59
Co.2	4,51	3,88	0,63	4,18
Co.4	14,39	2,30	12,09	5,58
Co.6	7,59	2,47	5,12	5,23

Nivel	Mayor	Menor	Amplitud	Media
TOTAL	32,66	0,10	32,56	1,66
Co.1A	17,78	0,14	17,64	1,58
Co.1B	32,66	0,10	32,56	1,72
Co.1C1	11,97	0,33	11,64	5,21
Co.1C2	12,10	0,22	11,88	2,05
Co.1C3	7,77	0,19	7,58	2,57
Co.2	0,72	0,32	0,40	0,51
Co.4	12,94	0,11	12,83	1,22
Co.6	0,72	0,22	0,50	0,40

Tabla 1. Máxima, mínima, amplitud y media de las medidas referidas a longitud, anchura, grosor y peso.
Table 1. Highest, lowest, range and average of the measurements of length, width, thickness and weight.

La coloración exterior muestra una presencia mayoritaria de las coloraciones R11, P11, S11, R29, R27, S27 y T39. Se observa la presencia, aunque menor (menos de 7 evidencias), de las coloraciones, P13, R13, S50, S51, S49, S30, S25, R51, N13 y N11, e incluso presencias puntuales (menos de 3 evidencias) de los colores M13, M35, M67, N15, N17, N19, N37, N51, P15, P17, P27, P40, R30, R50, S13, S15, S29, S47, S73, T13, T29 y T37. Atendiendo a los diferentes niveles estratigráficos la distribución de los colores es similar a la que representa la distribución de la totalidad del conjunto, a excepción del nivel Co.B.4, que presenta una alta presencia de las coloraciones R11 y P11; en solo tres piezas de este nivel se han encontrado coloraciones diferentes a éstas. La coloración interior sólo ha podido ser determinada en 14 piezas (debido a la presencia de desconchados o fracturas recientes); su distribución por coloraciones es: 6 piezas coloración P15, 4 coloración R15, 3 coloración P17 y 1 coloración S15. Todas las coloraciones presentes se corresponden con diferentes tonalidades de rojo.

En cuanto a la morfología (fig. 6), se documenta una presencia mayoritaria de formas irregulares (260 piezas); el resto de las morfologías corresponden a rectangular (17), triangular (12), piramidal (9), cuadrangular (6), globular (5), lenticular (5) y romboidal (1). Atendiendo a los diferentes niveles se documenta: para el nivel Co.B.1a 31 formas irregulares, 6 rectangulares, 5 piramidales, 4 triangulares, 3 lenticulares y 2 cuadrangulares; para nivel Co.B.1b 160 formas irregulares, 11 rectangulares, 7 triangulares, 3 cuadrangulares, 3 globulares, 2 piramidales y 2 lenticulares; para el nivel Co.B.1c1 2 formas irregulares y 1 piramidal; para el nivel Co.B.1c2 15 formas irregulares y 2 formas globulares; para el nivel Co.B.2 8 formas irregulares; para el nivel Co.B.4 3 formas irregulares; para el nivel Co.B.6 54 formas irregulares, 1 cuadrangular y 1 triangular; y para al nivel Co.B.6 2 formas irregulares, 1 piramidal y 1 romboidal.

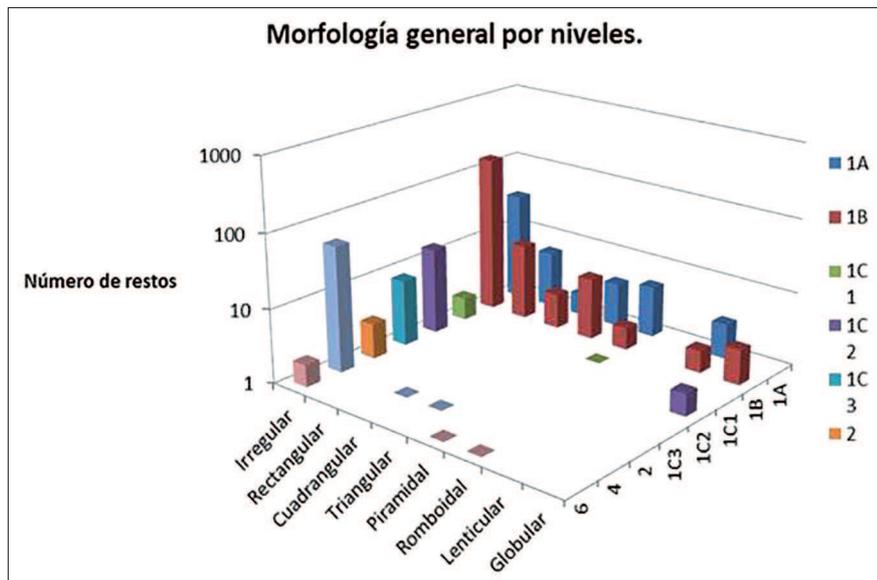


Figura 6. Representación de las formas generales del total de las piezas, por niveles.
Figure 6. Representation of general kind of shapes from the total of pieces, by levels.

La morfología de las superficies documenta una presencia mayoritaria de superficies irregulares con aristas redondeadas (82 piezas), mixtas de superficies lisas e irregulares junto a aristas vivas y redondeadas (72 piezas), o de superficies lisas e irregulares con aristas redondeadas (64 piezas). También se aprecia la presencia, aunque menor de piezas de caras irregulares y lisas con aristas vivas (27 piezas), caras irregulares junto a aristas redondeadas y vivas (18 piezas). De frecuencia menor encontramos las piezas de superficie lisa, bien con aristas vivas (16 piezas), de aristas redondeadas (16 piezas) o combinando ambas, de aristas vivas y redondeadas (16 piezas). De la fracción mayor 163 de las piezas muestran algún tipo de marca (Fig. 7), desde estrías simples y aisladas a grupos de estriaciones o facetados por raspado.

3.1.2. Las Placas

Cinco placas de cuarcita (fig. 7) que presentan impregnaciones de pigmento fueron recogidas durante la excavación (Tabla 1). Fueron recuperadas en los siguientes contextos estratigráficos: nivel Co.B.1a 1 placa (placa 1), nivel Co.B.1b 1 placa (placa 2), nivel Co.B.1c1 1 placa (placa 3) y nivel Co.B.1c2 2 placas (placas 4 y 5).



Figura 7. Placas (nº 2, 3 y 4).
Figure 7. Plaques (no. 2, 3 and 4).

En la Tabla II se muestran los datos obtenidos en cuanto a longitud (mm.), anchura (mm.), grosor (mm.), peso (gr.), morfología general de la pieza (Triang= triangular, Rect= rectangular, Trap= trapezoidal), así como su coloración o coloraciones principales.

Id	Nº	Nivel	Cuadro	Sector	capa	Z	Peso (gr.)	Longitud	Anchura	Grosor	Morfología	Coloración principal
1		1A	K26	7	3		41	48,53	45,58	12,74	Triang	S11-R17-T11
2	206	1C1	K26	5	13	51	80	68,47	43	18,79	Rect	R11-T39-P11
3	314	1B	K26	8	7	38	114	58,23	57,28	22,52	Trap	R11-R13-S25
4	242	1C2	K26	9	6	34	331	114,42	86,75	23,81	Trap	R73-P17-R13-P11-P13
5	210	1C2	K26	6	6	34	298	113,30	82,25	23,51	Triang	S15

Tabla 2. Medidas principales, morfología y coloración de las placas.
Table 2. Principal measurements, morphology and colouring of plaques.

3.2. Caracterización de la composición

3.2.1. Caracterización de los materiales de Coímbre

Los materiales colorantes provenientes del yacimiento de Coímbre fueron clasificados en “tipos *a visu*” para una posterior selección de muestras para análisis por DRX. La caracterización *a visu* (morfología, coloración y textura) permitió diferenciar preliminarmente un total de 21 grupos que fueron sometidos a analítica.

Una primera consideración de la DRX implicó desechar como materiales colorantes aquellos que por su composición no presentaran un rango mínimo cualitativo de óxido de hierro, ya que no presentan capacidad de tinción significativa. En la tabla III se indica con un pequeño círculo (●) aquellos correspondientes a estos casos desechados.

La tabla III muestra una presencia mayoritaria del componente hematítico, que en la mayor parte de los casos se asocia a diferentes grados de presencia de la goethita. Por otro lado, y como componente principal, muchas de ellas muestran la presencia de cuarzo, así como de calcita, en algunos casos ambas en combinación. La presencia de filosilicatos se documenta en un reducido número de muestras analizadas y consideradas materias colorantes, siendo su presencia cualitativa muy reducida y con presencia combinada de hematites y goethita. Otros minerales (maghemita, hidroxapatito y lapidocrita) están presentes en un número muy reducido de muestras.

Muestra	Hematites	Goethita	Cuarzo	Calcita	Filosilicatos	Maghemita	Hidroxiapatito	Lepidocrita
158	xx		(x)	xxx				
●221		x+	x+		xxx			
●223	(x)		xxx		xx			
251	xxx							
663	xxx	xx			x+			
869	xx	xxx	x+		x			
160	xx		xxx		(x)	x+		
186	xxx	x+	x+	(x)				
159	xxx							
632	x+			xxx				
652	xxx		x	xx				
●273	(x)		x+	xxx	x			
●1639		x	xxx					x+
●1664	(x)	x	xxx		xx			
●723	x	(x)	xx		xxx			
●695	(x)		xx		(x)	xxx		
785	xxx		(x)	(x)			xxx	
157	xxx	xx						
658	xxx	xx						
●354	(x)		xxx					
●812			xxx		xx			

Tabla 3. Representación cuantitativa de los componentes principales de las muestras analizadas. ●= muestra descartada.

Table 3. Quantitative representation of principal components from analyzed samples. ●= discarded sample.

XXXX: >60%. XXX=41-60%. XX=21-40%- X+=11-20% X=5-10%. (X)=<5%

3.2.2. Caracterización de los materiales recogidos en el entorno de la cueva

Se recogieron muestras en la vertiente sur de los montes de la *Sierra de Cuera*, frente a la localidad de *Rozagás, Cabrales*, en una zona que hasta hace varios años correspondió a una zona minera para la extracción de materia colorante roja y hierro. Todas las muestras corresponden a un mismo entorno de formación primario, situado a 7.5 Km de la cavidad en línea recta y asociados a la formación geológica de la región del Cuera, perteneciente a la Unidad del Ponga. Este conjunto se caracteriza por estar constituida por una gran formación O-E de calizas originarias del Carbonífero Superior. A su vez, encontramos junto a esta, recorridos de areniscas, conglomerados, arcillas y carbón de origen Devónico.

Se analizaron un total de 4 fragmentos de colorante, realizando análisis DRX tanto de la zona exterior como de la zona interior, a fin de evitar posible presencia de minerales derivados por procesos tafonómicos que pudieran desvirtuar los resultados.

La tabla IV muestra una presencia mayoritaria del componente calcítico y hematítico, a excepción del resultado del interior de la muestra 2, que pudiera ser interpretable por una selección no representativa de la muestra en la que se hubiera seleccionado mayormente componente de calcita o bien porque se trate calcita (roca encajante) con recubrimiento hematítico vinculado a su formación o depósito derivado; a pesar de ello el análisis del exterior muestra presencia de materia colorante con capacidad de tinción. También está presente el cuarzo en una representación variable que correspondería a la variabilidad compositiva de la formación geológica de origen. Por último, la muestra 3 pone de manifiesto la presencia de dolomita, lo que puede ser interpretado en relación a variaciones compositiva existentes en la roca caja. Destaca de los resultados la inexistencia de goethita, un componente presente en varias de las muestras analizadas en Coímbre.

Muestra	Calcita	Cuarzo	Dolomita	Hematite
1 Exterior	xx	xxx	-	xx
1 Interior	xx	xx	-	xx
2 Exterior	xxxx	x	-	xx
2 Interior	xxxx	(x)	-	-
3 Exterior	xx	(x)	xxx	xx
3 Interior	xx	-	xx	xxx
4 Exterior	xxx	xx	-	xx
4 Interior	x+	xx	-	xxx

Tabla 4. Componentes principales de las muestras tomadas en el entorno del yacimiento.

Table 4. Principal components of the samples taken from the archaeological site's surrounding area.

XXXX: >60%. XXX=41-60%. XX=21-40%- X+=11-20% X=5-10%. (X)=<5%

3.2.3. *Discusión*

La comparación cualitativa entre los resultados DRX de las muestras arqueológicas y las asociadas a la formación geológicas descrita, permite proponer preliminarmente vinculaciones con base en la composición mineralógica. A tenor de los resultados y considerando la variabilidad compositiva de las muestras geológicas, al menos las muestras arqueológicas 158, 21, 159, 652 y 785 pudieran vincularse el afloramiento analizado. Ello implicaría que, al menos, un porcentaje bajo (2.1% del total de evidencias recuperadas) de las muestras transportadas a Coímbre por los grupos paleolíticos responderían a una captación, que si bien no sería de carácter local (estimada para este caso en 4 km.), no es superior a esos 7,5 km de distancia. De todas formas la orografía del lugar puede permitir el traslado de materiales a depósitos de carácter secundario más accesibles y/o cercanos.

3.3. Caracterización de las huellas de transformación/uso

3.3.1. *Base experimental*

Con la intención de aumentar la comprensión del uso/transformación de los materiales se ha llevado a cabo un programa experimental de trabajo sobre materias colorantes. Para ello se ha recurrido al entorno del yacimiento de Coímbre para la obtención de materias duras (ocres y cuarcitas), además de la inclusión en el trabajo de materiales presentes en el paleolítico superior en esa zona como, madera de sauce y pino, corteza de sauce y piel de bovino tratada pero de textura suave. Además se han usado molinos/bases de arenisca y caliza, se ha trabajado la materia con sílex y se han incluido materias colorantes de diferente procedencia (Atapuerca, Burgos; Torrestío, Leon; y Pobeña, Bizkaia).

En relación con las materias primas colorantes recogidas en el afloramiento geológico son de dos tipos. Uno es de carácter compacto y anguloso, con un gran componente de hierro y poca arcilla, que lo hace bastante pesado. El otro se presenta en forma de nódulos de carácter más terroso, con más arcillas en su exterior, pero interiormente con veteados de cuarzo y caliza que, si no imposibilitan el trabajo, lo dificultan bastante. Aun así, se prestan a la extracción de polvo por frotado sobre materia dura (actividad primaria) y, no sin dificultad, a ciertas operaciones -de carácter secundario- como el frotado sobre materia dura (lápiz).

Varios tipos de estigmas son claves en la caracterización y comprensión del hecho técnico y/o tecnológico para con las materias colorantes. Estas son: las estriaciones, las estrías, los surcos, los pulidos y los facetados. Las estriaciones son formaciones de marcas longitudinales paralelas entre sí, bien rectas u onduladas y que cubren toda la superficie de la cara o caras trabajadas; formadas por la abrasión de la zona al ser esta frotada o raspada contra materiales duros o abrasivos, tales como cuarcita o arenisca. Las estrías son de carácter más fino y más superficial, además de poder aparecer aisladas o en grupo y no cubren la totalidad de la superficie. Los surcos forman líneas más marcadas, generalmente con depresión en ángulo (HODGSKISS, 2010), formado por la morfología de la materia que ataca el colorante o sobre la que el colorante es aplicado. Los pulidos son zonas que han sufrido oscurecimiento y/o suavización en la textura y que generalmente adquieren un cierto brillo o lustre. Se llegan a formar generalmente por la acción de materia blanda sobre el material, como la piel animal o humana, la madera o el propio asimiento de la pieza. Los facetados son superficies que han llegado a la regularización por medio de la fricción o raspado ejercido sobre la zona en cuestión. Según Rifkin (RIFKIN, 2012) y Hodgskiss (HODGSKISS, 2010), y lo corroborado por nuestra experimentación, se observa que el trabajo del ocre tiene dos partes básicas, no necesariamente diacrónicas: El trabajo primario (fig. 8.) y el secundario. El primero busca reducir la materia a polvo por medio del raspado contra una materia lítica dura y abrasiva como pueda ser la cuarcita. Otra función del trabajo primario es la preparación de la superficie del ocre (generalmente de nódulos irregulares que dificultan el trabajo directo) para ser aplicado en otro tipo de trabajos secundarios (fig. 9): uso directo sobre materiales diversos o de estos sobre el material con un fin diferente a la extracción del polvo. La molturación También es un método consistente para la consecución del polvo de ocre, aportando gran cantidad de pequeños fragmentos al registro arqueológico.

Lo primero que se debe de tener en cuenta al estudiar las marcas producidas en las materias colorantes es la naturaleza blanda del material, esto es, que las marcas en su superficie pueden desaparecer o aparecer con cierta facilidad, siendo esto muy acusado en estriaciones y estrías. Además,



Figura 8. Ejemplos de trabajo primario y su superficie tras el frotado.
Figure 8. Examples of primary work and its surface after been rubbed.



Figura 9. Ocrees experimentales, operación secundaria tras preparación de la superficie (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): trabajo sobre piel; raspador de sílex sobre ocre; lápiz sobre cuarcita; y trabajo sobre madera.
Figure 9. Experimental ochre, secondary work after a surface preparation (from left to right and from up to down): work over animal skin; scraping by a flint tool; as a pencil over a quartzite; and work over wood.

las diferencias en dureza entre distintas materias colorantes dificulta también la identificación de la naturaleza del trabajo realizado sobre ellas. Debido a esto es posible que varias de las muestras estudiadas hayan pasado desapercibidas como piezas “de uso”.

3.3.2. Resultados de la experimentación

Los resultados muestran, al igual que lo referido por los trabajos de RIFKIN (2012) y HODGSKISS (2010), varios puntos básicos: el nódulo de ocre, generalmente irregular, necesita de una preparación para ser usado en actividades secundarias (trabajo del ocre sobre diferentes materias). Esta preparación consiste en el raspado general de, mínimo, una de sus caras naturales. Las marcas en la preparación no difieren sustancialmente de las marcas obtenidas (las estriaciones) al reducir a polvo una pieza por raspado (actividad primaria) ya que corresponden a un mismo gesto técnico. Aun así, las marcas mostrarán diferencia si la dureza de la materia colorante es diferente o el soporte sobre el que se trabaja varía en dureza y textura. A su vez, las marcas secundarias (de uso) variarán según el tipo de trabajo realizado, la dureza y textura de la pieza colorante, así como la morfología, dureza y textura del soporte sobre el que se ejecuta el trabajo. La fricción sobre materias blandas (piel animal-tratada-, piel humana y materiales vegetales) apenas tiene efecto en ambas partes. En este caso el ocre se pule y lustra. En nuestro caso las piezas expulsaban más polvo en el frotado si con frecuen-

cia se buscaban aristas que el propio trabajo iba dejando; de esta manera la producción de polvo no decaía por la acumulación de material en la superficie; repitiendo esto se llegaba a la formación de facetas, ligadas principalmente a la producción de polvo por fricción. Por ende, un facetado diferirá en la variedad de patrones de estigmas presentes en su superficie si procede de una operación secundaria o primaria –única presencia de estriaciones-. La molturación con canto rodado de cuarcita se ha mostrado totalmente efectiva a la hora de buscar una rápida extracción del polvo del material.

3.3.3. Análisis del material arqueológico.

Se han detectado un total de 132 piezas que muestran algún tipo de marca generada por el uso/transformación de los materiales (fig. 10). Entre ellas (fig. 11), 112 presentan marcas aisladas propias del transporte o la manipulación de la materia prima. 23 presentan superficies con estriaciones y 23 presentan algún tipo de estría 10 muestran síntomas de trabajo intenso, bien de procesamiento primario (extracción de polvo de ocre o preparación de la superficie) y/o de actividades secundarias (trabajo del material sobre otras materias tras el procesado primario). Otras 28 de ellas, mientras que no presentan evidencias visuales de marcas, presentan facetado característicos originados por su uso. Se observan en un total de 35 piezas estigmas de carácter reciente, de posible ori-

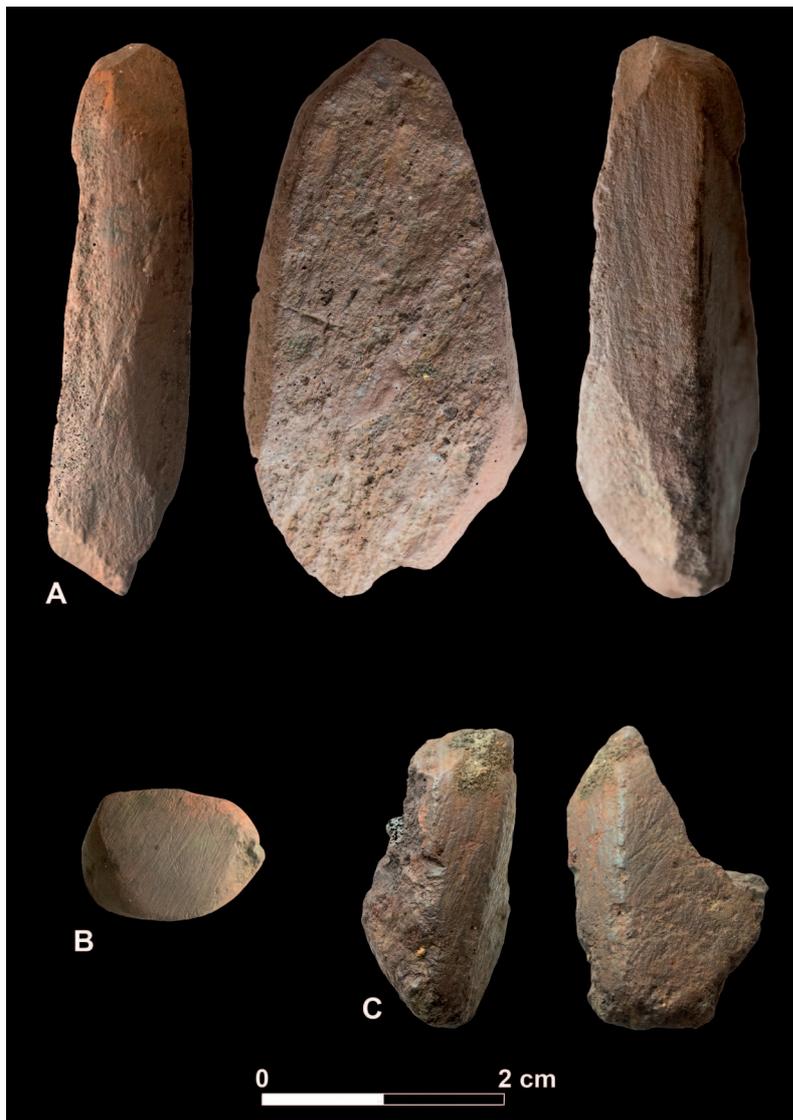


Figura 10. Piezas recuperadas en el yacimiento: nº 395 (A), 148 (B) y 467 (C).

Figure 10. Recovered pieces from the site: no. 395 (A), 148 (B) and 467 (C).

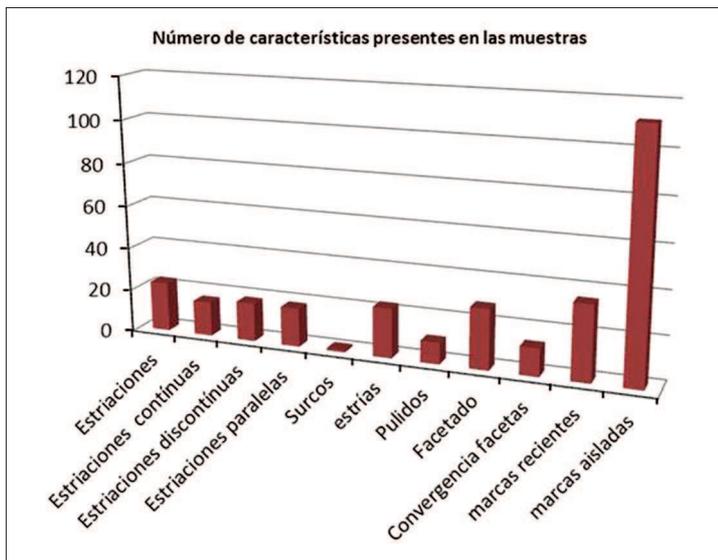


Figura 11. Número y tipo de marcas presentes en las piezas mayores de 1 cm.
Figure 11. Amount and types of registered marks over 1-cm longer pieces.

gen en la extracción de la pieza durante los trabajos arqueológicos. 28, además, presentan caras facetadas y, a su vez, 13 de ellas ofrecen facetas que convergen en alguno de sus puntos. Los pulidos se presentan en 10 de las piezas.

4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El uso de las materias colorantes por parte de los grupos paleolíticos que habitaron la zona ha quedado evidenciado, tanto cuantitativamente (3.413 evidencias) como cualitativamente, en el yacimiento. La distribución por niveles de las materias colorantes en la cueva de Coímbre muestra la utilización de este tipo de materias primas durante todas las fases de ocupación humana.

Su reparto muestra dos concentraciones significativas: en el Magdaleniense superior (2.041 evidencias sobre el total –mayores y menores de 1 cm-) y en el Magdaleniense inferior (1.086 evidencias sobre el total). Ambos momentos se corresponden con ocupaciones humanas recurrentes, siendo más acusada la concentración en la fase más avanzada, cuando se produce una mayor estabilización del hábitat, que se corresponde, además, con un mayor peso de la muestra (451,71 gr) y con la presencia de un número mayor de evidencias con marcas de uso o procesado en las piezas. Los análisis y estudios realizados demuestran que el objetivo principal de su trabajo es la obtención de polvo de ocre. Por un lado, la alta presencia de fragmentos de tamaño medio-pequeño sin presencia de huellas de uso hace pensar que se trata de fragmentos resultantes de una reducción por molturación. Por otro lado, de las piezas que muestran síntomas de uso, solo en 10 de ellas se ha podido determinar un uso claro; la extracción de polvo por fricción de la materia colorante sobre materia dura, posiblemente placas de cuarcita. Las placas de cuarcita impregnadas con pigmento recuperadas en la excavación son de tamaño comedido (sin llegar a conocer el tamaño original de algunas de ellas al presentar fracturas). Esto nos lleva a pensar que la materia colorante usada contra esos soportes para la producción de pigmento/polvo fue a su vez de tamaño reducido.

Además piezas como la 148 o 560 muestran un trabajo minucioso en la extracción de ese polvo. El trabajo preciso, casi hasta la extinción, sobre estas piezas nos obliga a pensar en la existencia de una doble finalidad en el uso de los pigmentos o polvo. Por un lado, los procesos de molturación son capaces de producir una gran cantidad de polvo de colorante que podríamos denominar como “genérico”. No debemos olvidar que el yacimiento arqueológico de la cueva de Coímbre es un yacimiento habitacional (además de simbólico), así pues, no sería de extrañar que el uso dado a este polvo “genérico” tenga una finalidad “doméstica” o “mundana” multifuncional: cosmética, medicinal, tratamiento de materias vegetales o animales etc. Por otro lado, el uso del raspado sobre los materiales de menor tamaño, si bien tiene el mismo fin (el polvo de colorante), este se realiza con la in-

tención de buscar el polvo de un colorante en especial, ya sea por su coloración, textura o idoneidad para un uso concreto. Sin olvidar que el uso de la cueva también posee un carácter simbólico, no podemos descartar tampoco que el trabajo intenso y minucioso sobre algunos materiales otorgue al polvo extraído cierto carácter excepcional o simbólico.

A modo de conclusión podemos destacar lo siguiente:

- Se demuestra que el estudio de las huellas de uso –aun siendo preliminar- sobre los materiales puede ayudar a comprender el destino que las comunidades prehistóricas dieron a estos materiales.
- Se ha documentado una captación de origen “cercano” (entorno a los 7.5 Km) para, al menos, un número no muy elevado de las materias colorantes (2.1%). De todas maneras, no se descarta aquí un área de captación local (establecido para este yacimiento en 4 km.) para el resto de las materias primas presentes en el yacimiento ya que el entorno es rico en cuanto a la presencia de hierro y la orografía permite movimientos de desprendimiento, rotura y selección a tener en cuenta.
- El conjunto de las materias colorantes estudiadas muestran que el principal objetivo del trabajo de estas en el caso de Coímbre es la obtención de polvo de ocre mediante el raspado y la molturación.
- La alta densidad de restos reafirma el importante rol jugado por estas materias en la vida cotidiana y simbólica de las sociedades paleolíticas que habitaron la cueva.

5.- PERSPECTIVAS DE FUTURO

El estudio de las materias colorantes es un área de estudio poco trabajada a nivel general y con escasa atención a problemáticas vinculadas a la captación y transformación y uso, ya que la mayor parte de los trabajos se centran principalmente en su caracterización básica. El trabajo realizado constituye un primer acercamiento a los materiales colorantes de la cueva de Coímbre, quedando todavía líneas por concretar y que deberán concretarse en futuros trabajos. Estos serían:

- Profundizar en la caracterización de la composición mediante análisis Raman.
- Empezar prospecciones para localizar los lugares de afloramiento/captación de las materias no identificadas.
- Profundizar en los trabajos experimentales.
- En una vertiente más amplia, contrastar los resultados con otros asentamientos del entorno, así como con futuros trabajos en el yacimiento de Coímbre.

6.- AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer por encima de todo a Marcos García Diez –director de este trabajo- la ayuda prestada, su tiempo, sus conocimientos y su paciencia. También queremos agradecer a David Álvarez Alonso –codirector- del presente estudio y director del yacimiento arqueológico- por permitirme realizar este estudio. A Ramón y Javier, quienes nos mostraron un posible afloramiento fuente de materias colorantes en el entorno del yacimiento y, que sin su ayuda, su búsqueda se hubiese demorado en demasía.

7.- BIBLIOGRAFÍA

ALLAIN, J. y RIGAUD, A.

1989 Colles et mastic au Magdalénien. In: *Nature et fonction des foyers préhistoriques. Actes du Colloque international de Nemours (12-14 mai 1987)* 2. Association pour la promotion de la recherche archéologique en Île-de-France. Musée de Préhistoire d'Île-de-France. Nemours. 221-223.

ÁLVAREZ-ALONSO, D., YRAVEDRA, J., ARRIZABLAGA, A. y JORDA, J. F.

2011 La secuencia estratigráfica magdaleniense de la cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España). *Férvedes*, 7: 57-64.

2013b Excavaciones arqueológicas en la cueva de Coímbre (Besnes, Peñamellera Alta). Campañas 2008-2012. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2007-2012*: 109-120. Principado de Asturias. Oviedo.

- ÁLVAREZ-ALONSO, D., YRAVEDRA, J., ARRIZABLAGA, A., JORDA, J. F. y HEREDIA, N.
2009 La cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España): su yacimiento arqueológico y su santuario rupestre. Un estado de la cuestión en 2008. *Munibe*, 60: 139-155.
- ÁLVAREZ-ALONSO, D., YRAVEDRA, J., ARRIZABLAGA, A., JORDA, J. F., de ANDRÉS-HERRERO, M. y ROJO HERNANDEZ, J.
2013a. La secuencia cronoestratigráfica del Paleolítico superior de la cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España). En: Baena, R. Fernández, J. J. y Guerrero, I. (eds.) *El Cuaternario Ibérico: Investigación en el s. XXI*: 83-86. AEQUA. Sevilla-La Rinconada.
- ÁLVAREZ-ALONSO, D., YRAVEDRA, J., ARRIZABLAGA, A., JORDÁ, J. F., de ANDRÉS, M., GARCÍA-DÍEZ, M., y GARRIDO, D.
2014 La cueva de Coímbre (Asturias, España): artistas y cazadores durante el Magdaleniense en la región cantábrica. *Congreso Internacional Cien Años de Arte Rupestre Paleolítico* (Corchón, S. y Menéndez, M., eds.): 99-106. Universidad de Salamanca. Salamanca.
- BEYRIES, S. & INIZAN, M. L.
1982 Typologie, ocre, fonction. *Studia Praehistorica. Belgica* 2: 313-322.
- COURAUD, C.
1988 Pigments utilisés en préhistoire. Provenance, préparation, mode d'utilisation. *L'Anthropologie* 92: 17-28.
- CAILLEAUX, A.
(s/f) *Code des couleurs des sols*. Boubée.
- GARCÍA-DIEZ, M.
2006 Los materiales colorantes del depósito arqueológico de Mendandía (Sáseta, Condado de Treviño, Burgos). El legado arqueológico de Mendandía: los modos de vida de los últimos cazadores en la Prehistoria de Treviño (Alday, A. dir.): 511-518. *Memorias Arqueología en Castilla y León* 15. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- GARCÍA-DIEZ, M. y ALDAY RUIZ, A.
2000/02 Los materiales colorantes del depósito arqueológico de Kanpanoste Goikoa (Virgala, Álava). *Kobie* XXVI: 77-84.
- HODGSKISS, T.
2010 Identifying grinding, scoring and rubbing use-wear on experimental ochre pieces. *Journal of Archaeological Science*, 38: 3344-3358.
- IBÁÑEZ, J. J. y GONZÁLEZ, J. E.
1999 La utilización de los raspadores en el final del Paleolítico superior. Los yacimientos de Berniollo y Santa Catalina. *Nivel Cero*, 6: 5-31.
- MOURE, J. y GIL, G.
1972 Noticia preliminar sobre los nuevos yacimientos de arte rupestre descubiertos en Peñamellera Alta (Asturias). *Trabajos de Prehistoria*, 22: 245-254.
- PHILIBERT, S.
1994 L'ocre et le traitement des peaux. Révision d'une conception traditionnelle par l'analyse fonctionnelle des grattoirs ocrés de la Balma Margineda (Andorre). *L'Anthropologie*, 98: 447-453.
- RIFKIN, R.
2012 Processing ochre in the Middle Stone Age: Testing the interference of prehistoric behaviours from actualistically derived experimental data. *Journal of Anthropological Archaeology*, 31: 174-195.
- VELO, J.
1984 Ochre as medicine: a suggestion for the interpretation of the archaeological record. *Current Anthropology*, 25: 674.
- WRESCHNER, E. E.
1980 Red ochre and human evolution: a case for discussion. *Current Anthropology*, 21: 631-644.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	n° 6	43-60	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

Registro geológico del impacto humano en el estuario del Urola (Geoparque de la Costa Vasca) durante el Antropoceno

Geological record of human impact on the Urola Estuary (Basque Coast Geopark) during the Anthropocene

PALABRAS CLAVES: Foraminíferos bentónicos, metales pesados, impacto antrópico, estuario de Urola, Antropoceno.
KEY WORDS: Benthic foraminifera, heavy metals, anthropogenic impact, Urola estuary, Anthropocene.

Aintzane GOFFARD⁽¹⁾

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar el impacto antrópico en el estuario del Urola (Zumaia, Gipuzkoa) y su evolución durante el Antropoceno, se ha realizado un sondeo (2 réplicas) de 50 cm de profundidad en los sedimentos intermareales del estuario inferior cerca del astillero Balenciaga. Sobre estos materiales se han llevado a cabo análisis sedimentológicos (tamaño de grano), micropaleontológicos (foraminíferos bentónicos) y geoquímicos (isótopos radioactivos de interés geocronológico y metales) con el fin de reconstruir el proceso de transformación ambiental reciente de esta zona. Durante los últimos 200 años, se aprecia un deterioro rápido del medio y una posterior recuperación paulatina de éste reflejado en las asociaciones de foraminíferos. Los metales pesados muestran un incremento en los sedimentos más antiguos y una ligera mejora en la parte más superficial. La datación radiométrica obtenida nos ofrece datos desde al menos el año 1850 CE hasta la actualidad.

ABSTRACT

In order to study the human impact on the Urola estuary (Zumaia, Gipuzkoa) and its evolution during the Anthropocene, 50 cm in length sediment cores were also taken (2 replicates) from the intertidal area of the lower estuary near Balenciaga Shipyard. On these materials have been carried out sedimentological analysis (grain size), micropaleontological (benthic foraminifera) and geochemical (radioactive isotopes which have geochronological interest and metals) in order to reconstruct the process of recent environmental transformation of this area. During the last 200 years, a rapid deterioration of the environment and a subsequent gradual recovery of this have been reflected in the foraminiferal assemblages. Heavy metals show an increase in older sediments and a slight improvement in the uppermost part. Radiometric dating gives us data obtained from at least 1850 CE to the present.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. Hipótesis de trabajo

Este estudio de la evolución ambiental reciente es el primero que se realiza en el estuario del Urola agrupando datación radiométrica, estudio micropaleontológico y análisis geoquímico en un sondeo que abarca más de 100 años de historia sedimentaria. Se pretende lograr una visión multidisciplinar sobre el estado ambiental del estuario y el impacto antrópico que éste ha sufrido desde finales del siglo XIX hasta la actualidad. Se espera que este trabajo refleje la impronta que el ser humano ha dejado en los sedimentos de este medio costero durante el Antropoceno, época de la historia de la Tierra en la que la presión antrópica ha provocado cambios relevantes como para alterar los ciclos naturales del planeta, y que tiene como una de sus principales características la gran expansión en el uso de combustibles fósiles y otras materias primas (Steffen *et al.*, 2007).

1.2. Zona de estudio

Un estuario puede ser definido como una masa de agua litoral semiconfinada que presenta una conexión directa con el mar abierto y en cuyo interior el agua marina es diluida con agua dulce proveniente del drenaje continental (Pritchard, 1967). La costa norte de la Península Ibérica se caracteriza por pre-

⁽¹⁾ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/EHU, Barrio Sarriena/n, 48940 Leioa (Bizkaia). geolaris.goffard@gmail.com
Directores: Alejandro Cearreta (Dpto. de Estratigrafía y Paleontología) y María Jesús Irabien (Dpto. de Mineralogía y Petrología)



sentar un típico litoral con rías, donde se encuentran numerosos estuarios separados del mar abierto por barras arenosas o depósitos de playa. La transgresión holocena los inundó colmatando las rías hasta el nivel de las aguas con material sedimentario de origen diverso formándose llanuras intermareales de fango y de arena y marismas vegetadas (Cearreta, 1992).

La cuenca del estuario del Urola, ubicado en la comarca de Urola Kosta (Gipuzkoa), abarca un área de unos 364 km², tiene un caudal medio de 8 m³s⁻¹ y una longitud de 5,7 Km (Figura 1). La profundidad del estuario varía entre 0 y 10 m dependiendo de la zona y del estado (pleamar-bajamar) y ciclo de la marea (vivas-muertas). Sus límites exteriores se extienden desde la punta del dique oeste hasta punta Izustarri, incluyendo la cala Orrua (AZTI, 2004).



Figura 1. Imagen aérea (Google Earth) del estuario del Urola con el área inundada marcada referida a la pleamar máxima viva equinoccial según AZTI (2004). Se indica la posición del sondeo estudiado.

Figure 1. Aerial image of the Urola Estuary (Google Earth) with marked flooded area referred to the maximum equinoctial high spring-tide by AZTI (2004). The position of the studied core is indicated.

Por lo que respecta a la extensión original que presentaba este estuario durante el Holoceno, se conserva únicamente el 43% aproximadamente (Rivas y Cendrero, 1992). La mayor parte de la superficie perdida del estuario (90%), más de un millón de metros cuadrados, lo ha sido a consecuencia de la intervención antrópica. Gran parte de la superficie actual del estuario es submareal y el área intermareal representa un poco más del 15% (Rivas y Cendrero, 1992).

El crecimiento de la comarca ha estado basado tradicionalmente en un fuerte desarrollo industrial centrado en el sector metal-mecánico. A mediados del siglo XIX la localidad de Azpeitia ya poseía 8 serrerías, una fundición, una curtiduría y 16 molinos armeros (Cendoya y Estornés, 2015). Existen registros sobre actividad naval en Zumaia al menos desde el año 1347 CE (Balenciaga SA, 2011).

El auge industrial de la provincia de Gipuzkoa se dio durante las décadas de 1960 y 1970. Promovió la migración a las zonas más industriales, teniendo un máximo crecimiento demográfico (31,9%) en los años 1970 (Urkidi y Asenjo, 2008).

1.3. Datación mediante ²¹⁰Pb en exceso

Al ser un estudio relacionado con el impacto antrópico y tratarse de un estuario que en su registro almacena sedimentos recientes, resulta de gran interés obtener una datación que abarque con la mayor exactitud y precisión posibles la época industrial.

Para la datación de este sondeo se ha calculado el ²¹⁰Pb en exceso. Constituye un procedimiento contrastado para datar sedimentos recientes (últimos 100-150 años), calcular las tasas de sedimenta-

ción y, a partir de esa información, estudiar la evolución de la sedimentación en momentos históricos cercanos a la actualidad en relación con los procesos de origen natural y antrópico (Walling, 2004; Irabien *et al.*, 2008a, b).

1.4. Foraminíferos como indicadores

Los foraminíferos son protistas que habitan en diferentes medios acuáticos, no ejercen presión sobre el ecosistema, y es el ecosistema el que ejerce presión sobre ellos (Greiner, 1974). Debido a su elevada sensibilidad a determinados parámetros ambientales, son comúnmente empleados como herramientas para caracterizar o reconstruir las condiciones ambientales presentes y pretéritas en medios marinos y estuarinos. Los principales parámetros de interés paleoambiental en las asociaciones de foraminíferos son la abundancia, la diversidad y la dominancia:

- Abundancia: Se asume que cualquier medio soporta la mayor abundancia de foraminíferos posible, y que el número de individuos crece o decrece en función de los factores ambientales, aporte de alimento, competitividad biológica, depredadores o cambios ambientales (Cearreta, 1986).

- Diversidad: Se basa en la observación empírica de un ecosistema dado. Bajo condiciones óptimas, un ecosistema acoge al número máximo de especies posibles sin que ninguna de ellas llegue a dominar sobre las demás. Sin embargo, bajo condiciones estresantes algunas especies son capaces de explotar con más éxito ese ambiente (Schnitker, 1969). Las especies mayoritarias en este trabajo son las formas típicas y dominantes en la mayor parte de las áreas intermareales de las zonas templadas del planeta, apoyando la idea de que unas pocas especies muy adaptables y extendidas ocupan las áreas intermareales a nivel global (Cearreta, 1988).

- Dominancia: La abundancia relativa de los tipos de caparazones que se encuentran en los medios litorales nos aporta información relacionada con la salinidad del medio (Cearreta, 1988). Se puede observar un gradiente de mayor a menor salinidad siendo los caparazones porcelanáceos los que aparecen en las zonas de mayor salinidad, los aglutinantes en las de menor salinidad y los hialinos en aguas salobres. El control principal de este gradiente se debe a la disponibilidad de CaCO_3 para la construcción y síntesis química de los caparazones.

1.5. Indicadores geoquímicos

El análisis geoquímico de metales pesados en los sedimentos nos aporta información muy útil sobre el estado ambiental del estuario y la influencia industrial que ha sufrido durante las últimas décadas. Estos datos, unidos a la datación radiométrica y a los cambios que hayan experimentado las asociaciones de foraminíferos bentónicos en la zona, pueden aportar información sobre la respuesta biótica y permiten una mejor valoración de la evolución de los aportes tanto antrópicos como naturales que llegan al estuario (Cearreta *et al.*, 2000).

Por otro lado, para evaluar el nivel de contaminación de los estuarios se pueden utilizar como referencia general, a pesar de las diferencias y limitaciones metodológicas, los niveles de acción que aparecen en las directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre publicadas recientemente (julio 2015) por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM).

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Encuadre geográfico

Los sedimentos que han sido analizados en este estudio han sido recogidos en el municipio de Zumaia, localizado en la provincia de Gipuzkoa (País Vasco).

El estuario estudiado se encuentra situado en la costa del Mar Cantábrico, donde confluyen los ríos Urola y Narrondo. Al norte limita con el mar Cantábrico, al sur con los barrios de Arroa Bekoa y Etxabe. Al este, con Askizu y Oikia, y al oeste con Ixtaspe e Itziar (Figura 2).



Figura 2. Imagen aérea del estuario del Urola con la posición del sondeo señalizada y con mayor detalle de la zona de Zumaia donde se realizó el sondeo (modificado de Google Earth, 2015).

Figure 2. Aerial image of the Urola Estuary with the position of the core indicated, and in greater detail the Zumaia area where the sampling was performed (modified from Google Earth, 2015).



Figura 3. Imágenes de campo del sondeo ZM realizado en la latitud $43^{\circ}17'37.75''\text{N}$ y longitud $2^{\circ}15'0.05''\text{O}$ el día 23 de febrero 2015 en condiciones de bajamar.

Figure 3. ZM core sampling photographs taken at latitude $43^{\circ}17'37.75''\text{N}$, longitude $2^{\circ}15'0.05''\text{W}$ on February 23, 2015 under low tide conditions.

2.2. Sondeo

Se ha realizado un doble sondeo (dos réplicas, una al lado de la otra) en los sedimentos intermareales del estuario inferior de Zumaia (Figura 3) con tubos de policloruro de vinilo (PVC) preparados para tal fin, de 50 cm de longitud y 12,5 cm de diámetro. Este sondeo Zumaia (ZM) fue realizado en la latitud 43°17'37.75"N y longitud 2°15'0.05"O el día 23 de febrero 2015 en condiciones de bajamar. Para ello se utilizó una maza de hierro y se golpearon los tubos para penetrar verticalmente en los sedimentos hasta dejarlos a ras de superficie (Figura 4). Se taparon y sellaron para llevarlos al laboratorio y se calculó una compactación de 3 cm en el testigo durante el muestreo. Uno de los sondeos fue transportado al Laboratorio de Física Médica de la Universidad de Cantabria para su análisis radiométrico con isótopos de vida corta (^{210}Pb y ^{137}Cs). El otro fue llevado a la UPV/EHU, donde se cortó longitudinalmente en dos mitades y cada una de ellas fue dividida en 47 secciones de 1 cm de grosor que se guardaron en bolsitas de plástico independientes con cierre hermético.

2.3. Datación

El testigo que fue transportado a la Universidad de Cantabria para su datación radiométrica, se dividió las muestras a intervalos de 1 cm, se secaron a 110°C durante 24 horas y se pasaron por un tamiz de 2 mm de luz de malla. Las muestras se colocaron cerradas durante treinta días en recipientes de plástico con el fin de obtener el equilibrio radiactivo entre ^{226}Ra y ^{222}Rn . La determinación de la concentración de isótopos radioactivos estudiados en cada muestra se llevó a cabo mediante su análisis por un Espectrómetro Gamma de Bajo Fondo con un detector de Germanio-hiperpuro (HPGe) acoplado verticalmente. Este detector se conectó a un recipiente que contiene nitrógeno líquido con un tubo frío y se monta dentro de un blindaje de plomo de 10 cm de espesor con el fin de evitar la radiación cósmica de fondo y de la habitación. El detector también estaba conectado a una cadena electrónica, que a su vez estaba conectada a un analizador multicanal (Quindós *et al.*, 1994). Las concentraciones de los elementos radiactivos ^{137}Cs , ^{210}Pb y ^{226}Ra se determinaron mediante el número de cuentas por debajo de los fotopicos correspondientes, teniendo en consideración el ruido de fondo y la línea de base del espectro.

Los fotopicos aquí considerados son: 661 KeV para el ^{137}Cs , 46.5 KeV para el ^{210}Pb , 352 y 611 keV para el ^{214}Pb y ^{214}Bi , los productos del ^{222}Rn en equilibrio con el ^{226}Ra (Lederer *et al.*, 1967). Cada muestra fue contada durante un período de 24 h. La eficiencia de detección del sistema de medición se calculó utilizando muestras de actividad conocida preparadas con la misma geometría que las muestras a medir. Las incertidumbres en las concentraciones medidas se deben principalmente al error de recuento estadístico, y dependen de cada valor. En las condiciones utilizadas para la masa, la geometría y el intervalo de tiempo de 24 h, los límites de detección más bajos fueron 10 Bq Kg⁻¹, 3 Bq Kg⁻¹ y 0,5 Bq Kg⁻¹ para ^{210}Pb , ^{226}Ra y ^{137}Cs respectivamente.

2.5. Microfósiles

De las 47 secciones del testigo, fueron seleccionadas para el análisis micropaleontológico solo las muestras impares (1,3,5,7...). Las muestras de sedimento se secaron en el horno a unos 50°C, y se pesaron una vez secas. Se levigaron por vía húmeda usando dos tamices, uno 2 mm de luz de malla a fin de retirar los restos orgánicos grandes y el otro de 63 μm para retener el sedimento de tamaño arena que contiene los foraminíferos bentónicos. La porción arena acumulada en el tamiz de 63 μm fue recuperada y secada en el horno una vez más. Al pesarla una vez seca, se obtuvo el peso de la arena que contenía el sedimento original y pudo calcularse su porcentaje en cada muestra.

Con el objetivo de concentrar el contenido en foraminíferos, se utilizó el método de flotación mediante líquidos pesados para separar la fracción litogénica más densa de la fracción biogénica menos densa que contiene los caparazones de foraminíferos. Para la separación, en una campana de gases se vertió el sedimento en el tricloroetileno, se agitó para que la mayor parte de caparazones quedasen en suspensión y se vertió a través de un papel de filtro donde éstos quedaron retenidos junto con otros elementos de baja densidad (Murray, 1979). Esta flotación fue observada bajo una lupa binocular Nikon SMZ645 con el fin de extraer los caparazones de los foraminíferos y cualquier otro elemento de interés (como las posibles partículas esferoidales carbonáceas) para su posterior caracterización.

Se realizó un conteo de los foraminíferos en cada muestra, separando un mínimo de 300 caparazones para obtener una cantidad representativa, siempre que fue posible, para su posterior clasificación taxonómica. En las muestras con una baja abundancia de caparazones fue extraída la totalidad de los foraminíferos presentes. Mediante el programa Excel se realizaron tablas, cálculos estadísticos y gráficas de interés con los datos obtenidos de peso, porcentaje de arena, porcentaje de finos, peso de la flotación, especies encontradas, número de individuos extraídos, individuos aberrantes, presencia de foraminíferos planctónicos, especies alóctonas y la naturaleza de los caparazones, con el objetivo de realizar una comparación entre las distintas muestras y con los datos geoquímicos. En total se analizaron 24 muestras y se clasificaron más de 6.000 caparazones de foraminíferos bentónicos.

2.6. Geoquímica

Se seleccionaron para el análisis geoquímico las mismas secciones alternas que se utilizaron para el análisis micropaleontológico y tres muestras superficiales recogidas una en el mismo sitio del sondeo, otra a 50 m aguas arriba y la última a 50 m aguas abajo más cercana al astillero. Las muestras se seccionaron en el horno a 50°C durante dos días, se tamizaron en seco con un tamiz de 1 mm de luz de malla a fin de evitar bioclastos grandes y gravas, y se molieron y homogeneizaron en un mortero de ágata para evitar su posible contaminación con metales.

Las muestras se enviaron a analizar a las instalaciones de Activation Laboratories Ltd. en Ontario, Canadá. Las concentraciones de elementos traza se determinaron mediante espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) después de un proceso de digestión ácida en agua regia a 95°C durante dos horas. Los límites de detección más bajos fueron (en mg/Kg): 2 para el Pb, As y Zn; 1 para el Cu, Cr y Ni; 0,5 para el Cd.

Por otro lado, con el fin de profundizar en el estudio del impacto antrópico que ha sufrido este medio estuarino, se decidió llevar a cabo el análisis de algunos esferoides claramente artificiales extraídos con la lupa binocular de la fracción arenosa de baja densidad mencionada en el apartado de microfósiles, y que fueron separados mediante un pincel. Se ha utilizado la microscopía electrónica de barrido (MEB) modelo JEOL JSM6400 en los laboratorios SGIKER ubicados en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU y se han analizado distintos puntos de éstas a fin de conocer con detalle su composición. Las muestras fueron tratadas con un baño de grafito en un turbo metalizador Quorum, modelo Q150T ES y pegadas en una cinta adhesiva de doble cara de carbono para evitar movimientos durante el análisis.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datación radiométrica

Para realizar los cálculos de la datación se ha utilizado el modelo de flujo constante CF (más conocido como CRS) de Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández (2012), ya que se ha considerado que no hay grandes cambios temporales en los aportes de ^{210}Pb en los sedimentos.

La Figura 4 muestra la actividad del ^{210}Pb en exceso (Bp/Kg) en función de la acumulación másica. Los valores de aquellas secciones de sedimento que se encuentran a una profundidad superior a 34 cm, donde ya no aparece este radioisótopo, corresponden a una fecha anterior al año 1900 CE.

Los datos de edad calculados a partir del exceso de ^{210}Pb siguiendo el modelo mencionado se presentan en la Figura 5 en relación con la profundidad.

Las tasas de sedimentación calculadas (Figura 6) muestran un aumento a lo largo del tiempo en las últimas décadas, mostrando una tendencia similar a la determinada en otros estuarios de la costa cantábrica (Cendrero *et al.*, 2006; Bruschi *et al.*, 2013a, b) y de otros lugares del mundo (Bonachea *et al.*, 2010).

Según Syvitski *et al.* (2005) y Syvitski y Kettner (2011), el efecto de los aumentos en las tasas de sedimentación y los cambios en la erosión y transporte de sedimentos parecen tener un carácter global. Estos autores señalan que el impacto humano en el transporte de sedimentos comenzó hace 3000 años, se aceleró en los últimos 100 años y ha producido ya un efecto ambiental equivalente a un episodio geológico de cambio climático, como el tránsito Pleistoceno-Holoceno. Por su parte, Bonachea *et al.* (2010) lo relacionan con un aumento de la capacidad de los seres humanos para producir cambios en la superfi-

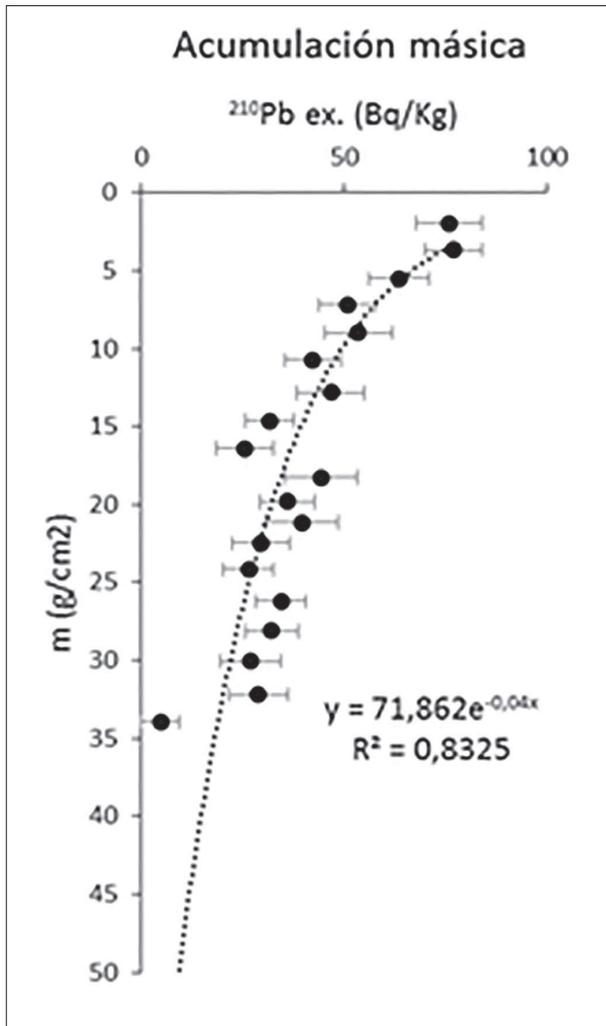


Figura 4. Actividad del ^{210}Pb Bq/Kg en función de la acumulación másica.
Figure 4. ^{210}Pb Bq/Kg activity based on the mass accumulation.

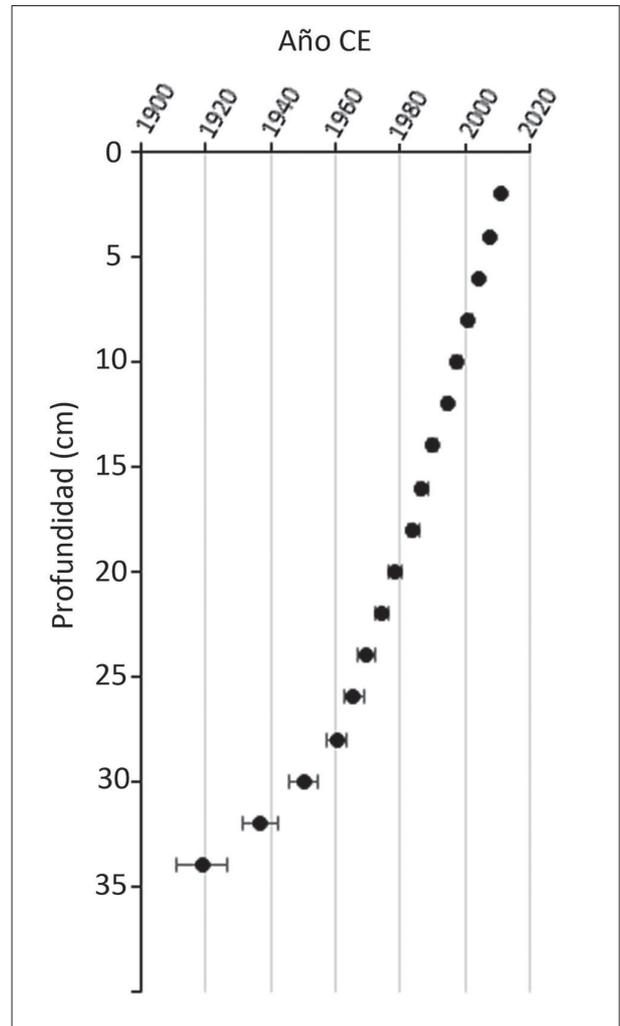


Figura 5. Gráfico de relación entre el año CE y la profundidad del sedimento.
Figure 5. Graphic of the relationship between the CE age and the depth of sediment.

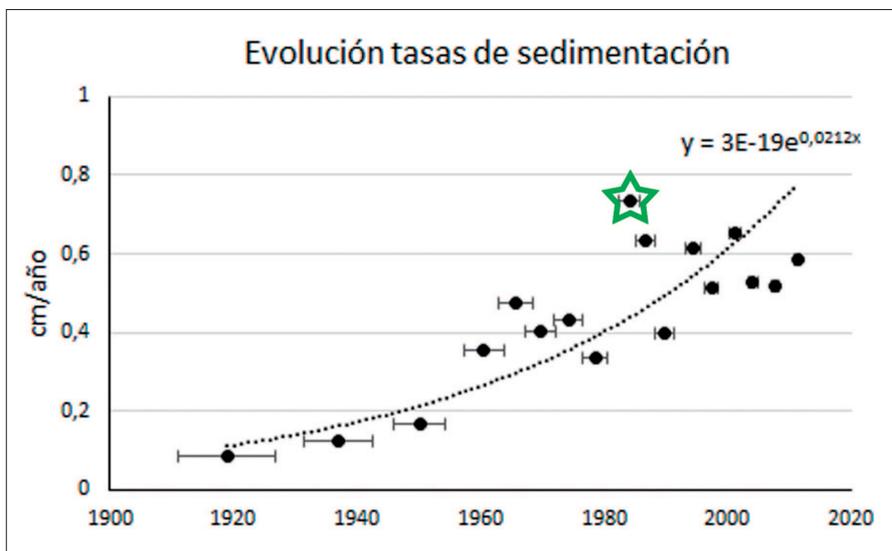


Figura 6. Evolución temporal de las tasa de sedimentación. Marcado en verde el mayor crecimiento en las tasas de sedimentación en 1983 CE.

Figure 6. Temporal evolution of sedimentation rate. Marked in green the fastest growing sedimentation rates in 1983 CE.

cie terrestre, es decir, lo que denomina la “presión geomorfológica humana”. Independientemente de la magnitud del aumento, si dicha relación entre el impacto antrópico y los cambios en las dinámicas geológicas actuales de la superficie terrestre fuera correcta, estaríamos ante una aceleración muy importante de estos procesos, que podrían presentar en el Antropoceno características muy distintas a las de épocas anteriores (Bruschi *et al.*, 2011).

Las causas de los incrementos en las tasas de sedimentación en el estuario de Zumaia podrían estar relacionadas a fenómenos tales como la remodelación del cauce del río Urola, la gestión de suelos de las zonas circundantes y las riadas. A partir de los años 1960 y hasta los 1980 la tasa de sedimentación que se observa en el estuario aumenta significativamente (un aumento medio del 64,1 %), al mismo tiempo que se inicia el auge industrial de la zona. Uno de los aumentos más relevantes se da en la sección que se encuentra entre 19 y 17,5 cm de profundidad (señalado en la Figura 7). La tasa de sedimentación pasa de ser de 0,37 cm/año en 1982 CE a 0,77 cm/año en 1986 CE, coincidiendo en el tiempo con las conocidas riadas del año 1983 CE. Otro aumento significativo (de 0,4 a 0,8 cm/año) se produce entre los 12,5 y 11,5 cm, que están datados a mediados de los 1990, años en que se realizaron dragados en la zona cercana a la desembocadura del estuario (AZTI, 2006).

3.2. Geoquímica y micropaleontología

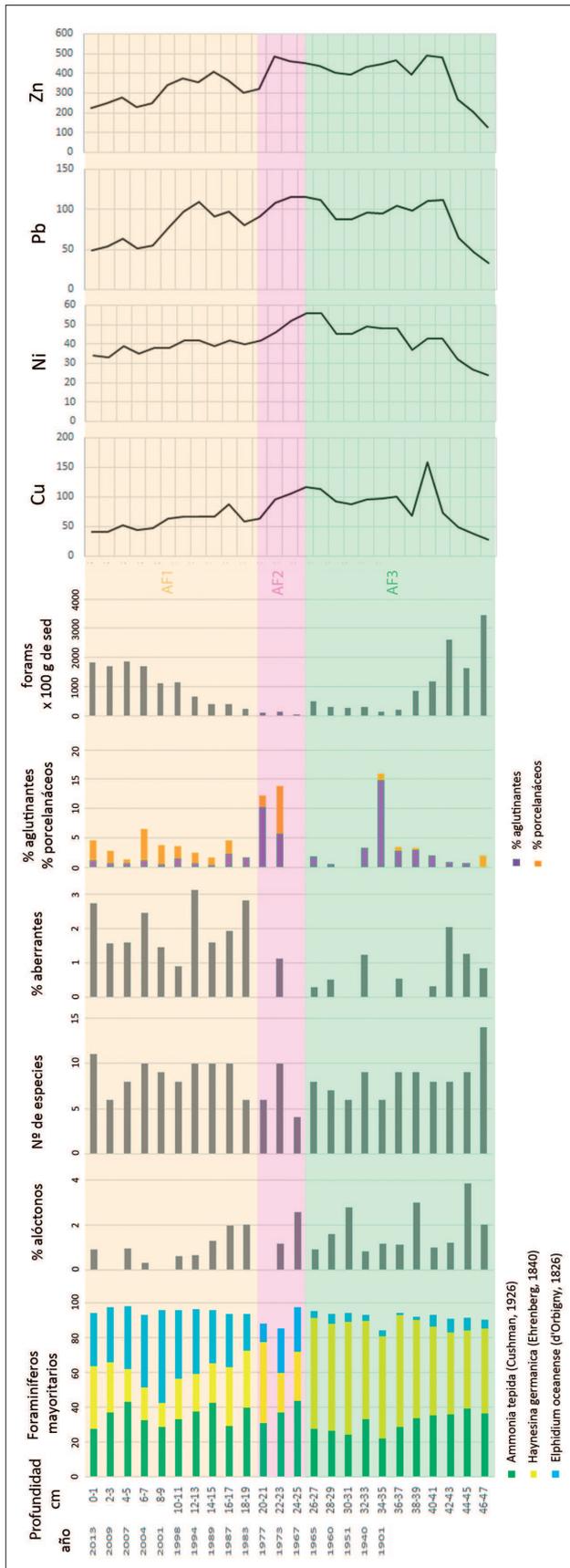
En este trabajo se han extraído un total de 6.012 caparazones de foraminíferos bentónicos, que representan 30 especies diferentes identificadas en el Anexo 1 según los términos aceptados por Hayward *et al.* (2015). El Anexo 2 agrupa la información micropaleontológica de interés obtenida en este sondeo y en el Anexo 3 se reflejan los porcentajes relativos de cada especie para cada muestra del sondeo. En cuanto al análisis geoquímico se presentan los resultados de todos los elementos analizados en el Anexo 4, incluidos los no contemplados en el texto de este trabajo. En la Figura 8 se muestran los valores del Cu, Pb, Ni y Zn calculados en relación con la profundidad y la edad radiométrica junto con los datos obtenidos mediante el estudio de los foraminíferos, tales como el porcentaje de los foraminíferos mayoritarios, los caparazones alóctonos, los individuos aberrantes, el número de especies, el porcentaje de caparazones aglutinantes y porcelanáceos (frente a los hialinos) y la densidad de foraminíferos por 100 gramos de sedimento.

Algunas especies aparecen de forma constante a lo largo de todo el sondeo, mientras que la presencia de otras es anecdótica en determinadas muestras. Tal y como se observa en la Figura 8, las especies que aparecen con mayor abundancia y frecuencia en las muestras estudiadas son *Ammonia tepida* (Cushman, 1926) que muestra una oscilación entre 21,6% y 43,6%, *Haynesina germanica* (Ehrenberg) entre el 13,5% y 64,6%, *Elphidium oceanense* (d'Orbigny) entre el 1,1% y 41,5%, *Trochammina inflata* (Montagu) entre 0 y 11,4%, *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob) entre 0 y 2,9%, *Entzia macrescens* (Brady) entre 0 y 4,1% y *Quinqueloculina seminula* (Linneo) entre 0 y 3,7%. Las tres primeras mencionadas son las especies mayoritarias en todo el sondeo, variando sus porcentajes de forma gradual y superando en conjunto siempre el 85 % de los caparazones totales de cada muestra, y en la mayoría de ellas incluso el 90% (Figura 7). En el anexo 5 se muestran imágenes de algunos de los foraminíferos caracterizados.

El número de foraminíferos por 100 g de sedimento coincide, como norma general, con un incremento en el número de especies (que varían de 4 a 14), el porcentaje de caparazones aberrantes (que oscila entre 0 y 3,1 %), y el porcentaje de caparazones de tipo aglutinante y porcelanáceo frente a los de tipo hialino (porcelanáceos de 0 a 8,1 %; aglutinantes de 0 a 14,8 %; e hialinos de 84,1 a 100%).

Se han distinguido tres asociaciones de foraminíferos (AFs) diferentes en base a su contenido en microfósiles, que son las siguientes de muro a techo (en colores en las Figuras 7 y 8):

AF3: se compone de 25 cm de fangos arenosos (porcentaje medio de arena 43,31 %) que presentan un número de caparazones de foraminíferos extremadamente abundante en la base y que va disminuyendo paulatinamente hacia techo (media 1038, rango 345-138 foraminíferos/100 g de sedimento). Este intervalo se caracteriza por un dominio de los caparazones hialinos con las formas salobres *H. germanica* (56%) y *A. tepida* (32%) como especies dominantes y *E. oceanense* como especie secundaria. El número de especies es moderado (8 especies) y el porcentaje de caparazones alóctonos de origen marino es bajo (2%). En este intervalo el contenido geoquímico muestra un aumento en las concentraciones de me-



tales que precede levemente al deterioro microfaunístico y un pequeño descenso con una rápida recuperación previa a 1900 CE. Este intervalo ha sido datado desde el siglo XIX hasta el año 1965 CE y muestra, por comparación con el fondo geoquímico regional establecido en base al contenido pre-industrial en metales contemplados en los artículos de Cearreta *et al.* (2000) y Rodríguez *et al.* (2006) (incluidos en la Tabla 1), un contenido moderado en metales pesados claramente creciente hacia techo.

AF2: es un intervalo de 6 cm de fangos con un contenido en arenas muy reducido (porcentaje medio de arena 23,96 %) y que muestra un número de caparazones de foraminíferos muy escaso (media 101, rango 57-143 foraminíferos/100 g de sedimento) y elevadas concentraciones particularmente en los metales pesados Cd, Cr, Ni, Pb y Cu y en el metaloide As. La edad determinada para este intervalo más contaminado y con pocos foraminíferos es 1965-1980 CE (coincidente con el auge demográfico e industrial de la comarca).

AF1: está representada por los 19 cm más superficiales de fangos arenosos (porcentaje medio de arena 34,66 %) que muestran un número de caparazones de foraminíferos que va incrementándose paulatinamente hacia techo (media 1107, rango 256-1864 foraminíferos/100 g de sedimento). Este intervalo se caracteriza por un dominio de los caparazones hialinos con *E. oceanense* (35%), *A. tepida* (35%) y *H. germanica* (25%) como especies dominantes. El número de especies es moderado (9 especies) y el porcentaje de caparazones alóctonos es muy bajo (1%). Las concentraciones de los metales descienden lentamente hacia techo. Este intervalo ha sido datado entre los años 1980-2015 CE y muestra un contenido en metales pesados moderado y claramente decreciente hacia techo, coincidiendo con la crisis industrial y el desarrollo del sector servicios en la comarca).

Figura 7. Comparación de datos micropaleontológicos y geoquímicos y la edad radiométrica calculada: relación de elementos (en ppm) con la profundidad, % de foraminíferos mayoritarios, % de foraminíferos alóctonos, número de especies, % de individuos aberrantes, % de caparazones aglutinantes y porcelanáceos (frente a hialinos), y densidad de foraminíferos por 100 gramos de sedimento. En colores sombreados las tres zonas definidas según las asociaciones de foraminíferos.

Figure 7. Comparison of micropaleontological, geochemical and radiometric data and calculated age: relationship between elements (in ppm) and depth, % of main foraminifera, % of allochthonous foraminifera, number of species, % of aberrant individuals, % porcelainous and agglutinated tests (vs. hyaline), and density of foraminifera per 100 grams of sediment. Colour-shaded areas defined by the three foraminiferal assemblages.

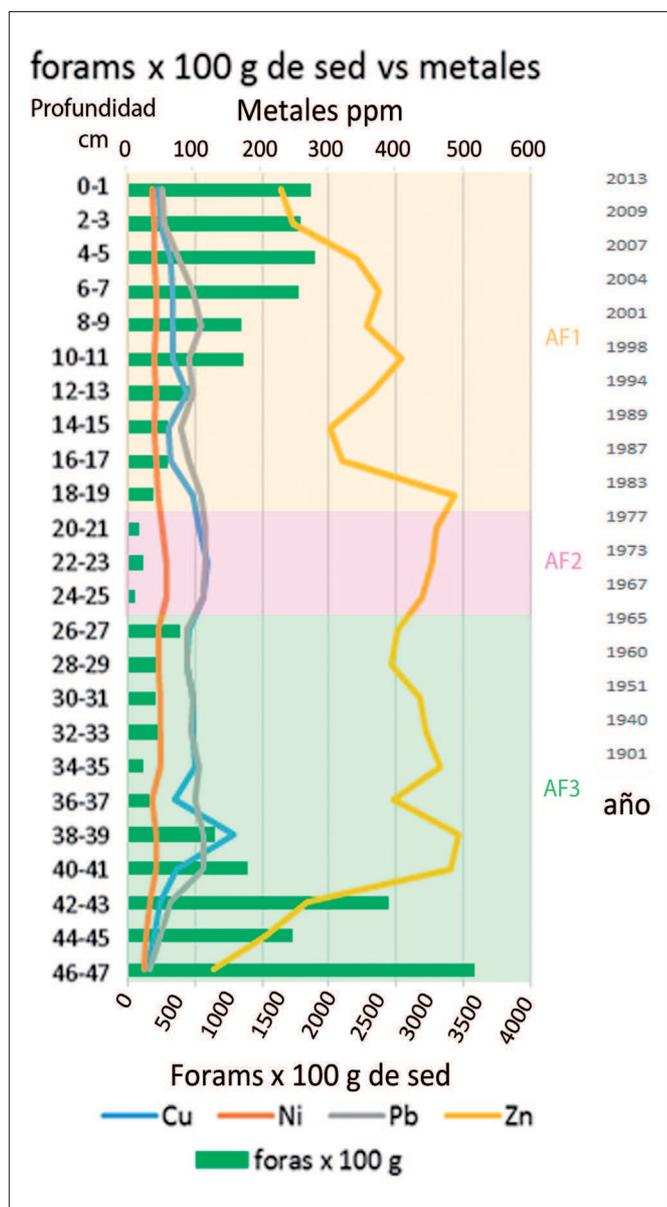


Figura 8. Representación de las concentraciones de metales (Cu, Ni, Pb, Zn) frente a la densidad de foraminíferos.

Figure 8. Representation of metal concentrations (Cu, Ni, Pb, Zn) versus foraminiferal density.

Como muestra la Figura 8, existe una relación aparente entre las concentraciones de los metales pesados en los sedimentos del sondeo y la densidad de foraminíferos en cada muestra. El deterioro químico precede de alguna manera al biológico según se aprecia en la parte inferior del sondeo, donde la densidad de foraminíferos se mantiene aún elevada cuando los niveles de los metales ya comienzan a aumentar. La parte más profunda del sondeo hay una mayor concentración de microfósiles y un menor nivel de contaminación metálica, y los microfósiles disminuyen drásticamente en la zona intermedia hasta que empieza a producirse una recuperación más paulatina hacia la superficie donde las concentraciones de estos metales son menores. La mayor crisis para la microfauna aparece entre los años 1960 y 1970 que coinciden con el mayor crecimiento poblacional de la comarca. Esta relación está posiblemente determinada por los niveles de oxígeno del medio condicionados por la actividad humana.

3.3. Repercusiones para la gestión ambiental

En el caso de que estos sedimentos tuvieran que ser dragados, se deberían usar como referencia las directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT) (CIEM, 2015) (Tabla I). Los sedimentos que no superen el nivel de acción A pertenecen a la categoría A, de manera que pueden verterse al mar excepto en las zonas de exclusión. Únicamente las dos muestras inferiores del sondeo (por debajo de los 44 cm de profundidad) presentan estos buenos niveles de calidad geoquímica. Los materiales suprayacentes muestran indicios de contaminación por Ni, Cu, Pb y Zn.

Elementos	Cd	Cu	Ni	As	Pb	Cr	Zn
Concentraciones en la superficie	-	42-52	33-39	8-novi	49-63	45-51	222-278
Concentraciones en el sondeo	0,6-1,2	28-159	24-56	agos-19	33-112	28-76	128-493
Nivel de acción A	0-1,2	0-70	0-30	0-35	0-80	0-140	0-205
Nivel de acción B	1,2-2,4	70-168	30-63	35-70	80-218	140-340	205-410
Nivel de acción C	2,4-9,6	168-675	63-234	70-280	218-600	340-1000	410-1640
Fondo regional según Rodríguez <i>et al.</i> (2006)	-	20	23	16	21	85	63
Fondo regional según Cearreta <i>et al.</i> (2000)	-	33	29	12	31	26	174

Tabla 1. Elementos analizados, límite de detección, y rangos de presencia en el sondeo frente a los rangos de los niveles de acción según el CIEM (2015) (todos los valores en mg/kg).

Table 1. Analyzed elements, detection limit, and presence ranges in the core versus the action levels ranges according to CIEM (2015) (all values in mg/kg).

De los elementos contemplados, solo cuatro de ellos muestran valores que superan el nivel de acción A en algunas de las secciones analizadas: Cu, Ni, Pb y Zn. De ellos, solo el Zn supera el nivel de acción B ligeramente. Por lo tanto:

- a- Los que se encuentran dentro de la categoría A, entran dentro de la variabilidad natural de fondo de la región.
- b- El Ni, Pb y Cu se encuadran en la categoría B.
- c- El Zn se encuentra en la categoría C.

Los materiales que se encuentran entre los 17 y 0 cm de profundidad (es decir, de 1984 CE a la actualidad) y los que se encuentran desde los 44 al 41 cm de profundidad (edad previa a 1900 CE) pertenecen a la categoría B debido a las concentraciones máximas de Ni, Pb y Cu. Estos sedimentos podrán ser vertidos al mar excepto en las zonas de exclusión y las zonas restringidas.

Los materiales más contaminados fueron depositados en dos etapas aparentemente separadas en el tiempo. La primera de ellas previa a 1900 CE y la segunda desde 1965 a 1984 CE, que refleja la elevada presencia industrial de esa época y está aparentemente relacionada con la AF2. Para estos niveles sería muy conveniente hacer una caracterización ecotoxicológica con el fin de determinar su potencial toxicidad para facilitar una gestión adecuada, ya que solo el Zn sobrepasa el umbral B de forma leve y los sedimentos están muy lejos de las concentraciones consideradas como peligrosas según las directrices de CIEM (2015).

3.4. Partículas antrópicas

Durante la extracción de los caparzones de foraminíferos se encontraron una serie de esférulas o esferoides de origen artificial de diferentes colores y texturas. Se analizó la composición mediante la microscopía electrónica de barrido de varias esférulas de distintos niveles a fin de compararlas entre sí y tener una noción general de su composición.

Tras el análisis se encontraron únicamente 3 tipos de partículas diferentes:

- a- "Esferoides carbonáceos" (Figura 9), que presentan una composición heterogénea. Contienen elementos carbonosos, silíceos y sulfuros de hierro. Presentan diferentes texturas entre sí, siendo el componente principal el carbono acompañado por otros elementos como el Si, Ti, Fe, S, C, O, Mg y otros elementos traza. Haría falta un análisis más exhaustivo de estas partículas para saber si se podrían considerar como partículas esféricas carbonáceas derivadas de la quema de combustibles fósiles como las contempladas en el artículo de Stoffyn-Egli *et al.* (1997) (BCP, black carbon particles) o como la contempladas en el artículo de Swindles *et al.* (2015) (SCP, Spheroidal carbonaceous particles).
- b- Esferoides poliméricos (Figura 10). Estos presentan una textura y composición homogénea de un compuesto polimérico, siendo la única diferencia apreciable su color (amarillas-blancas).

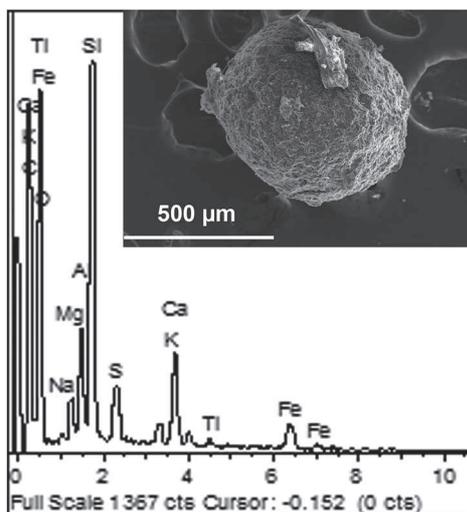


Figura 9. "Esferoide carbonáceo" y su espectro composicional en keV.
Figure 9. "Carbonaceous spheroid" and its compositional spectrum in keV.

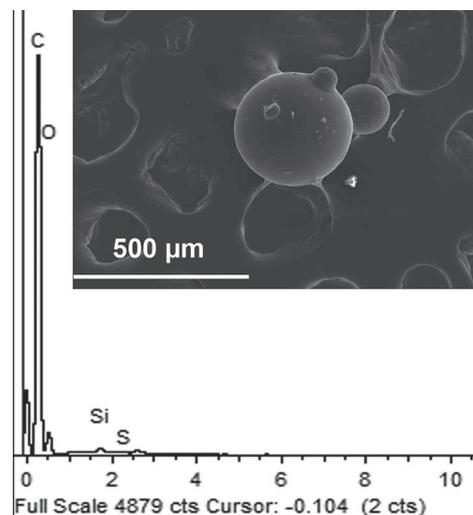


Figura 10. Esferoide polimérico y su espectro composicional en keV.
Figure 10. Polymeric spheroid and its compositional spectrum in keV.

c- Esferoides metálicos (Figura 11). Presentan una textura homogénea y una composición muy enriquecida en Fe, parecen un subproducto de la industria metálica (escoria de fundición). Presentan entre ellas diferentes texturas pero idéntica composición.

Los “esferoides carbonáceos” aparecen en todas las muestras pero con una mayor representación en los niveles inferiores del sondeo. En 1960 CE aparecen las escorias enriquecidas en Fe (esferoides metálicos) coincidente con el auge industrial, y en 1980 CE se suman los esferoides poliméricos amarillos y a partir de 1990 CE esferoides poliméricos blancos.

La presencia de estos esferoides en los sedimentos se podría considerar como un indicador claro de actividad industrial antrópica, ya que se trata de partículas que no se generan de forma natural, son fácilmente identificables y pueden ser caracterizadas. También podrían arrojar luz sobre cuáles fueron las industrias que las generaron realizando un estudio más exhaustivo (que queda fuera del objetivo de este trabajo).

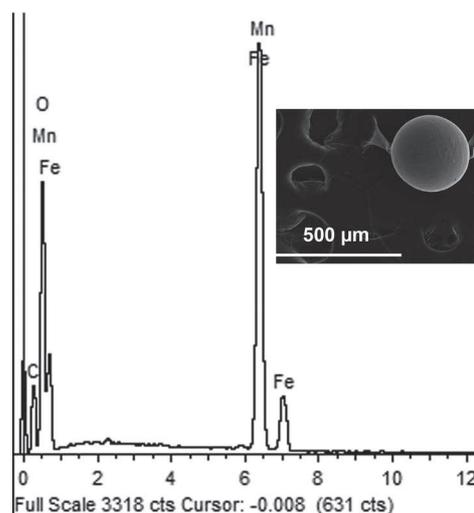


Figura 11. Esferoide metálico de escoria de fundición y su espectro composicional en keV.

Figure 11. Metallic spheroid of smelting slag and compositional spectrum in keV.

4.- CONCLUSIONES

El sondeo ZM muestra un claro impacto en el estuario de las actividades industriales antrópicas que ha quedado reflejadas en los sedimentos del estuario inferior del Urola.

El registro sedimentario reciente en este estuario inferior se caracteriza por la presencia de fanos arenosos que muestran un contenido decreciente de microfósiles conforme se fueron incrementando los contenidos en diferentes metales como consecuencia del aumento de las actividades industriales en las cuencas fluvial y estuarina hasta los años 1960. Durante el intervalo más industrial entre los 1960-1980 la contaminación en el estuario inferior fue máxima y la presencia de foraminíferos, por el contrario, fue mínima sugiriendo unas condiciones ambientales difíciles para estos organismos durante ese intervalo temporal. A partir de los años 1980 hasta la actualidad las concentraciones de contaminantes muestran un paulatino descenso que va acompañado por un incremento paralelo en la abundancia de foraminíferos bentónicos, indicando claramente una mejora en las condiciones ambientales estuarinas como consecuencia del declive en las actividades industriales y la puesta en marcha de medidas correctoras.

Para la gestión de los materiales se recomienda realizar una caracterización ecotoxicológica con el fin de determinar su potencial toxicidad.

5.- AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un especial agradecimiento a los directores de este Trabajo de Fin de Máster, Alejandro Cearreta y María Jesús Irabien, por su decisivo apoyo y ayuda a lo largo de estos meses de labor investigadora. Gracias también al Dr. José Ezequiel Gómez Arozamena (Universidad de Cantabria) por su colaboración activa en el campo y el análisis radiométrico del sondeo, y a todas las personas que han ayudado para que este proyecto salga adelante. A la UPV/EHU por haber prestado sus instalaciones para poder realizar este estudio. Este trabajo ha sido financiado mediante los proyectos Evolución ambiental cuaternaria de los estuarios de Deba y Zumaia (Geoparque de la Costa Vasca) (Geogarapen-UPV/EHU, US13/02), Antropicosta-El registro sedimentario antropoceno en los medios litorales cantábricos (MINECO, CGL2013-41083-P), Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (Gobierno Vasco, IT767-13) y Unidad de Formación e Investigación en Cuaternario (UPV/EHU, UFI11/09).

6.- BIBLIOGRAFÍA

AZTI

- 2004 Medio físico y dinámica de los estuarios de la Costa Vasca. Aplicaciones en ecología y gestión. Estudio inédito para el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Dirección de Biodiversidad. 92 pp.
- 2006 Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Tomo 9: Unidad Hidrológica del Urola. Informe de resultados. Campaña 2005: Unidad Hidrológica Urola. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Dirección de Aguas, 482-769.

BALENCIAGA S.A.

- 2011 90 urte ontzigitzan/ años de construcción naval. 28 pp.

BONACHEA, J., BRUSCHI, V.M., HURTADO, M., FORTE, L.M., DA SILVA, M., ETCHEVERRY, R., CAVALLOTTO, J.L., DANTAS, M., PEJON, O., ZUQUETTE, L., BEZERRA, M.A., REMONDO, J., RIVAS, V., GÓMEZ-AROZAMENA, J., FERNÁNDEZ, G. y CENDRERO, A.

- 2010 Natural and human forcing in recent geomorphic change; case studies in the Rio de la Plata basin. *Science of the Total Environment*, 408: 2674-2695.

BRUSCHI, V.M., BONACHEA, J., REMONDO, J., FORTE, L.M., HURTADO, M. y CENDRERO, A.

- 2011 ¿Hemos entrado ya en una nueva época de la historia de la tierra?. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 105: 1-12.

BRUSCHI, V.M., BONACHEA, J., REMONDO, J., GÓMEZ-AROZAMENA, J., RIVAS, V., BARBIERI, M., CAPOCCHI, S., SOLDATI, M. y CENDRERO, A.

- 2013a. Land management versus natural factors in land instability; some examples in northern Spain. *Environmental Management*, 52: 398-416.

BRUSCHI, V.M., BONACHEA, J., REMONDO, J., GÓMEZ-AROZAMENA, J., RIVAS, V., MÉNDEZ, G., NAREDO, J.M. y CENDRERO, A.

- 2013b. Analysis of geomorphic system's response to natural and human drivers in northern Spain; implications for global geomorphic change. *Geomorphology*, 196: 267-279.

CEARRETA, A.

- 1988 Distribution and ecology of benthic foraminifera in the Santoña Estuary, Spain. *Revista Española de Paleontología*, 3: 23-38.

- 1992 Cambios ambientales en la Ría de Bilbao durante el Holoceno. *Cuadernos de Sección de Eusko Ikaskuntza (sec. Historia)*, 20: 435-454.

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: 571-592.

CEARRETA, A. y LEORRI, E.

- 2009 El registro geológico de la transformación ambiental de la ría de Bilbao durante el Holoceno y el Antropoceno. *Munibe. Suplemento*, 26. 13-172 pp.

CENDOYA, I. y ESTORNÉS, I.

- 2015 Enciclopedia Auñamendi. Eusko Media Fundazioa. <http://www.euskomedia.org/aunamendi/17311/21913>, visitado en 2015.

CENDRERO, A., REMONDO, J., BONACHEA, J., RIVAS, V. y SOTO, J.

- 2006 Sensitivity of landscape evolution and geomorphic processes to direct and indirect human influence. *Geografía Física e Dinámica Cuaternaria*, 29: 125-137.

CIEM (Comisión Interministerial de Estrategias Marinas)

- 2015 Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre. En http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/directrices2015_tcm7-325119.pdf

GREINER, G.O.G.

- 1974 Environmental factors controlling the distribution of recent benthonic foraminifera. *Breviora*, 420: 1-35.

HAYWARD, B.W., CEDHAGEN, T., KAMINSKI, M. y GROSS, O.

- 2015 World Foraminifera Database. Consultado en <http://www.marinespecies.org/foraminifera> el día 22-07-2015.

IRABIEN, M.J., GÓMEZ, J., LEORRI, E., RADA, M., YUSTA, I. y CEARRETA, A.

- 2008a. Evolución histórica reciente de las tasas de sedimentación en la costa del Cantábrico oriental. En: *Contribuciones científicas en memoria del Profesor Jesús Soto Torres* (Cendrero, A., Gómez, J., Fernández, P.L., Quindós, L., Ródenas, C., Saiz, C. Eds.). Ediciones de la Universidad de Cantabria, Santander, 83-96.

IRABIEN, M.J., RADA, M., GÓMEZ, J., SOTO, J., MAÑANES, A. y VIGURI, J.

- 2008b. An assessment of anthropogenic impact in nature reserve: the Santoña Marshes (Northern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 34: 235-242.

- LEDERER, C.M., HOLLANDER, J.M. y PERLMAN, I.
1967 Table of isotopes. Ed. Wiley and Sons, New York.
- LIPPS, J.H.
1993 Fossil prokaryotes and protists. Blackwell, 342 pp.
- MOLINA, E. (Editor)
2004 Micropaleontología. Prensas Universitarias de Zaragoza, Colección Textos Docentes, 93. 704 pp. Segunda edición.
- MURRAY, J.W.
1979 British nearshore foraminiferids. Synopsis of the British Fauna (New Series), 16, Academic Press, London, 68pp.
- PRITCHARD, D.W.
1967 What is an estuary: physical viewpoint. In: Lauff, G.E. (Ed.), Estuaries. American Association for the Advancement of Science, 83: 3-5. Washington D.C.
- QUINDÓS, L.S., FERNÁNDEZ, P.L., SOTO, J., RÓDENAS, C. y GÓMEZ, J.
1994 Natural radioactivity in Spanish soils. Health Physics, 66: 194-200.
- RIVAS, V. y CENDRERO, A.
1992 Análisis histórico de la evolución superficial de los estuarios del País Vasco. Lurralde, 15: 199-227.
- RODRÍGUEZ, J.G., TUEROS, I., BORJA, A., BELZUNCE, M. J., FRANCO, J., SOLAUN, O., VALENCIA, V. & ZUAZO, A.
2006 Maximum likelihood mixture estimation to determine metal background values in estuarine and coastal sediments within the European Water Framework Directive. Science of the Total Environment, 370: 278-293.
- SANCHEZ-CABEZA, J.A. y RUIZ-FERNÁNDEZ A.C.
2012 ²¹⁰Pb sediment radiochronology: An integrated formulation and classification of dating models. Geochimica et Cosmochimica Acta, 82: 183-200.
- SCHNITKER, D.
1969 Distribution of foraminifera on the continental shelf of the Golfe de Gascogne (Gulf of Biscay). Bulletin Centre Recherche de Pau SNPA, 3: 33-64.
- STEFFEN, W., CRUTZEN, P. y MCNEILL, J.
2007. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature. A Journal of the Human Environment, 36:614-621.
- STOFFYN-EGLI, P., POTTER, T.M., LEONARD, J.D. y POCKLINGTON, R.
1997 The identification of black carbon particles with the analytical scanning electron microscope: method and initial results. Sci. Total Environ. 198: 211-223.
- SWINDLES, G.T., WATSON, E., TURNER, T.E., GALLOWAY, J.M., HADLARI, T., WHEELER, J. & BACON, K.L.
2015 Spheroidal carbonaceous particles are a defining stratigraphic marker for the Anthropocene. Scientific Reports 5, 10264.
- SYVITSKI, P.M.J y KETTNER, J.A.
2011 Sediment flux and the Anthropocene. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 369: 957-975.
- SYVITSKI, P.M.J., VOROSMARTY, J.C., KETTNER, J.A. y GREEN, P.
2005 Impacts of human on the flux of terrestrial sediment to global coastal oceans. Science, 308: 376.
- UGGASA (Urola Garaiko Garapenerako Agentzia, S.A.).
2015 <http://www.uggasa.com/quienes-somos/> visitado en 2015.
- URKIDI, P. y ASENJO, I.
2008 Euskal herriko biztanleriaren bilakaera 1900-2001 eta bere egituraren emandako aldaketarik nabarmenenak. Lurralde: Investigación y Espacio, 31: 233-276.
- WALLING, D.E.
2004 Using environmental radionuclides to trace sediment mobilization and delivery in river basins as an aid to catchment management. Proceedings of the 9th International Symposium of River Sedimentation, 122-135.

<p>CAPARAZÓN AGLUTINANTE <i>Entzia macrescens</i> (Brady, 1870) <i>Cribrostomoides jeffreysii</i> (Williamson, 1858) <i>Lepidodeuterammia ochracea</i> (Williamson, 1858) <i>Miliammia fusca</i> (Brady, 1870) <i>Tiphrocha comprimata</i> (Cushman & Brönnimann, 1948) <i>Trochammia inflata</i> (Montagu, 1808)</p> <p>CAPARAZÓN PORCELANÁCEO <i>Adelosina ferussacii</i> (d'Orbigny, 1826) <i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803) <i>Quinqueloculina jugosa</i> (Cushman, 1944) <i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus, 1758) <i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803)</p>	<p>CAPARAZÓN HIALINO <i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926) <i>Aubignyna hambensis</i> (Murray, Whittaker & Alve, 2000) <i>Bolivina britannica</i> (MacFadyen, 1942) <i>Bolivina difformis</i> (Williamson, 1858) <i>Bolivina pseudoplicata</i> (Heron-Allen & Earland, 1930) <i>Bolivina spathulata</i> (Williamson, 1858) <i>Bolivina variabilis</i> (Williamson, 1858) <i>Criboelphidium selseyense</i> (Heron-Allen & Earland, 1911) <i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll, 1798) <i>Elphidium margaritaceum</i> (Cushman, 1930) <i>Elphidium oceanense</i> (d'Orbigny, 1826) <i>Elphidium williamsoni</i> (Haynes, 1973) <i>Favulina hexagona</i> (Williamson, 1848) <i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840) <i>Homalohedra williamsoni</i> (Alcock, 1865) <i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798) <i>Planorbulina mediterraneensis</i> (d'Orbigny, 1826) <i>Rosalina anomala</i> (Terquem, 1875) <i>Rosalina irregularis</i> (Rhumbler, 1906)</p>
---	---

Anexo 1. Relación sistemática de especies de foraminíferos bentónicos identificados en los materiales antropocenos del estuario inferior de Urola. Términos aceptados según Hayward *et al.* (2015).

Annex 1. Systematic relation of benthic foraminiferal species identified in Anthropocene materials of the lower Urola Estuary. Terms accepted by Hayward *et al.* (2015).

MUESTRAS	Profundidad cm	Sed g	%arena	%finos	No. Individuos	No. Especies	%alóctonos	%Aglutinantes	%Porcelanáceos	%Hialinos	tasa sed cm/año	Planctónicos	%Aberrantes	foras x 100 g	año
ZM 0-1	0-1	69,07	39,42	60,58	328	11	0,91	1,22	3,35	95,43	0,59		2,74	1826,46	2013
ZM 2-3	2-3	82,39	33,34	66,66	314	6	0,00	0,64	2,23	97,13	0,58		1,59	1707,39	2009
ZM 4-5	4-5	91,97	35,56	64,44	313	8	0,96	0,64	0,64	98,72	0,59	x	1,60	1864,41	2006
ZM 6-7	6-7	74,39	35,13	64,87	325	10	0,31	1,23	5,23	93,54	0,72		2,46	1689,30	2003
ZM 8-9	8-9	101,51	36,42	63,58	341	9	0,00	0,59	3,23	96,19	0,58		1,47	1122,96	1999
ZM 10-11	10-11	103,15	38,60	61,40	326	8	0,61	1,53	2,15	96,32	0,68		0,92	1152,63	1996
ZM 12-13	12-13	102,74	34,45	65,55	318	10	0,63	0,63	1,89	97,48	0,46	x	3,14	664,18	1992
ZM 14-15	14-15	110,65	31,22	68,78	313	10	1,28	0,32	1,28	98,40	0,70		1,60	398,81	1988
ZM 16-17	16-17	118,07	32,94	67,06	308	10	1,95	2,27	2,27	95,45	0,80		1,95	387,22	1986
ZM 18-19	18-19	68,46	29,58	70,42	175	6	1,99	1,69	0,00	97,45	0,40		2,82	255,62	1982
ZM 20-21	20-21	46,89	27,85	72,15	49	6	0,00	10,20	2,04	87,76	0,49		0,00	104,50	1977
ZM 22-23	22-23	60,77	26,66	73,34	87	10	1,15	5,75	8,05	86,21	0,46		1,15	143,16	1973
ZM 24-25	24-25	67,96	17,38	82,62	39	4	2,56	0,00	0,00	100	0,54		0,00	57,39	1968
ZM 26-27	27-28	68,27	37,85	62,15	336	8	0,89	1,79	0,00	98,21	0,42		0,30	506,47	1963
ZM 28-29	28-29	60,41	36,58	63,42	189	7	1,59	0,53	0,00	99,47	0,23	x	0,53	312,86	1956
ZM 30-31	30-31	53,39	36,54	63,46	144	6	2,78	0,00	0,00	100	0,19		0,00	269,71	1945
ZM 32-33	32-33	81,61	37,61	62,39	242	9	0,83	3,31	0,00	96,69	0,15		1,24	296,53	1932
ZM 34-35	34-35	63,74	41,67	58,33	88	6	1,14	14,77	1,14	84,09	0,07		0,00	138,06	1895
ZM 36-37	36-37	88,82	42,06	57,94	178	9	1,12	2,81	0,56	96,63			0,56	200,41	
ZM 38-39	38-39	77,92	45,42	54,58	303	9	2,97	2,97	0,33	96,70			0,00	859,11	
ZM 40-41	40-41	133,07	46,11	53,89	300	8	1,00	2,00	0,00	97,67		x	0,34	1176,24	
ZM 42-43	42-43	103,51	53,97	46,03	339	8	1,18	0,88	0,00	99,12		x	2,06	2596,64	
ZM 44-45	44-45	120,45	50,29	49,71	311	9	3,86	0,64	0,00	99,36		x	1,29	1635,26	
ZM 46-47	46-47	189,25	48,31	51,69	346	14	2,02	0,00	2,02	97,98			0,87	3450,86	

Anexo 2. Información referente al sondeo. Agrupa las diferentes muestras, la profundidad a la que se encuentran, el peso del sedimento de cada muestra, el % de arena, el % de finos, el número de caparazones, el número de especies, el % de especies alóctonas, el % de caparazones aglutinantes, el % de caparazones porcelanáceos, el número de caparazones hialinos, la tasa de sedimentación en cm por año, la presencia de foraminíferos planctónicos, el % de individuos aberrantes, la densidad de foraminíferos por 100 g de sedimento, y el año según la datación radiométrica.

Annex 2. Information regarding the core. It groups the different samples, their depth, weight of sediment for each sample, %sand, %fines, number of tests, number of species, %allochthonous species, %agglutinated tests, %porcelaneous tests, the number of hyaline tests, sedimentation rate (cm/year), presence of planktonic foraminifera, %aberrant individuals, foraminiferal density per 100 g of sediment, and age according to radiometric dating.

MUESTRAS	<i>E. macrescens</i>	<i>C. jeffreysii</i>	<i>L. ochracea</i>	<i>M. fusca</i>	<i>T. comprimata</i>	<i>T. inflata</i>	<i>A. ferussacii</i>	<i>M. subrotunda</i>	<i>Q. jugosa</i>	<i>Q. seminula</i>	<i>T. oblongo</i>	<i>A. tepida</i>	<i>A. hamblensis</i>	<i>B. britannica</i>	<i>B. difformis</i>	<i>B. pseudoplicata</i>	<i>B. spathulata</i>	<i>B. variabilis</i>	<i>C. setseyense</i>	<i>E. macellum</i>	<i>E. margaritaceum</i>	<i>E. oceanense</i>	<i>E. williamsoni</i>	<i>F. hexagona</i>	<i>H. germanica</i>	<i>E. williamsoni</i>	<i>L. lobatula</i>	<i>P. mediterraneensis</i>	<i>R. anomala</i>	<i>r. irregularis</i>
ZM 0-1	0,30			0,61		0,30		0,30	3,05	27,44									0,61		30,79	0,30	35,98		0,30					
ZM 2-3					0,64			0,32	1,91	36,62											31,21		29,30							
ZM 4-5		0,32			0,32				0,64	43,13									0,32		36,42		18,53		0,32					
ZM 6-7	0,31				0,31	0,62		1,54	3,69	32,62		0,31			0,31						41,54		18,77							
ZM 8-9	0,29				0,29			1,47	1,76	28,74					0,29						53,37	0,29	13,49							
ZM 10-11	0,92				0,61			0,31	1,84	33,13											39,26		23,31						0,61	
ZM 12-13					0,31	0,31		1,26	0,63	37,11			0,31								37,11	0,94	21,70		0,31					
ZM 14-15					0,32		0,32		0,96	42,17	0,32										30,35	1,92	23,00		0,32			0,32		
ZM 16-17	0,32	0,65			1,30				2,27	28,90									0,32		30,52	0,97	33,77		0,97					
ZM 18-19					1,69					39,55											21,14	2,86	32,77		1,13					
ZM 20-21	4,08				6,12			2,04		30,61											10,20		46,94							
ZM 22-23	2,30				3,45			4,60	3,45	36,78	1,15										25,29		22,99							
ZM 24-25										43,59											25,64		28,21						2,56	
ZM 26-27			0,30		1,49					27,38							0,30				3,87	2,68	63,69		0,30					
ZM 28-29					0,53					26,46											5,29	4,76	61,38		0,53				1,06	
ZM 30-31										24,31											4,86	3,47	64,58		0,69				2,08	
ZM 32-33	0,41	0,41			2,48					33,06		0,41									3,72	2,89	56,20		0,41					
ZM 34-35	3,41				11,36	1,14				21,59											3,41		59,09							
ZM 36-37	1,12				1,69				0,56	28,65											1,12	1,69	64,04		0,56				0,56	
ZM 38-39	2,31				0,66				0,33	33,66											1,65	2,31	56,44		1,32		0,33	0,99		
ZM 40-41	0,33				1,67					35,33											6,67	4,00	50,67		1,00					
ZM 42-43					0,88					35,69		0,59							0,59		7,96	6,49	47,20						0,59	
ZM 44-45					0,64					38,91		0,32								0,32	7,07	4,18	45,02		2,89				0,64	
ZM 46-47								0,58	1,45	36,42		0,29	0,58								4,62	5,20	0,29	48,84	0,29	0,29		0,29	1,16	

Anexo 3. Abundancia relativa de las distintas especies identificadas en cada muestra del sondeo ZM.

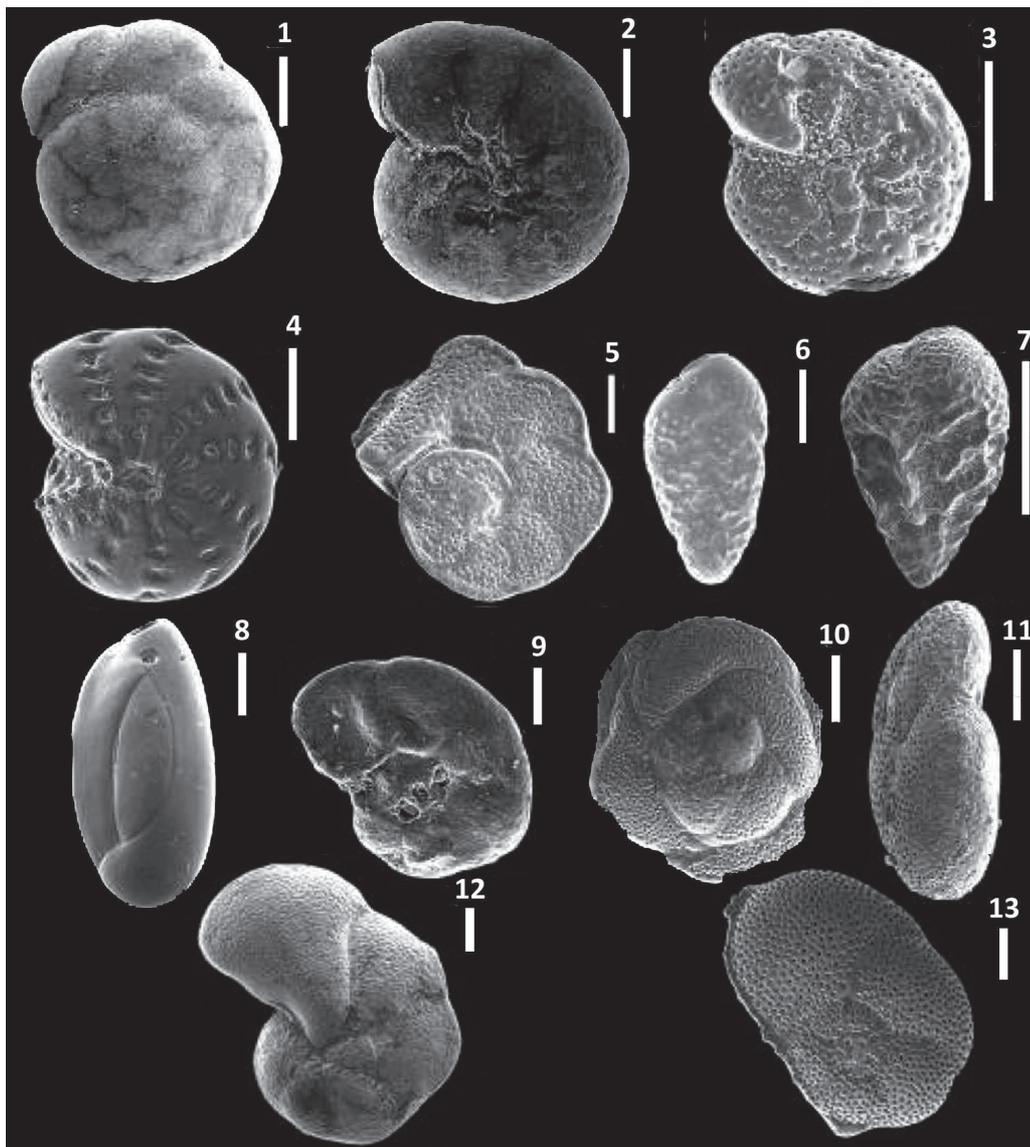
Annex 3. Relative abundance of the different species identified in each sample of the ZM core.

Elemento	Th	Ag	Cd	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Co	Cr	Fe	Ga
Unidades	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm
Lim detec	20	0,2	0,5	1	5	1	1	2	2	0,01	2	10	10	0,5	2	0,01	1	1	0,01	10
ZM 0-1	< 20	< 0,2	< 0,5	44	527	4	35	51	227	1,41	19	14	94	1	< 2	3,11	11	51	3,84	< 10
ZM 2-3	< 20	< 0,2	< 0,5	48	390	4	38	55	248	1,39	12	17	82	1	< 2	3,12	11	51	3,71	< 10
ZM 4-5	< 20	0,5	< 0,5	64	366	5	38	77	343	1,5	15	21	67	1,1	< 2	3,36	12	53	3,91	< 10
ZM 6-7	< 20	0,4	< 0,5	66	341	5	42	97	376	1,52	15	19	54	1,1	< 2	2,98	12	54	3,88	< 10
ZM 8-9	< 20	0,4	< 0,5	66	364	5	42	109	357	1,5	15	20	77	1,1	< 2	3,12	12	55	3,85	< 10
ZM 10-11	< 20	0,4	< 0,5	66	379	5	39	91	408	1,46	12	18	59	1,1	< 2	3,3	12	56	3,75	< 10
ZM 12-13	< 20	0,6	0,6	88	384	5	42	97	364	1,59	12	20	58	1,1	< 2	2,97	12	59	3,76	< 10
ZM 14-15	< 20	0,4	< 0,5	59	455	5	40	80	302	1,35	11	14	82	0,9	< 2	2,98	13	59	3,86	< 10
ZM 16-17	< 20	0,5	0,5	64	441	5	42	91	321	1,51	10	19	73	1	< 2	2,84	12	56	3,76	< 10
ZM 18-19	< 20	0,6	1	96	409	6	46	108	488	1,67	13	25	45	1,2	< 2	2,76	13	66	3,85	< 10
ZM 20-21	< 20	0,7	0,9	106	402	7	52	115	461	1,74	15	29	29	1,2	< 2	2,62	13	70	4	< 10
ZM 22-23	< 20	0,7	1,1	117	359	9	56	116	454	1,7	13	28	23	1,1	< 2	2,01	13	76	4,02	< 10
ZM 24-25	< 20	0,6	1,1	113	368	9	56	112	439	1,73	13	29	26	1,2	< 2	2,04	13	76	4,14	< 10
ZM 26-27	< 20	0,4	0,8	92	359	5	45	87	402	1,41	14	24	42	1	< 2	2	12	64	3,9	< 10
ZM 28-29	< 20	0,3	0,9	87	369	6	45	87	394	1,43	15	20	30	1	< 2	1,89	12	64	4,22	< 10
ZM 30-31	< 20	0,5	1	96	359	7	49	96	435	1,51	14	25	30	1,1	< 2	1,55	12	66	4,2	< 10
ZM 32-33	< 20	0,5	1,1	98	362	7	48	95	445	1,5	15	27	26	1	< 2	1,68	12	66	4,23	< 10
ZM 34-35	< 20	0,5	1	100	377	6	48	105	466	1,55	15	23	21	1,1	< 2	2,03	13	67	4,36	< 10
ZM 36-37	< 20	0,3	0,9	69	340	4	37	99	396	1,44	16	23	24	1	< 2	1,59	12	53	4,13	< 10
ZM 38-39	< 20	0,3	1,2	159	377	6	43	111	493	1,47	17	25	21	1,1	< 2	1,61	13	66	4,62	< 10
ZM 40-41	< 20	0,4	1,2	73	396	5	43	112	481	1,46	15	23	30	1	< 2	1,83	13	64	4,7	< 10
ZM 42-43	< 20	0,2	0,6	49	335	3	32	64	269	1,3	14	25	33	0,9	< 2	1,87	12	43	4,08	< 10
ZM 44-45	< 20	< 0,2	< 0,5	38	293	3	27	47	204	1,21	14	24	25	0,9	< 2	1,87	11	35	3,94	< 10
ZM 46-47	< 20	< 0,2	< 0,5	28	262	2	24	33	128	1,28	14	25	23	1	< 2	1,89	11	28	3,74	< 10
ZM-SON	< 20	< 0,2	< 0,5	41	634	3	34	49	222	1,35	8	11	100	0,9	< 2	2,9	11	51	3,73	< 10
ZM-ARR	< 20	< 0,2	< 0,5	41	724	2	33	54	251	1,51	10	< 10	100	1,1	< 2	3,07	12	45	3,65	< 10
ZM-AB	< 20	< 0,2	< 0,5	52	567	3	39	63	278	1,57	11	13	113	1,1	< 2	3,25	12	53	3,81	< 10

Hg	K	La	Mg	Na	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	Te	Tl	U	V	W	Y	Zr
ppm	%	ppm	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	0,01	10	0,01	0,001	0,001	0,01	2	1	1	0,01	1	2	10	1	10	1	1
< 1	0,2	12	0,7	0,478	0,066	0,28	2	4	99	0,1	5	< 2	< 10	42	< 10	8	4
< 1	0,21	11	0,69	0,591	0,06	0,46	2	4	95	0,08	< 1	< 2	< 10	40	< 10	8	4
< 1	0,22	10	0,73	0,469	0,068	0,85	3	4	110	0,09	1	< 2	< 10	44	< 10	9	5
< 1	0,22	< 10	0,7	0,396	0,071	1	3	4	93	0,08	4	< 2	< 10	44	< 10	9	5
< 1	0,22	< 10	0,7	0,395	0,066	0,99	3	4	98	0,08	3	< 2	< 10	44	< 10	9	6
< 1	0,2	< 10	0,71	0,375	0,075	1,07	< 2	4	101	0,09	1	< 2	< 10	44	< 10	8	6
< 1	0,23	< 10	0,72	0,448	0,071	1,19	3	4	87	0,08	< 1	< 2	< 10	45	< 10	9	6
< 1	0,18	< 10	0,66	0,353	0,063	0,94	2	4	78	0,1	4	< 2	< 10	41	< 10	8	7
< 1	0,21	< 10	0,72	0,506	0,074	1,1	2	4	83	0,09	3	< 2	< 10	43	< 10	8	6
< 1	0,26	< 10	0,75	0,68	0,107	1,33	3	4	101	0,07	2	< 2	< 10	46	< 10	9	5
< 1	0,26	< 10	0,79	0,766	0,104	1,61	3	4	99	0,07	1	< 2	< 10	47	< 10	10	6
< 1	0,25	< 10	0,76	0,643	0,102	1,68	2	4	86	0,07	< 1	< 2	< 10	48	< 10	10	6
< 1	0,27	< 10	0,8	0,931	0,09	1,66	3	4	86	0,07	< 1	< 2	< 10	48	< 10	10	6
< 1	0,22	< 10	0,73	0,974	0,076	1,42	2	4	87	0,08	< 1	< 2	< 10	43	< 10	8	6
1	0,2	< 10	0,7	0,481	0,069	1,35	< 2	4	82	0,1	5	< 2	< 10	46	< 10	9	7
< 1	0,23	< 10	0,74	0,968	0,068	1,42	3	4	74	0,08	2	< 2	< 10	46	< 10	9	6
< 1	0,22	< 10	0,74	0,871	0,072	1,42	2	4	77	0,08	< 1	< 2	< 10	46	< 10	9	7
< 1	0,21	< 10	0,73	0,542	0,079	1,38	2	4	88	0,08	< 1	< 2	< 10	47	< 10	9	6
< 1	0,21	< 10	0,69	0,573	0,06	1,31	2	4	76	0,1	1	< 2	< 10	46	< 10	9	7
8	0,21	< 10	0,72	0,633	0,062	1,5	4	4	78	0,1	4	< 2	< 10	50	< 10	9	7
< 1	0,21	< 10	0,72	0,583	0,063	1,39	3	4	85	0,11	< 1	< 2	< 10	49	< 10	9	8
< 1	0,19	< 10	0,69	0,706	0,052	1,29	< 2	4	90	0,11	< 1	< 2	< 10	45	< 10	8	8
< 1	0,17	< 10	0,65	0,618	0,048	1,42	2	4	90	0,1	< 1	< 2	< 10	43	< 10	8	7
< 1	0,17	< 10	0,66	0,477	0,043	1,4	< 2	4	91	0,08	< 1	< 2	< 10	44	< 10	9	7
< 1	0,2	12	0,66	0,517	0,058	0,22	3	3	92	0,09	2	< 2	< 10	40	< 10	8	3
< 1	0,22	11	0,67	0,326	0,062	0,21	< 2	4	93	0,09	< 1	< 2	< 10	41	< 10	8	2
< 1	0,22	11	0,68	0,292	0,112	0,31	3	4	110	0,08	< 1	< 2	< 10	43	< 10	9	2

Anexo 4. Resultados obtenidos en el análisis geoquímico mediante ICP-OES de los sedimentos del estuario inferior de Urola, testigo ZM. Analizado en Activation Laboratories Ltd. en Ontario, Canadá. Muestras del sondeo ZM 0-1 a ZM 46-47, muestras superficiales: ZM-SON localizada en el punto del sondeo, ZM-AB situada 50 m aguas abajo (más cerca del astillero) y ZM-ARR localizada 50 m aguas arriba.

Annex 4. Results of geochemical analysis using ICP-OES of sediments from the lower Urola Estuary, ZM core. Analyzed in Activation Laboratories Ltd. in Ontario, Canada. Core samples from ZM 0-1 to ZM 46-47, surface samples: ZM-SON located at the point of the sampling, ZM-AB located 50 m downstream (closer to the shipyard) and ZM-ARR located 50 m upstream.



1. *Ammonia tepida* (Cushman, 1926)
2. *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840)
3. *Elphidium oceanense* (d'Orbigny, 1826)
4. *Elphidium williamsoni* Haynes, 1973
5. *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob, 1798)
6. *Bolivina britannica* MacFadyen, 1942
7. *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland, 1930

8. *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus, 1758)
9. *Entzia macrescens* (Brady, 1870)
10. *Rosalina irregularis* (Rhumbler, 1906)
11. *Rosalina anomala* Terquem, 1875
12. *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob, 1798)
13. *Rosalina anomala* Terquem, 1875

La barra de escala indica 0,1 mm
The scale bar indicates 0.1 mm

Anexo 5. Imágenes de algunos foraminíferos presentes en el estudio (tomadas de Cearreta y Leorri, 2009).
Annex 5. Images of some foraminifera present in the study (taken from Cearreta and Leorri, 2009).

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	n° 6	61-73	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

Debagoienako (Gipuzkoa, Euskadi) fosa komunak: Gerra Zibileko testuinguruan kokatuz

Mass-graves from Debagoiena (Gipuzkoa, Basque Country): putting into Civil War context

HITZ GAKOAK: Fosa komuna, Debagoiena, Bedoña, Antzuategi baserria, Intxorta, Gerra Zibila.

KEY WORDS: Mass-grave, Debagoiena, Bedoña, Antzuategi farm, Intxorta, Civil War.

Aitor JUARISTI⁽¹⁾

LABURPENEA

Espainiako Gerra Zibila 1936ko ekainaren 18an hasi zen, altxamendu frankistarekin. Momentu horretan, errepublikaren aldekoek erresistentzia martxan jarri zuten. Debagoiengan (Gipuzkoa) gerra 1937ko apirilaren 25ean bukatu zen, frankistak garaile irten zirelarik. Honek errepublikarrentzako ondorio gogorak ekarri zituen: fusilamenduak, atxiloketak, desjabetzeak etab. Desagertutako pertsona asko fusilatutak izan ziren, horietako gutxi batzuk aurkitu egin dira, fosa komunetan. Debagoiengan fosa mota desberdinak daude: borrokan hildakoak edota errepresioetatik hildakoak. Gainera, horietan aurkitutako elementua informazio asko ematen dute Gerra Zibila hobeto ulertzeko.

ABSTRACT

Spain's civil war began on 18th of June of 1936, with the Francoist uprising. At that time, the ones in favour of republic started the resistance against Franco. In Debagoiena (Gipuzkoa), war finished on 25th of april of 1937, resulting victorious Francoist bloc. As result, republicans were affected with several facts as; shootings, imprisonments, expropriations etc. Many people considered as missing, is supposed to be shot, some of them have been found in mass-graves. In Debagoiena, there are different mass-graves; the ones for the people who died fighting, and the ones that died due to repression. Moreover, the elements found in those places bring us a lot of information about the Spanish civil war, that helps us to know about our history better.

1.- SARRERA

Espainiako Gerra Zibila historia garaikideko gai ikertuenetarikoa dugu, horregatik oso ondo ezagutzen dira batailetan gertatutakoa. Berriz, historiaren alde sozialak ez du erantzun berdina izan, boterean zeuden pertsonen eraginagatik. Arkeologiak ibilbide berdina jarraitu zuen, egoera ez zen 2002.urte arte aldatu eta, non, espetxeen, kontzentrazio esparruen eta fosen ikerketek indarra hartzen hasi zuten.

Fosa komunetan zentratuz, aipatzekoa da desagertutako gorpuen errekueratze lanak 70eko hamarkadan hasi zirela. Baina metodologia zientifikoa ez zen 2000.urte arte sartu mundu honetan (hasieran gorpuak aurkitua arte industen zen, inolako erregistro eta dokumentazio lanik gabe). Aipatutako urtean, Priaranza del Bierzon (Leon) berreskuraturiko gorputz batzuen indusketa lana izan zen inflexio puntua, izan ere, lehengo aldiz arkeologo, antropologo eta medikuek beraien ezagutza teknikoak erabili zituzten. Metodologia aldaketa honi esker, gorpuen errekueratze lana hobea izatea lortu zen (ETXEBERRIA, F 2012). Euskadiko kasuan, lehenengo gorpu errekueratzea 2002an izan zen, Zaldibian, bigarrena 2003.urtean, Arrasateko Bedoña auzoan.

Lan honen helburua Debagoiengan dauden hilobi komunak beraien testuinguruan kokatzea izango da. Gerra Zibilaren alde sozialari merezitako garrantzia emateko.

2.- METODOLOGIA

Publikazio bibliografiko honetan erreferentzia mota desberdinak erabiliko dira. Lehengo eta behin gorpuen errekueratze lanetako informea ditugu (ETXEBERRIA, F., 2003; ETXEBERRIA, F. eta HERRASTI, L., 2004; ETXEBERRIA, F. *et al.*, 2004), non aurkitutako elementuen deskribapen bat jaso zen. Informe

⁽¹⁾ E-maila: juaristiait@gmail.com. Zuzendaria: Dr. Francisco Etxeberria.





1. Irudia Debagoienako mapa (Google Earth).
Figure 1. Map of Debagoiena (Google Earth).

hauek lehen mailako informazio iturri bezala erabiliko dira (lan guztietan ez da aurkitutako hezur guztien zerrenda bat jaso). Informe hauek Francisco Etxeberria doktoreak erraztu zizkidan (master bukaerako lan honen zuzendaria eta indusketa lanen zuzendaria). Bigarren maila batean artikuluko zientifikoak eta liburuak erabili ditut. Laguntza moduan, *Intxorta 1937 Kultur Elkarte*, *Octubre taldea* y *Arrasate Zientzia Elkarte*-ko kide den Juan Ramón Garairen laguntza izan dut, batez ere fusilamentuei buruzko laguntza emanez.

3.- TESTUINGURU HISTORIKOA

1936ko uztailaren 18an eman zen altxamendu militarrek eman zion Gerra Zibilari hasiera. Hasieran Melillan izandako mugimendu honek zabalkunde handia izan zuen denbora gutxian Espainian, baina zabaltzen zihoan heinean erresistentzia mugimenduak ere aurkitu zituen. Kontrako mugimendu honek talde oso heterogeneo batek osatzen zuen: komunistak, sozialistak, anarkistak, nazionalistak eta errepublikarrak. Orokorrean ideologia oso desberdineko pertsonak batu ziren.

Lehenago esan den bezala, lan honetan Debagoienean (Gipuzkoa) eman ziren gertakizunetara mugatuko da. Gerra hiru etapa desberdinetan banatu daiteke, bakoitza bere ezaugarriekin. Lehenengoa altxamendu militarretik hasi zen eta urte bereko urriaren 7an bukatu, bigarren fasea urriaren 7tik 1937ko martxoaren 31 arte iraun zuen eta azkena etapa martxoaren 31tik ekainaren 19 arte (errepublikarrek Bilbo galdu arte) iraun zuen.

Lehenengo faseko protagonista nagusiak ezkerreko indarrak izan ziren, PNV ez zen bere osotasunean bigarren garai arte sartuko (hauen lana, hasiera batean, segurtasun publikoaren eta elizen babesa izan zen). Gainera, hiriek eta herri garrantzitsuenek altxamendu bat egotea aukera erreala zela zekiten, horregatik, honelako gertakizun baten aurrean Defentsa Juntak sortzeko agindua zeukaten. Hori zela eta, altxamendua eman bezain laster junta hauen osaketa eman zen. Gure kasuan, Arrasaten osatu zen,

eta honen lehenengo erabakia Arlabaneko portuan (Leintz Gatzaga) kontrol bat jartzea izan zen (Gasteiz altxatuen kontrolpean zegoen eta). Denbora gutxira, inguruko beste punru altuetan beste kontrol postu batzuk kokatu ziren (gauero beraien herrietara bueltatzen ziren). Gerra Zibil baten izaerari jarraituz, herri hauetan ere bi bandoen jarraitzaileak zeuden. Nahiz eta errepublikarren aldekoak egon indarrean, ez zuen esan nahi beste aldekoen aliatuek ez zutela ezer egin, izatez, karlistek Arlabaneko portua hartzeko helburua zeukaten (Gasteizekin kontaktua lortzeko), baina Guardia Zibilaren laguntza gabe (Debagoiengan errepublikarren alde borrokatu zutelarik) ez zuten lortu. Gainera, altxamenduaren alde zeudena pertsonak (Gasteizera ihes egitea lortu ez zutenak) atxilotuak eta Bizkaiko espetxetara bidaliak izan ziren (batzuk herrietan ezkutatzea lortu zuten) (LANDA, A. *et al.*, 2003).

Debagoiena guztiz kontrolpean zegoenean, Donostiako Defentsa Juntak Gasteiz erasotzeko agindua eman zuen, uztailean 21an edo 22an, hiri horretako kuartelean zalditeria erregimentu bat altxatu zelako. 700 pertsona bildu ziren Arrasaten, eraso hori aurrera eramateko, baina armamentu eskasia zen arazo nagusia (ehiza eskopeta, pistola batzuk eta munizio gutxi zeuzkaten). Eraso zutabea Landan kokatua (helburutik 15kmra) zegoenean, erasorako prest, buelta emateko agindua jaso zuten, Donostian ingeniari erregimentua altxatu egin zelako, beraz, helburu berria Donostia kontrolpean izatea bihurtuko litzateke (Euskal Alderdi Jeltzaleko kideak beraien herrietatik pasatzean taldetik irteten hasi ziren) (LANDA, A. *et al.*, 2003). Momentu horretatik aurrera batailako frontea Debagoienatik urrun egon zen, Gipuzkoako beste inguruetan. Bitartean, inguru honetako taldeak Arabako muga zaintzeaz arduratu ziren.

Garai honetako ezaugarri nagusia aipatuz, Errepublikaren alde borrokatzen zutenen ideologia desberdinetako taldeen arteko antolaketa eza zen (Arlaban, Jarindo, Kurtzeta eta Otxandion fronte bat antolatzen ahalegindu ziren, tarte hau hutsik aurkitzen zen eta). Boluntarioak, sindikatuka berezituak, barne antolaketa gabe biltzen ziren inguruko puntu altuetara (frontea Elgeatik Kurtzetara luzatzen zen) igotzeko eta egunez hauek zaintzeko. Guztira 840 boluntario zeuden, 330 arma zituztelarik (pistolak eta ehiza eskopetak). Aipatzekoa da fronte honetako puntu altuen kontrola sarri aldatzen zela, baja gutxirekin (LANDA, A. *et al.*, 2003).

Irailean, Gipuzkoako egoera oso larria zen, frankisten bandoak poliki-poliki lurralde oso kontrolatzen ziolako. Egoera honen aurrean, Defentsa Juntak kontrolpean zituen herriak defenditu edo ihes egitea erabaki zuen. 1936ko irailaren 21ean, Debagoienako egoera guztiz aldatu zen, erlatiboki egoera lasai batetik egoera gogorrenera pasa zelako. Une honetan, frankistek Arlabanetik eta Oñatitik erasoak hazi zituzten. Errepublikaren aldekoen egoera benetan larria zen, erasoei aurre egiteko aukera gutxi zituztelako (armamentu eskasia oso nabaria zen), horregatik kontrolpean zituzten tontor asko inolako erresistentzia gabe abandonatu behar izan zituzten (Isuskiza, Aitzorrotz eta San Bernabe). Lehenengo erasoaren ostean Oñati frankisten kontrolpean gelditu zen, errepublikaren bandoaren muga Altos Hornosetik (Bergara) Arrasatera pasatuz (bitartean San Prudentzio zegoen). Iraileko 26rako Leintz Gatzaga, Oñati (irailaren 21ean), Eskoriatza, Antzuola, Bergara (irailaren 22an), Aretxabaleta eta Arrasate (irailaren 26ean) altxatuen kontrolpean zeuden. Aretxabaletako kasuan, azkeneko milizianoak Galartza auzoan zeuden, goizean herria galdua zegoela jakinarazi zieten ihes egin behar izan zuten (Murugaineko magalean aurkitzen zen postua). Arrasateko kasuan, frankistak Aretxabaleta eta Bedoña auzotik (puntu honetara Oñatitik heldu ziren, Kurtzetxiki mendia igarota) sartu ziren.

Lehenengo fase honen amaieran frontea Kurtzeta, Murugain, Udalaiz, Kanpantzar, Intxortan mendietan eta Elgetan kokatu zen, 1936ko urriaren 4ean frankistek Intxortan batailak galdu ostean eta puntu hau gainditzeko arazo handiak aurkitu ostean (LANDA, A. *et al.*, 2003). Beraz, Debagoienaren gehien-goia altxatuen kontrolpean zegoen. Momentu honetan hasi ziren Murugaineko eta Intxortako trintxerak eraikitzen (TELLERIA, E., 2011; GUTIERREZ, J., 2007; BELDARRAIN, P., 2012).

Bigarren zatia, urriaren 7tik 1937ko martxoaren 31 arte iraun zuena, militarri geldialdi garaia izateagatik bereizten da. Geldialdi hau Euskadira mugatu zen, izan ere, frankistek Madrileko frontea bildu zituen indarrak. Beste ezaugarri oso garrantzitsu bat Euskal Gobernuaren eraketa izan zen, Euskadiri autonomia eman ziolarik. Gainera, gobernu honen esku geratu zen lurraldearen defentsa (momentu horretan Bizkaia osoa eta Araba, eta Gipuzkoako puntu gutxi batzuetara mugatzen zena). Fase erlatiboki lasai honetan, milizianoek denbora gehiena eraso baten zain egoten ziren trintxeretan, Murugaineko trintxeraren indusketetan aurkitutako janari latek frogatzen duten bezala, frontean bazkaltzen zutelarik (TELLERIA, E., 2011).

Borrokalarien antolaketari dagokionez, momentu honetan hobetu zen, izan ere, Euskal Jaurlaritzak defentsaren ardura hartu zuenena milizianoak batailoiak sortu zituen. Gainera, PNV modu zuzenean sartu zen borrokan. Debagoienako milizianoen kasuan, hurrengo batailoietan sartu ziren: Dragones, Amayur, UHP, Loiola eta Intxarkundia. Frankisten bandoan zeuden Arrasateko, Bergarako, Oñatiko eta Aretxabaletako erreketeeek Zumalakarregi eta Montejurra Tertzioak sortu zituzten (LANDA, A. *et al.*, 2003). Guztira, 2.000 pertsona inguruk (gehiengoa gizonezkoak, nahiz eta emakume gutxi batzuk ere egon) parte hartu zuten modu aktibo batean miliziano bezala (Juan Ramon Garairen komunikazioa).

Fase honetan, non Madril zen helburu nagusia, ekintza belikoak Intxorta eta Murugaineko puntu altuak kontrolatzeko helburua zuten bonbardaketa txikietara, artilleriaren eraso txikietara eta borrokalarien eraso txikietara mugatu zen. Bestalde, nazionalistez, komunistez, anarkistez eta sozialistez osaturiko bandoak Arrasate eta Bergara herriak bonbardatzen zituen, armak egiteko erabiltzen zituzten fabrikak eta helburu militarrek suntsitzeko intentzioarekin (ekintza hauetan zibilak ere hil ziren).

Herrietan gelditu ziren pertsonak edo ihesean zihoazela harrapatuak izan zirenek errepresioa hasi berri zen. Beste alde batetik, herrietan ezkutatuta egon ziren karlistak kalera irteten hasi ziren, aipatze-koa da hauetako pertsona askok "jendaila pertsonen" zerrendak zituztela, non, bertan aipatzen ziren pertsonak atxilotuak izaten hasi ziren. Urriaren 20erako, atxilotutako 22 pertsona (Arrasate, Leintz Gatzaga, Eskoriatza eta Aretxabaletakoak) Ondarretako (Donostia) espetxera eramane zituzten, urriaren 22an Hernanin fusilatuak eta lurperatuak izan zirelarik. Fusilamentuak ez ziren errepresiorako tresna bakarrak, lapurretak ere oso ohikoak bihurtu ziren (altxatuen aurka borrokan zebiltzan pertsonen edo familien egoera larrituz eta etorkizunerako arazo larri bat bihurtuz). Egoera honi jasaten zuten gutxiespena gehitu behar zaio (LANDA, A. *et al.*, 2003).

Frankistek kontrolatzen zituzten herrietan bizi zen errepresioa errealitatea zen bitartean Gerra Zibilak aurrera jarraitzen zuen. Altxatuen bandoak Madrilen izandako porrotaren ostean, iparraldeko frontera itzuli ziren. Honek hirugarren faseari eman zion hasiera, 1937ko martxoaren 31ean. Lehenengo ahalegina Otxandiotik izan zen, horretarako, frankista talde batek Kurtzetako portua eraso zuen, Aramaiora heltzeko helburuarekin (BELDARRAIN, P., 2012). Herri hau kontrolpean zutela, Otxandiora mugitzen hasi ziren, bertatik Bizkaira sartzea espero zuten. Mugimendu hau eman zenean, Murugaineko milizianoek beraien postuak utzi behar izan zituzten, etsaiek inguratzeko arriskuaren aurrean (TELLERIA, E., 2011). Lehen eraso hau apirilaren 16an bukatu zen, helburua bete gabe. Estrategia aldaketa baten ostean, eraso Debagoienatik bideratzea erabaki zuten. Aldaketa honen ostean, Tellamendiko inguruak eta Intxorta mendiak bihurtu ziren helburuak. Lehenengo Tellamendi tontorra erasoko zuten, errepublikarren bandoak Elorrioren zuen errefortzurako batailoia hara bidali zezaten (GUTIÉRREZ, J., 2007; BELDARRAIN, P., 2012). Behin talde hau puntu horretan zegoela, eta beste errefortzu talde gabe, frankistek benetako helburua erasoko zuten (intentsitatea askoz ere handiagoarekin), hots, Intxortako frontea.

Eraso berria 1937ko apirilaren 20an hasi zen, goizean goiz (defentsa lanetan zeuden pertsonak uste-kabea harrapatzeko asmoz). Erasotzeko sistema gerra osoan zehar erabili zuten berdina izan zen, abioien bonbardaketekin hasi ziren, ondoren artilleriaren suntsiketa eta azkenik lurreko eraso. Baina Tellamendiko fronteko frankisten nagusitasuna oso nabaria zen, gudariak beraien postuak eguerdi alderako abandonatzen eta Karraskain inguruan defentsa sistema berria eraikitzen behartuz, puntu hau helburu nagusia bihurtu zen (Intxortako frontea bigarren mailako helburu bezala utziz) (GUTIÉRREZ, J., 2007; BELDARRAIN, P., 2012). Bitartean, apirilaren 20ko eguerdi aldera Intxorta mendiak erasoak izan ziren Bergaratik, baina puntu honetan tinko eutsi zioten defentsa lanari eta ez posizio aldaketak egon. 22an, deskantsu egun baten ostean Karraskaineko (defentsa linea aurreko egunean eraiki zen) defentsa Besaideraino (Udalatz mendiaren magaleraino) atzeratu behar izan zen, bando frankistaren nagusitasunagatik. Hurrengo egunean, altxatuek Memaiatik (Elorrio) Elorriora zuzendu ziren, Udalatz eta Intxorta mendiak inguratzeko intentzioarekin (nahiz eta Elorriko artilleriaren bitartez frankistak moteltzen ahalegindu). 23an Intxortako defentsa lineak berriz erasoak izan ziren (bitartean, Udalaitezko eta Kanpanzarreko postuak galduak ziren, batez ere errepublikaren bandoak inguratuak izateko beldurragatik abandonatuak izan ziren), baina defentsa lan on baten ondoren altxatuak Bergara bueltatu ziren. Apirilaren 24rako Elorrio frankisten kontrolpean zegoen, Tellamendi-Intxorta frontea kudeatzen puntua. Behin Elorrio hartua zegoela, frankistak Intxorta mendietarantz abiatu ziren, bertan zeuden gudariak inguratzeko. Inguratuak izateko arriskuaren aurrean, 24 arte erresistentzi gune indartsua izan zen Intxortako frontea abandonatua izan zen, honen ondorioz, 24 arratsaldean, Elgeta herria altxatuen esku geratu zen (GUTIÉRREZ, J., 2007).

Debagoienatik erori zen azken herria ere frankisten errepresioa jasan behar izan zuten. Nahiz eta herria ia suntsitua eta ia hutsik (bonbardaketen eraginez, suteen eraginez etab. Herria txikitua gelditu zen) egon, sufritutako bonbardaketa guztien ondorioz, oraindik baserriar gutxi batzuk bertan mantentzen ziren. Pairatutako eraso errepresiboen artean lapurretak, bortxaketak eta erailketak zeuden. Ekintza guztietatik bakarrak izan zuen erantzuna, non soldadu afrikar bat fusilatua izan zen neska bat bortxatzea-gatik (GUTIÉRREZ, J., 2007).

Guztira, Debagoiengan, 606 fusilatu (errepublikar bandoaren eraginez hildakoak ez dira datuetan gehitzen, datu faltagatik) egon ziren, frankistak inguru honetako kontrola hartu zuenetik (gehiengo gizon helduak). Honi desagertutako (altxatuen bandoko desagertu kopurua 15ekoa da) 125 (Juan Ramon Garairen komunikazioa). Bestalde, garrantzitsua da Debagoienako fusilatuen gehiengoa Hernani inguruan egongo direla aipatzea (hilerri, espetze eta mendi inguruetan).

Biztanleria	Biztanle kopurua	Fusilatu kopurua
Leintz-Gatzaga	394	6**
Arrasate	7.720	180
Oñati	6.662	114
Eskoriatza	2.132	7**
Aretxabaleta	2.271	89
Elgeta	1.041	30
Antzuola	1.598	*
Bergara	9.307	180
Debagoiena	31.116	606

1. Taula. Debagoienako biztanle kopurua eta fusilatu kopurua eta herri bakoitzeko datuak (Iturria: Juan Ramon Garai).

Table 1. Number of people from Debagoiena and number of executed people (Source: Juan Ramon Garai).

*Oraindik ez da ezagutzen/ Unknown.

**Igo daitekeen kopurua/ The number can increase.

4.- DEBAGOIENAKO FOSA KOMUNAK

Lana honek lantzen duen testuinguru geografiko honetan 8 fosa komun aurkitu ditzakegu: bat Aretxabaletan, beste bat Bedoña auzoan (Arrasate), beste bat Sagasti mendian (Intxorta frontean, Bergara), lau Elgetan (bi Antzuategi baserrian, bat Ikaterre baserria (Antzuategi baserriaren ondoan) eta beste bat Zabalaeta mendian) eta azkenik, beste bat Deskargan (Antzuola). Zabaleta mendiko fosan (kokapen zehatza ezagutu ez arren) 20 pertsona inguru daudela eta Ikaterre baserrian 7 pertsona inguru daudela (horien artean agian emakume bat) ezagutzen da. Bestalde, testigantzen eta prentsaren bitartez, Aretxabaletako fosan 8 pertsona daudela esan daiteke (Juan Ramon Garairen komunikazioa). Baina haue-tan dauden gorpu guztiak ez dira errekupeatuak izan, izatez, Arrasatekoa, Bergarako eta Elgetako Antzuategi baserrikoak induskatu dira.

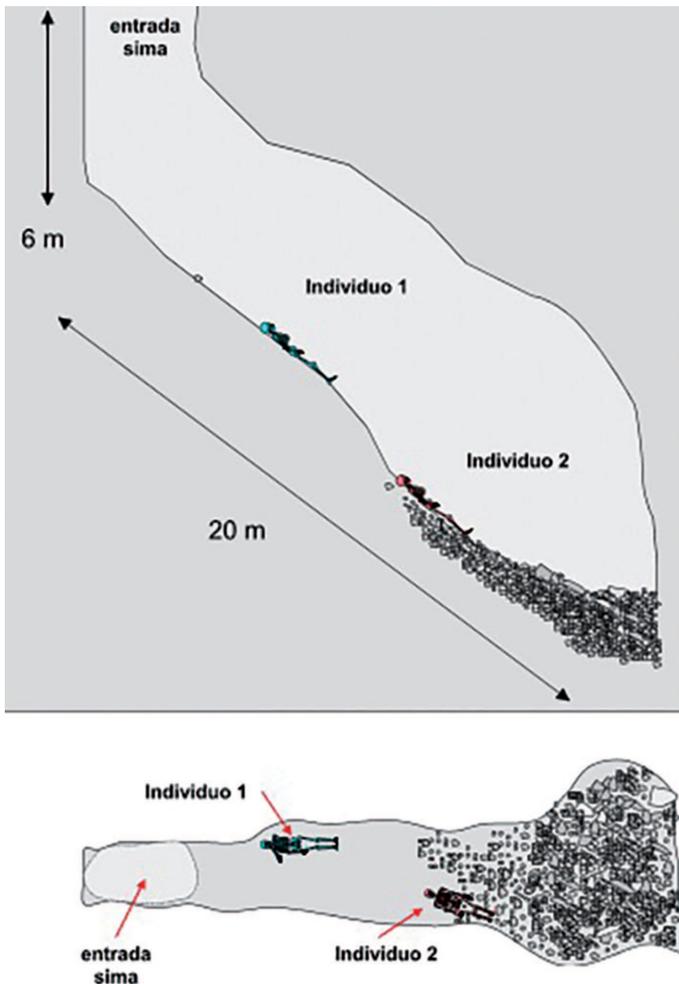
4.1. Bedoña

70eko hamarkadan, Arrasateko Besaideko Espeleologia Taldeak, giza garezur bat aurkitu zuen Kurtzetxiki mendiko sima batean. Inguruko baserriar batzuen laguntzari esker 1936ean, Gerra Zibilean, hildako pertsona batena zela jakin ahal izan zen. Beranduago, espeleologia talde berak, beste garezur batekin eta larruzko bota batekin egin zuten topo. Bi garezur aurkitu ostean, 2002. urtean, Arrasateko Udaletxearen eskaeragatik, bertan aurkitzen ziren pertsonen gorpuak errekupeatzeko lanak egin ziren. Kasu honetan, lan zientifikoa Aranzadi Zientzia Elkarteak egin zuen, Fco. Etxeberriaren zuzendaritzapean.

Sima 6 metroko erorketa bertikal batekin hasten da eta lurra 20 metro luze (malda handi batekin). Lurra sedimentu oso organiko osaturik dago, kanpoaldeko begetazio askorekin. Simaren fondoan tamaina desberdineko harri bloke ugari dago pilaturik.

Lan arkeologikoen metodologiari dagokionez, hurrengoa izan zen. Hezur asko bistan zeudenez, gainazalean zeuden hezurak hartzen hasi ziren (sedimentua eta harriak mugitu gabe), leizearen amaieratik hasita. Ondoren, harriak mugitu ondoren (grabitateagatik fondoraino joan zirenak eta honela hezurak tapatu), beste hezur guztiak hartu ziren. Behin gainazaleko hezurak berrekuratuak zeudela, leizearen erdigunera mugatu ziren, non, sedimentuak hezur batzuk estali zituen.

Berreskuratze lanetan fauna eta giza hezur kopuru handia hartu ziren (kopuru zehatza ez da inon adierazten), honi lehenago aurkitutako bi garezurak gehitu behar zaizkio. Bestalde, 26x14cm neurtzen



2. Irudia Bedoñako simaren plano eta gorpuen posizioa (ETXEBERRIA, F., 2003).
Figure 2. Plan of the pothole from Bedoña with the position of the bodies (ETXEBERRIA, F., 2003).

4.1.2. 2 indibidua:

Indibidua hau leizearen fondoan aurkitu zen, kontserbazio aldetik oso gaizki eta hezur gutxi mantendu dira. Horregatik ezin izan da gorpuaren posizioa ezagutu, altuera eta heriotzaren arrazoa ere ez. Pertsona hau 20 urte baino gutxiago zituela hil zen (metakarpoak eta metatarsoko epifisia eta diafisia fusionatu gabe) eta aurkitutako larruzko bota (zoruan iltzeak dituenak) hildako honekin erlazionatzen da.

Beraz, adin desberdineko bi pertsona aurkitu zirela esan daiteke, horietako kasu batean heriotza arrazoa jakin ezina da, baina 1 indibidua 3 tiro jaso zituen, denak aurretik eta eskumatik jaso zituelarik. Kontserbazioaren arrazoa simara heldutako kanpo zaborrak eragin izan ahal zuen, zabor asko aurkitu zelako.

Garaikoa baserrian (Arrasateko Bedoña auzoan kokatua) bizi zen pertsona baten testigantza (pertsona honek ez du gogoan zein arma zeukaten soldaduek, baina errepublikar milizianoak zirela eta hauek Larrinotik jaisten zebiltzan tropen aurrerakada geldiarazteko errefortzu modura joan zirela uste du) jaso ahal izan da. Esandakoaren arabera Sologaistoa baserrian eta elizako kanpandorrean kokatuta zeuden metrailadore batzuek tiroz hil zituzten. Gainera, 1936ko irailaren 25ean bere etxean egon ziren bi milizianoen buzoen kolore urdinaz gogoratzen da (ETXEBERRIA, F., *et al.*, 2014).

duen obus zati bat (gehienezko lodiera 17mm-takoa da) eta larruzko zati batzuk ere aurkitu ziren. Aurkitutako elementuak bi pertsonenak izan ziren, modu ez berdintuan kontserbatuak.

4.1.1. 1 indibidua:

Pertsona honen erreto asko aurkitu ziren, simaren erdialdean aurkitzen zen eta erdi lurperatua. Dekubito supino posizioan (luzatuta eta gorantz begira) eta gorputzaren goiko aldeko ezker aldeko gorputz-adarra buruarekin gurutzatua. Kontserbazioaren aldetik, ona izan dela azpimarratu behar da, bereziki ezker aldean, atal gehiago kontserbatu dira eta. 40 urte inguruko gizon baten gorputzkiak direla esan daiteke, 170cm altuerakoa eta ziurrenik ezkertiarra.

Patologiei dagokienez, eskumako parietal hezuraren atzealdean borobildutako perforazio bat dauka, hezuraren barnealdean hezur galera handiagorekin (diametro handiena 27mm duelarik eta txikiena 9mm). Hau norabide tangentialean (ziurrenik aurretik eta eskumatik ezkerrean) zihon jaurtigai batek eragin zion. Gainera, barailak bortizki kendua izan zela frogak ditu, bai hezur puzka batzuetan bai hortz batzuetan. Gainera, 9. Ornoak 7-8mm neurtzen duen zulo bat dauka, hau ere aurretik atzeranzko norabidea zeukan jaurtigai batek eraginda.

4.2. Sagasti mendia:

Aranzadi Zientzia Elkarteari eta Eusko Jaurlaritzaren Justizia Sailaren Gerra Zibileko eta Frankismoko desagertuen programari esker, 2004. urtean, Elgetan testigantzen bilketa egin zen. Honi esker 1937ko apirilaren 20an hil zen soldadu baten kokapena ezagutu ahal izan zen.

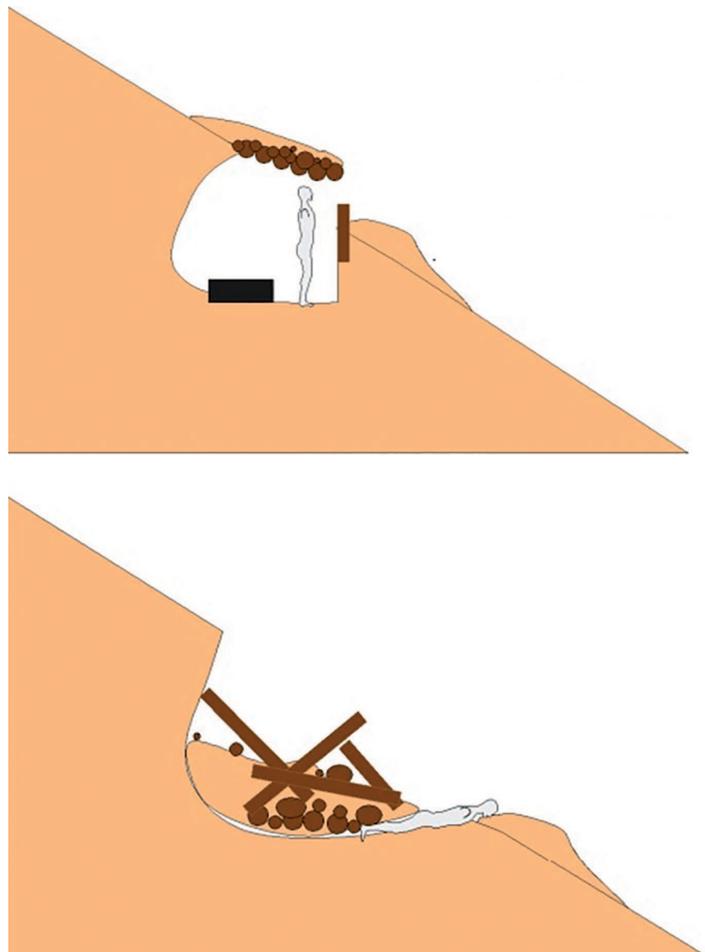
Behin kokapen zehatza ezaguna zela, Aranzadi Zientzia Elkarteko adituek indusketa arkeologikoa egin zuten, honela, heriotza kausa eta bertan hildakoen arrastoak berreskuratzeko. Indusketa guinea Sagasti mendiko magalean kokatzen zen, Intxortako frontean. Malda handiko guinea, Kanpantzar portutik Elgetara doan errepidetik oso hurbil eta pinudi baten barruan. Nahiz eta inguruak malda handia izan, lan egin zen gunean 4x5 metrotako gunea laua zen.

Jasotako testigantzei esker, bertan induskatuko zena Intxortako fronteko defentsarako babesleku bat zela, 1937ko apirilaren 20ean bonba batek lehertua. Babesgune hori lurtean zulo bat eginez eta sabaia erai-kitzeko jarritako enbor batzuk jarritzera eraiki zen eraikuntza hau, horrez gain, zulo bat egin zitzaion, zaintza lanetarako.

Lan arkeologikotan hainbat enbor aurkitu ziren, sabai bezala erabiliak izan zirenak, beste elementu oso esanguratsu bat 81mm-tako mortero Valero bat izan zen. Gainera, giza hezur arrasto aurkitu ziren, inolako konexio anatomiko gabe eta guztiz sakabanaturik. Honi, metraila bezala interpretatu diren metalezko zati asko aurkitu zirela gehitu behar zaio. Guzti honek, leherketaren hipotesia indartzen du. Bestalde, kobrezko txanpon bat, kobrezko elementu bat, iltzeak dituzten zoruzko larruzko bota batzuk, larruzko zati batzuk eta material sintetiko gorrizko zati hainbat botoi, bolbora, mortero baten multiplikatzailer baten zeluloide bilgarri bat, identifika ezinak diren herdoildutako burdinazko hainbat zati eta iltze zati batzuk ere aurkitu ziren.

Hezurren artean, tibia zatiak, humero puskak, femur atalak, eskapulak, hezur luzeen diafisi puskak, klavikula zatiak, orno zatiak, kubitu puskak, perone atalak, metatartso puskak, masailezur zatiak, 3 femur ia osorik, 5 metatartso osorik etab. Berreskuratutako hezurren kontserbazio egoerak ez du gutxieneko indibiduo kopurua zehaztea baimentzen. Baina, hiru ezker koxalen kotiloak, hiru eskumako femur eta diafisi bat azaldu zirenez, 3-4 indibiduo (osatugabeak) izan daitezkeela pentsatzera bultzatzen du. Kontserbazioaren beste oztopo bat neurketa antropologikoetarako da, ADN laginak jasotzea ezinezkoa eginez.

Bolbora bilgarriak eta mortero oinarriak babesgune honen erabilerari buruz interpretazioak egiteak baimentzen dute, non, defentsa gune honen mortero bat existitzen zen frontearen defentsarako. Gainera, gunea honetan hainbat pertsona egon ziren, bonba batek akabatu zituenak eta babesgunea txikitu eta erorarazi zuena, honela hildakoak lurperatuz. Sortzen den zalantzetako bat hurrengo da, aipatutako eraikuntza motak zeukan "hutsunea", zaintzara zuzendutakoa nolakoa zen? Morteroa bertatik erabiltzen zen, hots, hutsunean morteroaren erabilerara zuzendua zegoen? Ala morteroa babesgunean gorde zelako aurkitu zen?



3. Irudia Intxortako babesgunearen errepresentazioa (ETXEBERRIA, F. eta HERRASTI, L., 2004).

Figure 3. Representation of the refuge from Intxorta (ETXEBERRIA, F. eta HERRASTI, L., 2004).

4.3. Antzuategi baserria 1 eta 2:

2004ko ekainean bi fosa identifikatu ziren Elgetan, biak Antzuategi baserriaren ondoan. Indusketa lanak Aranzadi Zientzia Elkarteko Fco. Etxeberriaren, Aida Gutierrez eta Garazi Larrabeiti zuzendaritzapean egin ziren.

Burututako bi esku-hartzeetan metodologia berdina jarraitu zen, hots, gorpuak agertu ziren mailaraino sedimentu guztia kendu zen. Behin puntu honetan, pertsona bakoitzaren hezurak eta honekin erlazionatzen ziren objektuak identifikatu ziren, honela indibiduo guztiak ondo identifikatuak zeuden. Pertsona guztiak berreskuratu ostean Universidad del Pais Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko Auzitegi Antropologia laborategira eraman ziren, bitartean, Etxeberria doktorea arduratu zen zaintza lanez. Ondoren, heriotza arrazoiaren ikerketa eta pertsonen identifikazio lanak egin ziren. Lan antropologikoetarako Trotter & Glesser-en UBELAKER (2007) erreferentzia taulak (altuera ezagutzeko) eta BUIKSTRA & UBELAKER (1994)en metodologia adina eta sexua ezagutzeko jarraitu ziren. Analisi genetikoa BIOMIC (UPV/EHU) ikerketa taldearen esku joan zen.

4.3.1. Antzuategi baserria 1

Lehen aipatu den bezala, fosa komun hau baserri homonimoan kokatzen da, bertan hiru pertsona identifikatu zirelarik.

4.3.1.1. 1 indibidua:

1 indibiduoaren aztarnak gizon heldu natusi batenak dira, hau orno batzuetako artrosi zantzuengatik, garezurreko sutura batzuk ixten zeudelako eta pubiseko sinfisia ez delako oso porotsua jakin ahal izan da. Gorputzari dagokionez, 160cm neurtzen zuen eta nahiko sendoa izango litzateke, aipatzeko beste ezaugarri bat torus supraorbitario markatua izango litzateke. Patologiei erreferentzia eginez, orno batzuetan osteofitoak formazioa ikusten zen, adinak eragina (era berean kartilagoaren galerak eraginda). Bestalde, eskumako ileonak zulo bat dauka, ziurrenik gorputzaren berreskuratze lanetan eginga. Gainera, eskumako femurraren diafisian orban bat identifikatu zen, posible da metalezko objektu batekin kontaktuan izanagatik sortu izana. Garezurrak haustura asko dauzka, hauek energia handiko golpe batek eragina izan ziren.

Material arkeologikoen artean, oso ugariak dira, zapata baten zorua, metalezko bi krisket, metalezko bi krokagailu (30x35mm), letoizko bi gerrikoren belarri (33x40mm), Eusko Jaurlaritzaren ikurra daukan gerriko baten belarria (155mm luze), nakarrezko bi botoi, larru zati batekin zegoen botoi bat, plastikozko bi botoi (horietako bat saihetsen ondoan apurtuta aurkitu zen), 25mm luze neurtzen duen larruzko puska bat, zapaten zorua iltze batzuk, me-traila zati bat (2x1cm) koxal ondoan eta identifikatu ez diren beste hainbat elementu ditugu.



4. Irudia Antzuategi baserriko lehenengo fosa (ETXEBERRIA, F. *et al.*, 2004).
Figure 4. First mass-grave from Antzuategi farm (ETXEBERRIA, F. *et al.*, 2004).

4.3.1.2. 2 indibidua:

Pertsona hau gizon heldu bat zen, gazte-heldu tartekoa (zahartzarotik hurbil), izan ere, lanboide eta sagital suturak fusionatuak daude, gainera, sutura parietala tenporalekin fusionatzen hasi berri zen pertsona hau hil zenean. Gizon sendoa eta 160cm alturako. Ezkerreko femurraren lepoan orban borobil bat dauka, kobrezko oxidoak sortuak, metalezko elementu batek sortua. Aurkitzen diren patologien artean, orno batzuen ertzetan osteofitoak aurkitzen dira. Eskumako erradioan haustura luzexka diafisian ere bai. Gainera, beheko barailaren eskuman zulaketa bat aurkezten du, hau suzko arma batek eragin ahal izan zezakeen (era berean heriotza eraginez). Jaurtigaiarekin jarraituz, hau barailatik sartu irten eta garezurretik irten zenean (diagonalean, eskumatik ezkerrean) ikus daitezkeen hausturak sortuko zituen.

Aurkitutako objektuak aztertuz, ezkerreko zapata baten zorua, gerrikoen bi belarri, burdinazko puska bat, giltza bat (104mmko luzera, zurtoinean 7mmko zabaleta eta zabalera maximoa 21mmtakoa), soka-dun giltza tubular bat, urrezko eraztun bat (eraztunak 22mm ditu, 6mm zabalera eta 1mm lodiera neurtzen du), nakarrezko botoiak, forma obalatudun harri granate bat, arkatx bat eta iltze edo errematxe batzuk (garezurraren ondoan).

4.3.1.3. 3 indibidua:

Hirugarren pertsona hau gizon heldu nagusi bat zen, sutura parietalaren eta garezurreko suturen fusio mailagatik. Artrosia ere identifikatu zen orno batzuetan (patologia oso ohikoa da pertsona helduetan). Altuerari dagokionez, 170cmkoa zen. Ornoetan, artrosiaz gain, osteofitoak ere identifikatu dira. Gainera, gerrialdea apurtuta dauka, haustura peri-mortem izan zen, beraz, jakin dezakegu pertsona honek tiro ba jaso zuela gerrialdean. Garezurraren kasuan, hainbat haustura identifikatu dira, gainera, eskumako kubitua apurtuta dago (diafisiaren altueran) eta ezkerreko femurra ere apurtuta dago alde distalean.

Gorpuarekin erlazioa daukaten material objektuei dagokienez, ezkerreko zapata bat, eskumako zapata bat, eskumuturreko erloju bat (74mm luze ta 16mm zabal), pizgailu bat, metraila bezala interpretatutako metalezko hainbat puska, metalezko hainbat puska, krokagailu bat, gerriko baten belarri bat, Eusko Jaurlaritzaren 2 pezetako txanpon gainean eginiko plaka identifikatzaile bat (txanponean 71513 zenbakia irakurri daiteke), botoi batzuk eta beste hainbat objektu ezin izan direnak identifikatu.

4.3.2. Antzategi baserria 2

Elgetan aurkitutako bigarren fosan, baserri homonimoaren ondoan, beste hiru gorpu aurkitu ziren.

4.3.2.1. 1 indibidua:

Pertsonan honen garezurreko suturak fusionatu gabe daudela ikusirik, hezur luzeen eta ornoen epifisi-diafisi fusioak osatu gabe daudela ikusirik, pertsona gazte bat zela esan dezakegu. Baina, heldutasunetik hurbil zegoela esan daiteke, artrosi santsu batzuk identifikatu dira orno batzuetan eta. Altuera 168cm inguruan egongo litzateke. Patologietan zentratuz, eskumako humeroak (buruaren altueran) orban bat dauka (identifikatu gabe dagoen zerbaitekin). Beste indibiduoetan ikusi diren hausturak ere ikusi dira, hauek beheko barailan (jaurtigai batek ezkerreko haustura peri-mortema eragin zuen eta eskumakoa post-mortem, ziurrenik gorpuen berreskuratze lanetan). Gainera, C1 eta C5 ornoak apurtuta daude. Gorpu honen ondoan hiru bala-zorro, gerriko baten belarri bat bi txanpon eta larruzko zati batzuk (kartutxo-uhak).

4.3.2.2. 2 indibidua:

Bigarren indibiduo honen kontserbazio egoera nahiko txarra da, hezur luze gehienak txikituta daude eta. Baina, gizon gazte bat zela esan daiteke, garezurreko suturak fusionatu gabe eta oso markatuak daudelako. Gainera, hagin gehienak kontserbatzen ditu (bi irten gabe). Pertsona honen altuera ezin izan da jakin, gorpu honen hezur luzeak egoera oso eskasean zeuden eta. Heriotza eskerreko tenporal hezurretik sartu zen jaurtigai batek eragin zion (balaren irteera zuloan aurreko hezurrean aurkitzen da, eskumako orbitaren gainean). Esternoia ere zulatua dago beheko aldetik. Bestalde, eskumako femurrak diafisi altueran peri-mortem haustura bat dauka.



5. Irudia Antzuategi base-
rriko bigarren fosa (ETXEBE-
RRIA, F. *et al.*, 2004).

Figure 5. Second mass-
grave from Antzuategi farm
(ETXEBERRIA, F. *et al.*, 2004).

Berreskuraturiko objektu arkeologikoei dagokienez, gerriko baten belarri bat, gerriko baten uhala, gerriko puska bat, Eusko Jaurlaritzaren ikurra daukan gerriko belarri-plaka bat, gerriko bat, zintzilikari bat, hainbat botoi, hortzetako eskuila bat eta identifikatu ez diren beste elementu batzuk.

4.3.2.3. 3 indibidua:

Pertsona hau, guztiak ikusirik, gaztaroko bakarra izan daiteke (agian heldu gazte bat), garezurreko sutura gehienak fusionatu gabe daudelako, hezur luzeetan, hortzetan (bizirik egon zen bitartean hagin bakarra galdu zuen), orno batzuetan eta pubiseko sinfisian ere ikusi daiteke. Altuera 171cm inguruan dago. Heriotzari dagokionez, energia altuko golpe bat jasan zuela esan daiteke, honek era berean heriotza eragin ziolarik. Gorpu hau, identifikatu gabe objektu batekin eta bi botoi beltzekin erlazionatzen da.

Testigu baten testigantza jaso ahal izan da, honek Elgetan (herria frankisten esku gelditu zenean) bizitakoa bizi izan zuen: *Frankistok 1937ko apirilaren 24an Zapatuan arratsaldeko 4etan Antzuategi Bastarrekoa baserrira heldu zirenean gure aita eta veste zazpi miliziano zeuden etxe ondoko zulo batean gordeta, Bonbardeoak itzelak zirelako. Espainolez esan zieten "salir todos para matar". Aita Jose Bizente Garai irten zuen esanez etxeko ugazaba zela eta zer nahi zuren, "manos arriba" eta tiroak bota eta bertan hil zuten. Beste hiru ate baten ondoan eta lau gorago. Azpeitiarrak eta mondragoetarrak ere baziren (...). Etxe ostean bonba zuloetan sartu zituzten.* (GUTIÉRREZ, J., 2007).

5.- EMAITZAK ETA EZTABAIDA

Debagoienean kokatzen diren fosa komunetan gutxienez 11 gorpu eta gehienez 12 indibiduo berreskuratu dira (intxortako fosan erreperaturiko gorpu kopuru zehatza ez da ezaguna), guztiak gizon-nezkoak. Elgetako bigarren fosako 3 indibiduoaz eta Bedoñako 2 indibiduoaz gain, beste guztiak gizon helduak ziren. Aurkitutako pertsonen heriotza arrazoiak aztertuz, gorpu guztietatik guztietatik seik garezurrean hausturak dituzte: bik barailan jaurtigai perforazioa daukate, beste batek zuloa garezurraren goialdean dauka, beste batek hiru perforazio puntu dauzka (barailan, garezurrean eta ornoan) eta azkeneko biek ez daukate jaurtigai sarrera punturik (hausturak energia altuko golpe batek eragin zituen). Horrez

gain, gorpuan tiro bat jaso zuen pertsona bat daukagu. Bestalde, induskatutako fosa batean tirorik jaso ez zituzten pertsona batzuk aurkitu ziren (3-4 pertsona), hauen heriotza leherketa baten ondorioa izan zela interpretatu zen (hildakoen kontserbazio egoeragatik eta aurkitutako metraila kopuruagatik). Azkeneko gorpu baten heriotza kausa ez da ezaguna (aurkitutako datu eskasagatik). Orokorrean, heriotza bortitza izan zuten: tirokatuak, leherketa baten ondorioz edota golpe fuerte baten eraginez.

Kontserbazio egoerari dagokionez, oso aldakorra dela esan behar da. Intxortako kasuarentzat (leherketa baten ondorioz sortu zen lurperatzea), kontserbazioa oso txarra da, non, hezurak oso sakabatuak eta apurtuak agertu ziren (deposituaren formazio prozesu bortitzagatik). Bedoñako 2 indibiduoaren kasua ere kontserbazio eskasaren adibide ona da, berreskuraturiko hezur kopurua oso txikia da. Azken kasu honetan zaborra eragina izan zuen, izan ere kanpotik simara botatuko basura fondoraino joaten zen eta han mantendu, gorpuen kontserbazio txarrean eraginez. Baina kontrakoan, induskatutako beste fosa komunetan aurkitutako hezur kopurua eta hauen egoera ona da, gorputzeko hezur gehienak jasotzeko aukera egon zelarik. Gainera, Antzuategi baserriko 6 gorpuak konexio anatomikoan agertu ziren, honek gorpuek lurperatu osten ez zutela inolako mugimendurik jasan esan nahi du. Bedoñako 1 indibiduoaren kasuan (hezur asko berreskuratu ziren) ere hezurak konexio anatomikoan jaso ziren (erdi lurperatua agertu zelarik), honek simara bota ostean mugimendu gutxi jasan zuela esan nahi du (erdi lurperatua izan zenez, kanpotik erortzen zen sedimentuak nahiko azkar lurperatu zuela esan nahi du).

Depositu motekin sartuz, Estatu mailan barietate ugari dago (HERRASTI, L. eta JIMÉNEZ, J., 2012). Aztergai dugun inguruko fosa hauentzako hiru mota berezitu daitezke: lehenengo eta behin, errekurtsu natural baten aprobetxamendua daukagu, Kurtzetxiki mendiko simaren kasua (formazio karstiko bateko zulo bertikala); bigarrena, lehenago aipatu den bezala babesgune baten erorketa daukagu; hirugarrenik, bonba zuloen erabilera daukagu (50cm sakonerakoak).

Gorpuekin batera aurkitutako objektuen kasuan ere oso ugariak dira, bai fosetan aurkitutako kopuruagatik bai objektu motagatik. Guztietatik pobreena Bedoñakoa da, non, jaurtigai bat (objektu pertsonala izan gabe) eta iltzedun zoruzko zapata (fosetako objektu ohikoena). Bestalde, Elgetako bi fosak oso aberatsak dira, material asko errekuiperatu zirelako. Bi fosa hauetan existitzen den objektu kopuru diferentzia handi honek bi soldadu mota desberdinez hitz egin diezaguke: alde batetik Bedoñakoak (testigantzak dioenez, buzoak janzen zituzten), beraz ez zeramaten objektu pertsonalik poltsikoetan; beste alde batetik Elgetakoak, objektu ugariarekin (horien artean Eusko Jaurlaritzaren ikurrak eta plaka identifikatzaileak). Objektu ohikoen artean iltzedun zoruzko zapatak eta gerrikoen belarriak ditugu, hauek gerrarien arropen parte izan zirelarik (botoiak ere aipatzekoak dira). Hauen kontserbazioa metalezkoak direla edo metalezko elementuak dituztelako esan daiteke (zapaten kasuan, iltzeen metalak lagundu dezake gehiago mantentzea (ROXANA FERLLINI, B., 2010)). Gainera, zapata mota hau oso ohikoa zen gerrarien artean. Aipatzekoa da Intxortako babesgunean aurkitutako mortero basea eta enbor batzuk, honek puntu horren erabilerari buruz hitz egiten digularik. Elementu garrantzitsuen artean plaka identifikatzaileak ditugu, hildakoa identifikatzeko balio izateaz gain pertsona horren izaeraz hitz egiten digu, hots, zibila ala soldadua zen (milizianok eta zibila bereizteko). Beste material interesgarri bat Antzuategin aurkitutako koilara eta tenedorea dira, honen bitartez, soldaduek objektu hauek beraiekin eramaten zituztela jakin dezakegu, izan ere, oso ohikoa zen bakoitzak berea izatea (TELLERIA, E., 2011). Posible da koilara eta tenedore bakarra errekuiperatzea Intxortako fronteak Elgetan sukaldea zeukalako (BELDARRAIN, P., 2012), beraz ez zen guztiz beharrezkoa bakoitzak bere izatea. Azkenik, metalezko objektu ugariaren kontserbazioa ez da batere ona (herdoildu egin direlako), honek zer diren identifikatzeko lanak zailduz edo ezinezkoa eginez.

6.- ONDORIOAK

Lan honetan aipatu diren 4 fosak Gerra Zibileko, Debagoienez, fase desberdinetakoak dira (Antzuategi baserrikoak momentu berekoak dira). Kronologia erreferentzia bezala hartuz, lehena Bedoñakoa da, hau lehenago aipatutako "lehen etapakoa" delako, non, altxatutako bando frankista Oñatitik Arrasatera heltzeko Kurtzetxiki menditik eta Bedoña auzotik igaro ziren, 1936ko irailaren 26an. Arrasateko auzo honetan herria defendatzeko azken esfortzuak egin ziren, non, bi gizon hauek metrailadore tiroz (testigantzez gain, gorpu batek jaso zituen hiru tiroen frogak ditugu) akabatuak izan ziren (ondoren, gorpuak desagerrarazteko ideiarekin sima batera bota zituzten). Hurrengo fosa Sagasti mendikoa da, bertan aur-

kitutako pertsonak 1937ko apirilaren 20an hil ziren. Gertaera hau, bando frankistak Intxortako frontea, lehenengo planak (altxatuek Bilbora heltzeko, Otxandioko defentsa frontea zulatu nahi izatea) porrot egin ostean, berriro eraso zuenean kokatu behar da. Bi lurperatze hauek gerraren eragin zuzenez sortu ziren, non, hildakoak ez ziren fusilatuak izan. Bukatzeko, azken bi fosa komunak ditugu, Antzuategi baserrikoak, bertan sei borrokalaria lurperatu ziren 1937ko apirilaren 25ean. Testigantzek esaten dutenez, pertsona hauek babesgune batean gorde ziren errepublikar bandoa Intxortako frontetik ihes egitera behartua ikusi zenean. Ondoren, bando frankista Elgetan sartu zenean, afrikar soldaduek hauek aurkitu, fusilatu eta bomba zuloetan lurperatu zituzten. Beraz, erretagoardiako errepresioaren eraginez heriotza aurkitu zuten pertsonak izan ziren.

Gainera, depositu motak ikusi ostean, frankistek eskura zuten edozein errekurtsio erabili zutela gorpuez desegiteko esan dezakegu. Bestalde, bi gerlari motarekin aurkitu garena esan daiteke, alde batetik Bedoñakoak, hauek gerra hasierakoak zirelarik, antolaketa eskasarekin (plaka identifikatzaile gabe); bestetik, Antzuategikoak, plaka identifikatzaileekin eta Eusko Jaurlaritzaren ikurrekin (Eusko Jaurlaritza sortu ostekoa direlako). Objektu kopurua ez da arrazoi nahikoa bi gerlari motak bereizteko, biek eraman zezaketelako larruzko gerrikoak, gerrikoen belarriak, objektu pertsonalak etab. Azkenik, Intxortako babesgunean aurkitutako gorpuek ez lirateke fosa batean lurperaturiko gorpuek bezala sailkatu behar, izan ere, hauen lurperatzea ez zen gorpuez desegiteko helburuarekin egin (sabaiaren erorketaren ondorioz baizik).

7.- ESKERRAK

Lehenengo eta behin, Francisko Etxeberriari eskerrak eman nahi dizkiot lan hau egiteko aukera eman izanagatik eta gorpuen berreskurapen lanen informeak emanteagatik. Bestalde, Intxorta 1937 Kultur Elkarteari eskerrak eman nahi dizkiot, bereziki Juan Ramon Garairi, laguntzeko prest egon delako eta berari esker lan aberatsagoa egin ahal izan dudalako.

8.- BIBLIOGRAFIA

BELDARRAIN, P.

2012 *Historia crítica de la guerra en Euskadi (1936-37)*. Intxorta 1937 Kultur Elkartea. Oñati.

ETXEBERRIA, F.

2003 *Informe relativo a los restos humanos pertenecientes a la Guerra Civil (1936) localizados en la sima de Kurtzetxiki de Arrasate*. Aranzadi Zientzia Elkartea/Sociedad de Ciencias Aranzadi. Donostia.

2012 "Exhumaciones contemporáneas en España: Las fosas comunes de la Guerra Civil". En: ETXEBERRIA, F. (Ed) *Antropología Forense de la Guerra Civil Española*. *Boletín Galego de Medicina Legal e Forense*. Nº 18: 13-28.

ETXEBERRIA, F. eta HERRASTI, L.

2004 *Informe de los resultados de la exhumación de la fosa común de Intxorta*. Aranzadi Zientzia Elkartea/Sociedad de Ciencias Aranzadi. Donostia.

ETXEBERRIA, F., GUTIÉRREZ, A. eta LARRABEITI, G.

2004 *Informe de los restos humanos recuperados en la exhumación de Antzuategi (Elgeta)*. Aranzadi Zientzia Elkartea/Sociedad de Ciencias Aranzadi. Donostia.

ETXEBERRIA, F., SERRULLA, F., eta HERRASTI, L.

2014 "Simas, cavernas y pozos para ocultar cadáveres en la Guerra Civil española (1936-1939). Aportaciones desde la Antropología Forense". *Munibe*. Donostia: 269-288.

GUTIÉRREZ, J.

2007 *La Guerra Civil en Eibar y Elgeta*. Ayuntamiento de Eibar y Elgeta. Eibar.

HERRASTI, L. eta JIMÉNEZ, J.

2012 "Excavación arqueológica de los enterramientos colectivos de la Guerra Civil". En: ETXEBERRIA, F. (Ed) *Antropología Forense de la Guerra Civil Española*. *Boletín Galego de Medicina Legal e Forense*. Nº 18: Pag. 30-45.

HERRASTI, L., SAMPEDRO, A. J., DIÉGUEZ, J., ETXEZARRAGA, J., IRUSTA, A., JIMÉNEZ, J., REBOLLEDO, I., SARDÓN, A., SARDÓN, E. eta ETXEBERRIA, F.

2014 "Placas de identificación de combatientes de la Guerra Civil española (1936-1937), recuperadas en exhumaciones de escenarios bélicos en el País Vasco". *Munibe*. Donostia: 289-312.

LANDA, A., BALANZATEGI, J., LÓPEZ DE MUNAI, A., LANDALUZE, A. eta GARAI, R.

2003 *Arrasate 1936. Una generación cortada*. Arabera. Lizarra.

ROXANA FERLLINI, B.

2010 "Tissue preservation and projectile context in a Spanish Civil War victim". *Journal of Forensic and Legal Medicine*. Nº17: 285-288.

TELLERIA, E.

2011 "Sondeos arqueológicos en el poblado de Murugain (Aramaio/Álava)". *Estudios de arqueología alavesa*. Nº 27. Vitoria/Gasteiz: 135-216.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	75-87	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	-------	-------	------	----------------

Evolución ambiental reciente de los sedimentos de la Ría de Bilbao: evidencias micropaleontológicas y geoquímicas del proceso de recuperación

Recent environmental evolution of the sediments from the Bilbao Estuary: micropalaeontological and geochemical evidences of the recovery process

PALABRAS CLAVES: Foraminíferos bentónicos, elementos traza, transformación antrópica, regeneración ambiental, estuario de Bilbao.
KEY WORDS: Benthic foraminifera, trace elements, anthropic transformation, environmental regeneration, Bilbao estuary.

Imanol LÓPEZ DÍAZ⁽¹⁾

RESUMEN

El estuario del río Nervión-Ibaizabal fue el mayor de la Costa Cantábrica, pero desde la fundación de la Villa de Bilbao, la actuación del ser humano ha ido modificando su cauce hasta convertirlo en un medio muy antropizado. Su entorno ha sido el motor económico e industrial del Gran Bilbao desde finales del siglo XIX, lo que provocó que las actividades industriales y mineras vertiesen una gran cantidad de materiales y residuos incontrolados a su cauce, junto con los propios residuos domésticos de los diferentes núcleos de población. El grupo Harea-Geología Litoral viene realizando un seguimiento micropaleontológico y geoquímico de este ecosistema desde 1997, con el objetivo de comprobar la progresión del proceso de mejora ambiental de la Ría. En este trabajo se ha realizado un análisis de los foraminíferos y los elementos traza en el registro sedimentario histórico en dos zonas de la Ría de Bilbao (Galindo y La Benedicta). Los resultados muestran una mejoría microfaunística y un descenso de las concentraciones de elementos traza en los materiales más recientes. Sin embargo, a escasa profundidad (<4 cm) aparecen sedimentos con importantes problemas de contaminación, lo que puede complicar en gran medida la gestión de estos espacios.

ABSTRACT

The estuary of the Nervion-Ibaizabal was the largest of the Cantabric coast, but since the founding of the village of Bilbao, the human activities have been changing its course till make it a very anthropic environment. This environment has been the economic and industrial engine of the Gran Bilbao since the late nineteenth century, which cause that the industrial and mining activities pour a lot of material on track and uncontrolled waste, with household waste of different localities. The Harea-Geología Litoral Group has been making a micropalaeontological and geochemical monitoring of this ecosystem since 1997, with the aim of checking the progress of the process of environmental improvement of the estuary. In this paper we have done an analysis of foraminifera and trace elements in the historical sedimentary record in two areas of the Ría of Bilbao (Galindo and La Benedicta). The results show a micropaleontological improvement and a decrease in the concentrations of trace elements in the latest materials. However, at shallow depth (<4 cm) there are sediments with significant pollution problems, which can greatly complicate the management of these spaces.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto geográfico e histórico

El contexto geográfico y ambiental de este trabajo es la Ría de Bilbao (Bizkaia), que comienza en el barrio bilbaíno de La Peña/Abusu, y desemboca en el Mar Cantábrico, entre las localidades de Santurtzi y Getxo, en un trazado aproximado de 20 km. El cauce actual es en realidad un canal artificial, creado por la acción del ser humano durante los últimos 150 años (CEARRETA, 1992). Su anchura es variable: 50 m en La Peña, 60 m en Deusto, 90 m en Zorroza, 95 m en Rontegi, 145 m en Axpe, 125 m en Portugaleta, 2.500 m entre Areeta y Santurtzi y en el Abra, 1.300 m en el puerto interior y 3.800 m en el puerto exterior. La profundidad varía de 2 m (Puente del Arenal) a 30 m (Punta Lucero), estando el curso modificado por dragados y diversas intervenciones humanas. La Ría dista mucho de su situación original, presentando un recorrido artificial encauzado entre diques y adaptado a las exigencias de la navegación desde el siglo XVI (CEARRETA, 1998), realizándose desde entonces labores de encauzamiento y construcción (ALMUNIA, 1975; GARCIA MERINO, 1981).

⁽¹⁾ Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Facultad de Ciencia y Tecnología, Apartado 644, 48080 Bilbao. E-mail: imanol2981@hotmail.com
Directores: María Jesús Irabien (Departamento de Mineralogía y Petrología) y Alejandro Cearreta (Departamento de Estratigrafía y Paleontología)



Tras el último episodio glacial, la transgresión marina característica del Holoceno inundó los antiguos valles fluviales y provocó el depósito de un gran volumen de material sedimentario (CEARRETA, 1992). La elevación del nivel de base del Nervión-Ibaizabal, debido a la formación del estuario, dio lugar a una intensa sedimentación donde intervinieron aluviones del río y el mar, que con el movimiento de las mareas, y las corrientes generadas, hacía entrar materiales, formando extensas playas y cordones de arena, que provocaron una rápida colmatación del estuario (GARCIA MERINO, 1981).

La actividad industrial en la Villa de Bilbao comenzó en 1848 con la construcción de la Fábrica de Fundiciones Santa Ana en Bolueta, el primer alto horno sobre el río Nervión-Ibaizabal. A partir de 1875 se inició una época de revolución industrial (primera industrialización, 1876-1930), gracias a la explotación de los yacimientos mineros cercanos, el comercio y la actividad portuaria. Surgió una importante industria siderúrgica, siendo fundamental la construcción de buques para el crecimiento económico, además de aumentar de forma considerable la población (pasando de 35.000 a 100.000 habitantes a finales del siglo XIX) (GONZALES PORTILLA, 2007). Antes de finalizar el siglo XIX se instalaron fábricas siderometalúrgicas como La Iberia en Sestao, La Vizcaya y Santa Águeda en Barakaldo, propiedad de la Sociedad de Metalurgia y Construcciones La Vizcaya (ALMUNIA, 1975). En 1900 se fundaron los astilleros Euskalduna (cerrándose en 1988) y en 1902 se crea Altos Hornos de Vizcaya (AHV) la mayor empresa del Estado Español durante gran parte del siglo, producto de la fusión de varias empresas siderometalúrgicas de Bizkaia. El crecimiento industrial, interrumpido por la Guerra Civil (1936-1939), se convirtió en una atracción para muchos inmigrantes que llegaban para trabajar en la industria bilbaína (pasando de 195.000 habitantes a más de 430.000 habitantes a finales del siglo XX).

A finales del siglo XX, la industria siderúrgica entra en una profunda crisis, viéndose obligada la comarca del Gran Bilbao a afrontar una difícil reconversión industrial (GARCIA DE CORTAZAR *et al.*, 2011). En la actualidad el Palacio de Congresos Euskalduna, los diques de encauzamiento, la grúa Carola y la caseta de bombas que forman parte del Museo Marítimo Ría de Bilbao, los diversos cargaderos y las fábricas en los márgenes de la ría son símbolos de dicha época industrial, además de los sedimentos de la Ría de Bilbao, los cuales aún mantienen una herencia de la contaminación ambiental originada en épocas industriales anteriores.

1.2. Hipótesis de trabajo

El grupo de investigación Harea-Geología Litoral, desde el año 1997, ha constatado una mejoría general en las condiciones de calidad ambiental del estuario a través de la monitorización de las asociaciones de foraminíferos y metales pesados en los sedimentos (CEARRETA *et al.*, 1997). La desaparición de buena parte de las actividades contaminantes y las mejoras en el sistema de gestión de los vertidos industriales y urbanos parecen estar favoreciendo el depósito de materiales más "limpios" sobre las capas de materiales contaminados que se acumularon en etapas anteriores.

Este trabajo aborda el estudio de dos sondeos cortos (20 cm de longitud) extraídos en las zonas de Galindo y La Benedicta para el análisis de su contenido en microfauna y elementos traza. Los objetivos principales de este trabajo son, por un lado, reconstruir la historia de la recuperación ambiental experimentada por los sedimentos de la Ría de Bilbao en los últimos años y, por otro, obtener una primera estimación del espesor de los sedimentos post-industriales que cubren los depósitos contaminados. El análisis de las variaciones en las asociaciones de foraminíferos bentónicos aportará información sobre la respuesta microfaunística al proceso de mejora ambiental reciente, en tanto que el análisis de metales pesados y As contribuirá a la datación de estos materiales y permitirá afrontar una mejor valoración de la evolución de los aportes antrópicos y naturales recibidos por el estuario en los últimos años.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado un muestreo inicial de sedimentos en 6 estaciones de la Ría de Bilbao (Figura 1), si bien en este trabajo se presentan únicamente los resultados de dos de ellos: Galindo y La Benedicta, muestreos realizados el 6 de marzo del 2015, siendo la primera estación una de las zonas con mayores concentraciones de elementos traza en superficie y la segunda una de las que presentan menor conta-

minación superficial (RUIZ, 2014). Estos lugares forman parte de las zonas analizadas en la Ría de Bilbao desde 1997 por el grupo de investigación Harea-Geología Litoral (CEARRETA *et al.*, 1997) (Figura 1).

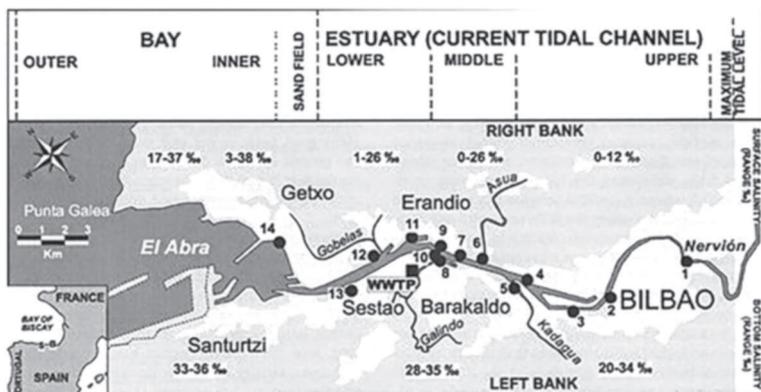


Figura 1. Zonas de muestreo del grupo Harea-Geología Litoral desde 1997. Se han recogido sondeos en los puntos 3 (Zorroza), 7 (Rontegi), 8 (Galindo), 9 (Erandio), 10 (Simondrogas) y 13 (La Benedicta) (tomada de LEORRI *et al.*, 2008).

Figure 1. Sampling areas of the group Harea-Coastal Geology since 1997. Cores have been collected from the points 3 (Zorroza), 7 (Rontegi), 8 (Galindo), 9 (Erandio), 10 (Simondrogas) and 13 (La Benedicta) (taken from LEORRI *et al.*, 2008).

Para la recogida de los sedimentos se usaron dos tubos de PVC de 12,5 cm de diámetro x 20 cm de longitud (Figura 2). En cada estación de muestreo se introdujeron ambos tubos, próximos entre sí, hasta que el sedimento llegase al extremo superior (sin llegar a cubrirlo). Tras cerrar el tubo con una tapa asegurada con cinta aislante, se procedió a la extracción del sedimento que lo rodeaba, con ayuda de una pala. Una vez retirado el sedimento necesario, se procedió a la extracción, con precaución, colocando una mano en la parte inferior del sondeo para no perder material, y después se colocó la otra tapa para dejarlo cerrado completamente y llevarlo al laboratorio.



Figura 2. Recogida de los sedimentos de la Ría de Bilbao mediante dos tubos de PVC en Galindo. (CEARRETA, 2015)

Figure 2. Collection of sediments from the estuary of Bilbao by two PVC pipes in Galindo. (CEARRETA, 2015).

En el laboratorio se procedió al corte longitudinal de los sondeos, fraccionándolos en secciones de 0,5 cm de espesor. Cada muestra se introdujo en una bolsa de plástico hermética y previamente siglada. Después, se realizó el primer secado de las muestras en el laboratorio, pasando previamente las muestras a cápsulas de porcelana, e introduciéndolas en la mufla a 45° C durante un día entero.

En todos los sondeos el material recogido ha sido similar: fangos oscuros (sedimento fino), arena y materia orgánica (entre la que hay que incluir restos de conchas y restos vegetales) (Figura 3).



Figura 3. Corte longitudinal de los tubos de PVC. A la izquierda, sondeo de La Benedicta; a la derecha, sondeo de Galindo. (CEARRETA, 2015)

Figure 3. Longitudinal cut of the PVC pipes. On the left, La Benedicta core; on the right, Galindo core. (CEARRETA, 2015)

2.1. Micropaleontología

En el laboratorio, se realizó el levigado de las muestras de los sondeos, con la ayuda de tamices de 2 mm y 0,063 mm de luz de malla, de modo que se pudieran eliminar los posibles fragmentos de tamaño grava y el sedimento fino (tamaño limo o arcilla) respectivamente, obteniendo la fracción arenosa de la muestra, donde se encuentran los foraminíferos. Una vez realizado el levigado, se dejaron secar las muestras en la mufla, durante un día completo, a 60° C.

Una vez secas las muestras, se pasó al método de flotación con tricloroetileno en una campana de gases, donde se separaron los caparazones de los foraminíferos de los granos más pesados del sedimento por densidad (MURRAY, 1979). El método de flotación consiste en: 1°.- Verter el sedimento en un vaso de precipitados con tricloroetileno (unos 200 ml); 2°.- Remover con el agitador, para realizar la separación de los sedimentos más pesados; 3°.- Verter el sedimento más ligero junto con el tricloroetileno al filtro que se encuentra colocado en el embudo (filtro que debe de estar siglado); 4°.- Esperar a que todo el líquido pase del filtro al vaso de precipitados de la parte inferior y probablemente, verter más tricloroetileno, ya que es un líquido de evaporación rápida. Este procedimiento se repitió tres veces por cada muestra, para recuperar la fracción completa que quedaba flotando en el líquido, es decir, tanto los caparazones de los foraminíferos (así como de otros bioclastos), como la materia orgánica de la muestra (aunque, si hubiese quedado más sedimento flotando en el vaso, habría que repetir el proceso tantas veces como fuera necesario) (Figura 4).



Figura 4. Método de flotación con tricloroetileno.

Figure 4. Floating method using trichloroethylene.

Posteriormente, el sedimento recogido en el filtro fue usado para el análisis micropaleontológico a través de una lupa binocular Nikon SMZ-645 realizando un conteo de los foraminíferos, teniendo que separar unos 300 caparazones por muestra (o la cantidad total de caparazones si su número total en la muestra fuese menor) y su clasificación taxonómica (Figura 5). Los datos de peso, porcentaje de arena, porcentaje de finos, número de especies, número de individuos, especies alóctonas y la composición de estas especies, se han recogido en una hoja Excel para facilitar su tratamiento. Únicamente las muestras que contiene 100 o más caparazones han sido utilizadas para realizar cálculos estadísticos.



Figura 5. Lupa binocular y materiales de trabajo para la extracción y clasificación de los foraminíferos.
Figure 5. Binocular microscope and working materials for the extraction and classification of foraminifera.

2.2. Geoquímica

Tras cribar las muestras en un tamiz de 2 mm de luz de malla, se procedió a su secado en la estufa (a 45°C). Posteriormente, se realizó la molienda, reduciendo los sedimentos a tamaño polvo mediante el uso de un mortero de ágata. El mortero debía de ser de un material que no pudiese alterar sus contenidos en metales, además de tener cuidado en su limpieza al terminar con una muestra y proceder con la siguiente.

El material resultante, fue introducido en tubos de plástico, cerrado y enviado a Activation Laboratories Ltd. (Ontario, Canadá) para su análisis geoquímico, en el que se utilizó espectrometría de emisión óptica acoplada inductivamente (ICP-OES), tras digestión con agua regia a 95°C durante dos horas. Los elementos analizados han sido: Ag, Cd, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Co, Cr, Fe, Ga, La, K, Mg, Na, P, Sb, Sc, Sn, Sr, Te, Tl, Ti, V, W, Y, Zr y S. En el caso de los elementos considerados en este trabajo (As, Cd, Cu, Ni, Pb y Zn) los límites de detección han sido de 2, 0.5, 1, 1, 2 y 2 mg/kg respectivamente.

2.3. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Se ha realizado en los Servicios Generales SGIKER de la FCT/ZTF de la UPV/EHU, para comprobar la composición y morfología de unas partículas esféricas encontradas en el sedimento arenoso a lo largo de los sondeos. Se han pegado en un portamuestras y realizado un baño de grafito en un turbo metalizador Quorum (modelo Q150T ES). Posteriormente, se han analizado en un microscopio electrónico de barrido (modelo JEOL JSM-6400) que utiliza un haz de electrones para barrer la muestra, creando una imagen ampliada de la superficie de la muestra en un monitor, a una resolución de 100 µm (VON ARDENNE, 1938) (Figura 6).



Figura 6. A la izquierda, vista general de los servicios de microscopía electrónica de barrido. A la derecha, ordenador al que se importan las imágenes del SEM, y donde se obtienen los datos de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX).

Figure 6. On the left, general view of the scanning of electron microscopy services. On the right, the computer where SEM images are imported and where Energy Dispersive X-Ray (EDX) data are obtained.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se ha analizado un total de 43 muestras de sedimento y se han extraído 7.564 comparaciones de foraminíferos (Anexos 1 y 2). En cuanto a la geoquímica, la Tabla 1 presenta los rangos de concentraciones de metales pesados y As determinados en cada una de las estaciones, así como los niveles de referencia que se han utilizado para la clasificación de los sedimentos, correspondientes a las directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas de dominio público marino-terrestre publicadas recientemente (julio de 2015) por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM). En función de sus concentraciones en metales y As, se establecen tres niveles de acción que permiten clasificar los sedimentos en tres categorías: A, B o C. Todas las concentraciones están referidas a la fracción no gruesa del sedimento (inferior a 2 mm) y expresadas sobre materia seca (Anexos 3 y 4).

Categoría	Zn	Pb	Cu	As	Cd	Ni
N.A.A	205	80	70	35	1,2	30
N.A.B	410	218	168	70	2,4	63
N.A.C	1640	600	675	280	9,6	234
Estación						
Galindo	363-1540	77-475	69-280	21-147	0,9-5,3	34-65
Benedicta	241-1500	79-396	62-304	18-157	0,8-14,9	26-29

Tabla 1. Rangos de concentraciones de diferentes metales y As en los sedimentos de las zonas estudiadas y niveles de acción (N.A) propuestos por el CIEM (mg/kg).
Table 1. Ranges of concentration for different metals and As in the sediments of the studied areas and levels of action (N.A) proposed by the CIEM (mg/kg).

Los materiales dragados pertenecientes a la categoría A serán aquellos que estén exentos de caracterización biológica y química, o donde no estando exenta dicha caracterización, la concentración individual o media para todos los contaminantes resulte ser inferior al nivel de acción A, los cuales podrán verse al mar excepto en las zonas de exclusión. Los materiales pertenecientes a la categoría B serán aquellos donde la concentración individual o media para todos los contaminantes resulte ser inferior al nivel de acción B, incluyendo en las mismas aquellos en los que sea superior al nivel de acción B, siempre que los resultados de la caracterización biológica indiquen que presentan una toxicidad negativa para la biota marina. Estos, podrán ser vertidos al mar excepto en las zonas de exclusión y las zonas restringidas. Los materiales pertenecientes a la categoría C serán aquellos en los que la concentración individual o media de al menos un contaminante resulte ser superior al nivel de acción B pero inferior o igual al nivel de acción C y no se hubiera realizado caracterización biológica o los resultados de la misma indique que presentan toxicidad positiva, así como los que superan el nivel de acción C. Excepto en el caso de que se sometan a la adecuada técnica de tratamiento que permita la separación o aislamiento de las fracciones contaminadas, los materiales de categoría C podrán ser reubicados en las aguas del Dominio Público Marino Terrestre únicamente de manera confinada (CIEM, 2015).

3.1. Sondeo Galindo

En los sedimentos analizados en este sondeo se diferenciaron 11 especies de foraminíferos bentónicos (Anexo 1), siendo las especies predominantes en las muestras *Ammonia tepida* (media: 68%, rango: 57-79%) y *Haynesina germanica* (media: 27%, rango: 19-35%). En este sondeo se observa un incremento de foraminíferos desde la base hacia la superficie, sin llegar nunca a ser muy abundantes. En ningún caso se alcanza el número adecuado de individuos para que la muestra sea completamente representativa (300), siendo una constante que en estos materiales aparezcan menos de 100 caparazones (Anexo 1).

La estación de Galindo muestra altas concentraciones en metales pesados, con una clara tendencia a disminuir en los sedimentos más recientes (Figura 7). Los materiales de la parte más baja del sondeo (13,5-20,0 cm) presentan elevadas concentraciones de metales y una baja presencia de foraminíferos. En base a la comparación de estos resultados con los obtenidos durante el estudio de monitorización realizado desde 1997, estos sedimentos parecen haberse depositado antes del año 2004 y podrían corresponder al nivel industrial sin microfauna definido por CEARRETA *et al.* (2002). Sin embargo, en los siguientes niveles (4,5-13,5) el contenido en foraminíferos va en aumento (60-120 individuos/50 gr. de sedimento), pese a que aún existen concentraciones elevadas de metales pesados. Por último, los materiales más superficiales (0-4,5) presentan una mayor abundancia de foraminíferos (140-180/ 50 gr. de sedimento), una mayor diversidad de especies y un descenso de las concentraciones de metales, depositándose posiblemente estos sedimentos a partir de 2008 (tasa de sedimentación de 0,75 cm/año). Todo esto permite definir ahora en Galindo una zona post-industrial, con presencia de microfauna, diferenciada de la industrial con microfauna y la industrial sin microfauna de CEARRETA *et al.* (2002). Pese a todo, a excepción de los últimos 1,5 cm, las concentraciones de Zn, Pb, Cu, As, Ni y Cd superan el nivel de acción B según las nuevas recomendaciones para material dragado (Tabla 1).

Por otra parte, conviene reseñar la elevada correlación negativa ($r > 0,85$) existente entre la abundancia de foraminíferos y las concentraciones de los elementos analizados. Sin embargo, estudios previos indican que la aparición de metales pesados no es el principal factor que determina la abundancia de los foraminíferos sino la concentración de oxígeno en los sedimentos (LEORRI *et al.*, 2008).

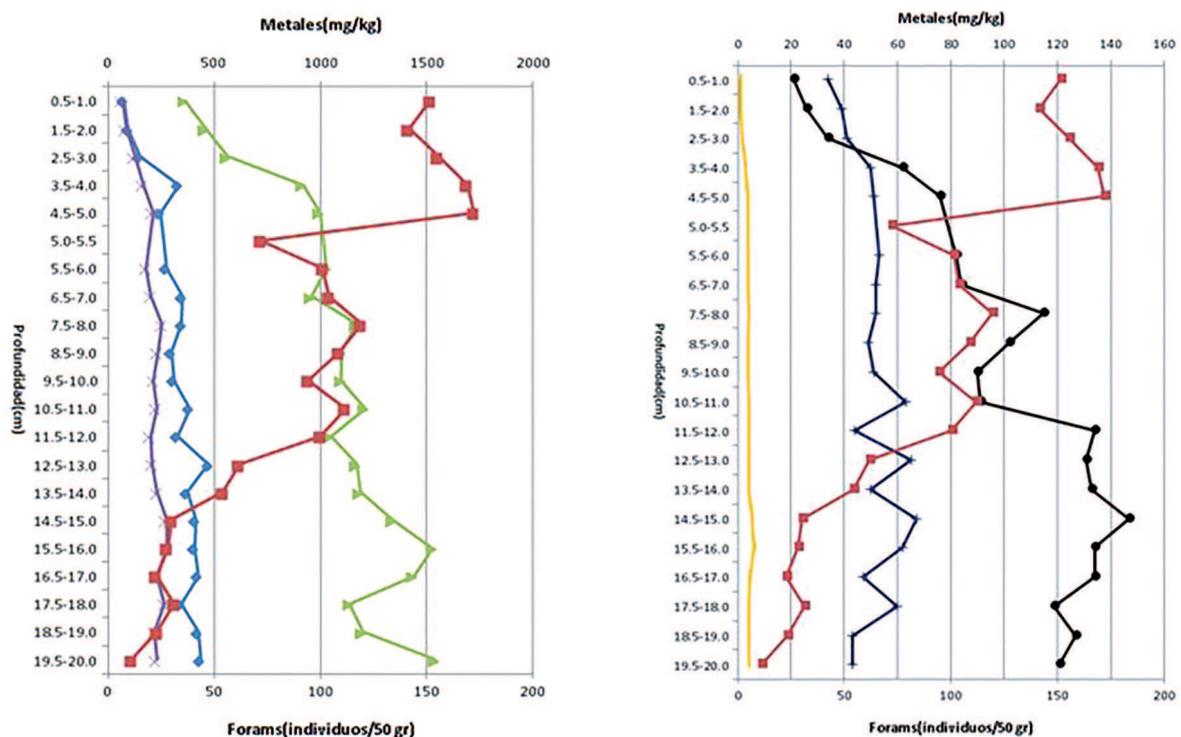


Figura 7. Relación elementos traza vs foraminíferos/50 gr de sedimento en el sondeo de Galindo. Izquierda: Pb, Zn y Cu. Derecha: As, Cd y Ni.

Figure 7. Ratio trace elements relation vs foraminifera/50 g. sediment in the Galindo core. Left: Pb, Zn and Cu. Right: As, Cd and Ni.

Leyenda/Legend: ◆ Pb ▲ Zn × Cu ■ Foras/50 gr + Ni ● As + Cd

Por último, el estudio de las partículas esféricas que aparecen con cierta frecuencia en estos sedimentos indica la existencia de diferencias en su quimismo. La primera partícula analizada, localizada a una profundidad de 14,5-15,0 cm, presenta como componente principal el hierro (Figura 8). La segunda, encontrada a una profundidad de 18,5-19,0 cm (Figura 9) está constituida por Al, Si, Ti, O, K, Na y Fe, mostrando características composicionales similares a las escorias de fundición o de acería (PUERTAS, 1993). Por lo tanto, parece tratarse de partículas artificiales resultado de la herencia de la industria pesada local y no de las partículas esféricas carbonáceas originadas por la quema de combustibles fósiles como se planteó en una hipótesis inicial (MARTINS *et al.*, 2010).

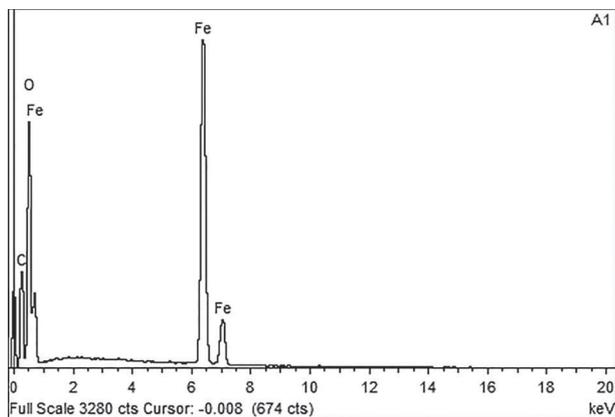


Figura 8. Partícula metálica con elevado contenido en hierro.
Figure 8. Metallic particle with high iron content.

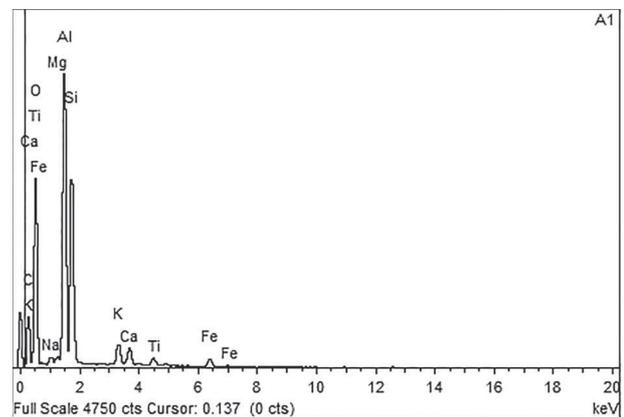


Figura 9. Partícula de fundición con composición multielemental.
Figure 9. Melting particle with multicomponent composition.

3.2. Sondeo La Benedicta

En esta estación, se diferenciaron 12 especies de foraminíferos (Anexo 2), siendo las especies predominantes, *A.tepida* (media: 77%; rango: 66-83%) y *H.germanica* (media: 19%; rango: 5-33). Existe una gran abundancia de foraminíferos a lo largo del sondeo, presentando todas las muestras más de 150 caparazones.

La Benedicta presenta unos niveles de concentración de elementos contaminantes elevados, aunque algo menores respecto a la estación de Galindo (Figura 10). La presencia de foraminíferos es muy constante pese a que los niveles de concentración de metales y As aumenten con la profundidad, comprobando que el perfil que se observa de la distribución de los foraminíferos no presenta una correspondencia con la distribución de metales. Estos materiales han debido depositarse después del año 2000 (20 cm representan como máximo 15 años, 1,2 cm/año aproximadamente), dado que entre los años 1997-2000 apenas se encontraban foraminíferos en esta zona (CEARRETA *et al.*, 2000). Las concentraciones de metales y As en la parte inferior del sondeo (12,0-20,0 cm) son elevadas, similares a las que aparecían en la mayor parte del sondeo de Galindo, encontrando aquí muchos más foraminíferos (entre 150-700 foraminí-

feros/50 gr. de sedimento). Desde la parte media hacia la superficie (de 5,0-12,0 cm) hay un descenso del contenido de metales y los contenidos en foraminíferos se van haciendo más estables (entre 400-600 foraminíferos/50 gr. de sedimento). Finalmente, los últimos 4 cm presentan concentraciones de metales cercanas al nivel de acción A, siendo una zona con abundante microfauna (entre 250-650 foraminíferos/50 gr. de sedimento), por lo que queda definida también en esta estación la presencia de una nueva zona post-industrial con un espesor mayor que en la anterior (Figura 10). A excepción de estos últimos 4 cm, las concentraciones de Zn, Pb, Cu, As, Ni y Cd superan el nivel de acción B (Cd supera incluso el nivel de acción C) según las nuevas recomendaciones para material dragado (CIEM, 2015).

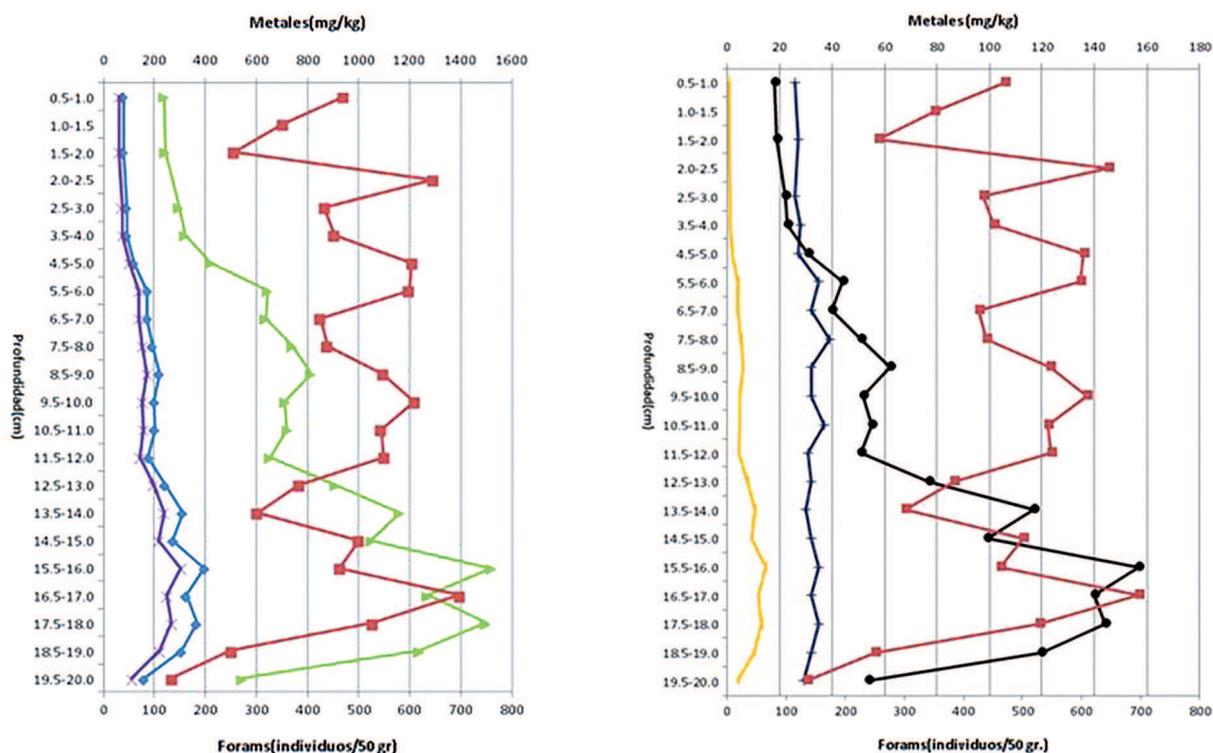


Figura 10. Relación elementos traza vs foraminíferos/50 gr. de sedimento en el sondeo de La Benedicta. Izquierda: Pb, Zn y Cu. Derecha: As, Cd y Ni.
Figure 10. Trace elements relation vs foraminífero/50 gr. sediment in La Benedicta core. Left: Pb, Zn and Cu. Right: As, Cd and Ni.
Leyenda/Legend: ◆ Pb ▲ Zn ✕ Cu ■ Foras/50 gr + Ni ● As — Cd

4.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman una mejora general en la calidad de los sedimentos en la zona inferior de la Ría de Bilbao durante los últimos años, ya que las poblaciones de foraminíferos bentónicos han ido aumentando en los centímetros superficiales, pese a que aún existen niveles moderadamente altos de elementos traza. Estos datos nos permiten definir un nuevo nivel post-industrial, con presencia de abundante microfauna y que continúa enriquecido en metales (sobre todo Zn, Pb y Cu), de un grosor aproximado de 1,5 cm en Galindo y de 4 cm en La Benedicta. Este escaso espesor de la capa superficial menos contaminada ofrece una primera impresión sobre el dilatado lapso de tiempo que podría necesitar este proceso de regeneración ambiental natural, siendo diferente para los casos de Galindo y La Benedicta debido a sus diversas tasas de sedimentación (entre 15 y 20 cm en 20 años). Sin embargo, es importante destacar asimismo que para que se mantenga esta velocidad de regeneración no debería realizarse ninguna intervención humana en los sedimentos de la Ría (por ejemplo, dragados).

Los altos niveles de contaminación en metales presentes en estos sedimentos pueden complicar en gran medida su gestión en el caso de tener que ser removilizados, por lo que parece muy recomendable que se realizaran estudios ecotoxicológicos y de contaminantes orgánicos con el fin de plantear estrategias de gestión adecuadas (confinamiento, tratamiento de contaminantes).

5.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos Antropicosta-El registro sedimentario antropoceno en los medios litorales cantábricos (MINECO, CGL2013-41083-P), Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (Gobierno Vasco, IT767-13), y Unidad de Formación e Investigación en Cuaternario (Universidad del País Vasco UPV/EHU, UFI11/09). Agradezco a los directores del Trabajo Fin de Máster su ayuda durante la realización del mismo y al técnico de laboratorio de microscopia electrónica de barrido, Sergio Fernández.

6.- BIBLIOGRAFÍA

ALMUNIA, J.

1975 Antigua industria del Hierro. *Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos*, 12, 1-52. Bilbao.

ARDENNE von, M.

1938 Das Elektronen-Rastermikroskop. Theoretische Grundlagen. *Zeitschrift für Physik*, 109 (9-10): 553-572.

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

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

CEARRETA, A.

1998 Transformación ambiental de la Ría de Bilbao. *Reflexiones Para un Atlas Medioambiental de la Ría de Bilbao*, 25-33. Ayuntamiento de Bilbao.

1992 Cambios ambientales en la Ría de Bilbao durante el Holoceno. *Cuadernos de Sección de Eusko Ikaskuntza (Historia)*, 20, 435-454. Donostia.

CIEM (Comisión Interministerial de Estrategias Marinas).

2015 Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre. En http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/directrices2015_tcm7-325119.pdf

GARCIA DE CORTAZAR, F., MONTERO, M.

2011 *Historia de Vizcaya: De los orígenes, la Edad Media, el Antiguo Régimen a los siglos XIX y XX*. Editorial Txertoa. 112-241. Donostia-San Sebastián.

GARCIA MERINO, V.

1981 Ría, puerto exterior, superpuerto: tres etapas en la proyección de Bilbao hacia el mar. *Lurralde: investigación y espacio* N. 4, 129-166.

GONZALES PORTILLA, M.

2007 *Las ciudades "mineras" de la Ría de Bilbao durante el boom minero: inmigración, capital humano y mestizaje*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea. 37-116. Zarautz (Guipuzkoa).

LEORRI, E., CEARRETA, A., IRABIEN, M.J., 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, 12-27.

MARTINS, C.C., BÍCEGO, M.C., ROSE, N.L., TANIGUCHI, S., LOURENCO, R.A., FIGUEIRA, R.C.L., MAHIQUES, M.M., MONTONE, R.C.

2010 Historical record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in marine sediment cores from Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Environmental Pollution*, 158, 192-200.

MURRAY, J.W.

1979 British nearshore foraminiferids. Synopsis of the British fauna (new series). *Academic Press*, 16, 1-68. London.

PUERTAS, F.

1993 Escorias de Alto horno: Composición y comportamiento hidráulico. *Materiales de Construcción*, Vol. 43, nº 229, 37-48. CSIC, España.

RUIZ, V.

2014 Calidad ambiental de los sedimentos de la Ría de Bilbao: Evidencias micropaleontológicas y geoquímicas. CKQ. *Estudios de Cuaternario*, 5, 141-146.

Muestra	Profundidad(cm)	Peso(gr)	%Arena	%Finos	A. tepida	H. germanica	E. williamsoni	F. oceanensis	F. crispum	C. lobatulus	R. anomala	Q. seminula	Q. bicorvis	A. mamilla	B. elongata	B. gibba	Nº individuos	Nº especies	%alóctonos	%Porcelanáceos	%Hialinos
1	0,5-1,0	19,8	7,92	92,08	66,67	31,72		0,54		1,07							186	4	1,07		100
2	1,0-1,5	24,06	7,52	92,47	82,84	4,88		2,36									169	3			100
3	1,5-2,0	22,7	7,61	92,39	67,24	32,75											116	2			100
4	2,0-2,5	24,19	8,18	91,81	89,71	8,26		1,29								0,32	311	4	0,32		100
5	2,5-3,0	35,7	12,68	87,32	74,43	22,29		1,64		0,33						0,98	305	5	1,31		100
6	3,5-4,0	35,2	17,24	82,76	79,74	15,43	0,64	3,21		0,64					0,64		311	6	1,28		100
7	4,5-5,0	26,4	21,37	78,63	76,90	19,47	0,66	1,65		0,66						0,66	303	6	1,32		100
8	5,5-6,0	26,6	22,49	77,51	73,84	22,51	0,33	2,65		0,33						0,33	302	6	0,66		100
9	6,5-7,0	37,1	23,97	76,03	75,33	19,41	0,99	3,62								0,33	304	5	0,33		100
10	7,5-8,0	36,6	22,95	77,05	70,13	22,73	0,32	2,92		0,32		0,32				0,32	308	7	0,64	0,32	99,68
11	8,5-9,0	28,7	19,31	80,69	77,08	20,26		2,32								0,33	301	4	0,33		100
12	9,5-10,0	25,8	18,20	81,80	76,08	22,59	0,66	1,99			0,33						301	5	0,33		100
13	10,5-11,0	31,2	19,63	80,37	75,08	23,64	0,96	2,87	0,32			0,32					323	6	0,32	0,32	99,68
14	11,5-12,0	30,6	19,38	80,62	83,44	13,75	0,31	2,50									320	4			100
15	12,5-13,0	40,8	21,89	78,11	83,33	13,33	1,00	2,33									300	4			100
16	13,5-14,0	51,7	13,21	86,79	79,41	16,08	0,32	1,61		0,96				0,32		0,96	311	7	2,24		100
17	14,5-15,0	32,4	17,88	82,12	82,64	13,93	0,32	2,25		0,64		0,64	0,32				311	7	0,96	0,96	99,04
18	15,5-16,0	34,1	15,29	84,71	75,57	20,19	0,32	3,26		0,65	0,32	0,32					307	7	1,28	0,32	99,68
19	16,5-17,0	23,3	14,45	85,55	83,38	12,54	0,31	1,57		1,88		0,31					319	6	1,88	0,31	99,68
20	17,5-18,0	26,4	9,55	90,45	81,00	14,33		1,43		2,15		0,36			0,36		279	6	2,51	0,36	99,64
21	18,5-19,0	29,3	7,86	92,14	75,51	22,45		2,04									147	3			100
22	19,5-20,0	87,4	7,43	92,57	72,34	25,96		0,85				0,42					235	4		0,42	99,64

Anexo 2. Tabla de resultados micropaleontológicos del core La Benedicta.
Annex 2. Table of micropaleontological results of the La Benedicta core.

Profundidad (cm)	Zn	Pb	Cu	As	Cd	Ni
0,5-1,0	363	77	69	21	0,9	34
1,5-2,0	459	97	87	26	1,1	39
2,5-3,0	565	153	128	34	1,7	41
3,5-4,0	919	336	168	62	3,1	50
4,5-5,0	998	249	212	76	3,9	51
5,5-6,0	1030	279	183	82	3,7	53
6,5-7,0	959	351	205	84	3,7	52
7,5-8,0	1170	349	257	115	4,1	52
8,5-9,0	1100	299	236	102	3,7	49
9,5-10,0	1100	314	217	90	3,8	51
10,5-11,0	1210	386	230	91	4	63
11,5-12,0	1050	330	203	134	4	44
12,5-13,0	1170	475	211	131	4,1	65
13,5-14,0	1190	376	234	133	4,2	50
14,5-15,0	1340	413	276	147	5,3	67
15,5-16,0	1530	408	280	134	6	62
16,5-17,0	1440	426	232	134	4,6	47
17,5-18,0	1140	344	268	119	4	60
18,5-19,0	1200	427	222	127	4,3	43
19,5-20,0	1540	437	231	121	4	43

Anexo 3. Concentraciones de metales pesados y As (en mg/kg) en el core de Galindo.

Annex 3. Concentrations of heavy metals and As (mg/kg) in the Galindo core.

Profundidad (cm)	Zn	Pb	Cu	As	Cd	Ni
0,5-1,0	241	79	62	18	0,8	26
1,5-2,0	244	79	63	19	0,8	27
2,5-3,0	297	94	73	22	1,2	26
3,5-4,0	320	93	77	23	1,2	28
4,5-5,0	423	120	103	31	2,1	27
5,5-6,0	645	173	140	44	3,9	35
6,5-7,0	635	173	139	40	4,1	32
7,5-8,0	740	194	154	51	5,2	39
8,5-9,0	814	222	173	62	6,1	32
9,5-10,0	712	200	155	52	5	32
10,5-11,0	721	201	159	55	4,9	37
11,5-12,0	656	177	146	51	4,5	31
12,5-13,0	910	242	198	77	7,6	32
13,5-14,0	1160	311	238	117	10,8	30
14,5-15,0	1050	273	217	99	9,3	32
15,5-16,0	1520	396	304	157	14,9	35
16,5-17,0	1270	327	250	140	12,1	32
17,5-18,0	1500	367	267	144	13	35
18,5-19,0	1240	308	222	120	10,4	32
19,5-20,0	546	162	114	54	4,2	29

Anexo 4. Concentraciones de metales pesados y As (en mg/kg) en el core de La Benedicta.

Annex 4. Concentrations of heavy metals and As (mg/kg) in the La Benedicta core.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	89-106	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	--------	-------	------	----------------

Configuración espacial de los monumentos megalíticos de la Rioja a través de sistemas de información geográfica*

Spatial configuration of the megalithic monuments of la Rioja through geographic information systems

PALABRAS CLAVES: Estación megalítica, dolmen, Arqueología del Paisaje, SIG, distribución territorial, emplazamientos, Cameros' range.

KEY WORDS: Megalithic station, dolmen, Landscape Archeology, GIS, Territory distribution, location, Cameros.

Marta PÉREZ ANGULO⁽¹⁾

RESUMEN

En este estudio analizaremos mediante el uso de herramientas de modelización del espacio (SIG) la función de los elementos megalíticos en el paisaje y su asociación a otros elementos como caminos o vías pecuarias. Pese a que la tradición trashumante tendrá un desarrollo bastante posterior en el tiempo, se ha observado la coincidencia del trazado de estas vías con la ubicación de megalitos, sugiriendo cómo estos pudieron haber sido parte importante de la parcelación y delimitación del territorio.

ABSTRACT

In this paper we'll analyse by space modeling tools (GIS), the function of megalithic elements in the landscape and its association with other elements such as roads or cattle trails. Despite trashumant tradition will have a much later development over time, there has been marked the coincidence between the path of these cattle routes with the megalithic location, suggesting how these could have been an important part of the division and delimitation of our territory.

1.- INTRODUCCIÓN

A lo largo del V milenio BC en fechas calibradas en prácticamente toda la fachada atlántica y el norte de la Península Ibérica comienzan a manifestarse un gran número de construcciones funerarias, adaptadas para la sucesiva introducción de restos humanos durante amplios espacios de tiempo. Las sociedades que los erigieron se vieron sometidas en los milenios precedentes a una profunda reestructuración en sus formas de vida, abandonando los sistemas de caza y recolección, e introduciendo de forma progresiva la agricultura y la ganadería. De esta forma establecerán un nuevo marco de relaciones con el medio, haciendo visible la huella humana sobre el territorio de forma mucho más tangible.

1.1. Contexto geográfico

Nuestro trabajo analiza dos áreas pertenecientes a las provincias de Álava y La Rioja: la zona de piedemonte de la Rioja Alavesa, y la sierra de la región de Cameros (fig. 1).

La Rioja Alavesa, localizada en la zona meridional del territorio histórico alavés, se encuentra acotada por las Sierras de Codés, Cantabria y Toloño al norte; y el cauce del río Ebro al sur. La Sierra de Cantabria se define como una estrecha cadena montañosa formada por un farallón calizo de época cretácica, entre el cual se intercalan, fruto del cabalgamiento sub-pirenaico, conglomerados terciarios formados por cantos de arenisca y cuarcita. La depresión del Ebro, límite septentrional, está constituida por planos inclinados hacia el sur, con suaves pendientes entre las tierras elevadas en el piedemonte de la sierra, y las más próximas al río, configurando mesetas y altozanos que no sobrepasan los 700 m.s.n.m. (OLLERO y ORMAETXEA, 1997).

⁽¹⁾Dirección universitaria: Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco. C/Francisco Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz. mperezangulo@hotmail.es

Directores: José Miguel Edeso Fito y José Antonio Mujika Alustiza

*Mención especial a la Memoria de Trabajo Fin de Máster más relevante del curso 2014-15 concedida por la Comisión Académica del Máster en Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana.



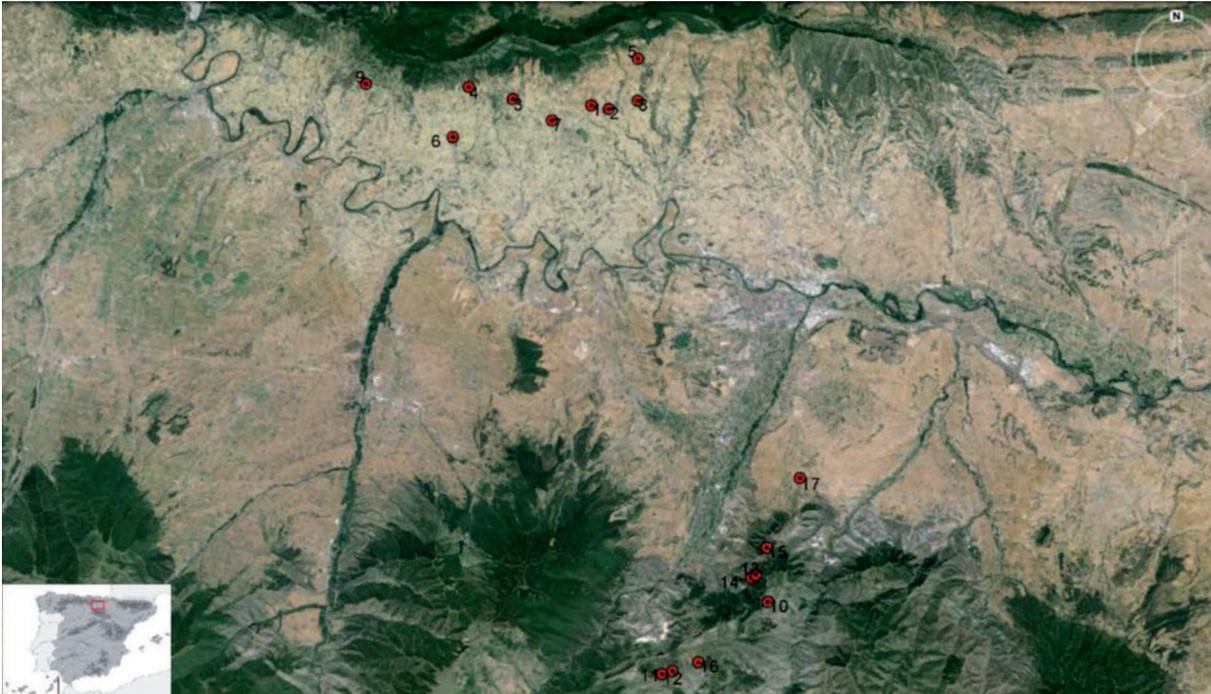


Figura 1. Localización de las estaciones megalíticas: 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja, 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

Figure 1. Location of the Megalithic stations: : 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja, 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

La estación megalítica de la Rioja Alavesa se ubica entre la ribera izquierda del Ebro y sus afluentes, y la sierra de Cantabria. Se trata de una zona densamente poblada desde cronologías neolíticas antiguas, como así lo atestiguan los yacimientos de habitación de Peña Larga, Los Husos I y II o San Cristóbal; o funerarios como San Juan ante *Portam Latina* (FERNÁNDEZ y MUJICA, 2013).

La Sierra de Cameros se localiza en la vertiente nor-occidental del Sistema Ibérico. Consiste en una alineación montañosa de dirección suroeste-noreste, cuya línea de cumbres coincide con la división administrativa de las provincias riojana y soriana. Está delimitada hidrográficamente por las cuencas altas y medias de los ríos Leza e Iregua, presentando altitudes que oscilan entre 600 y 2.000 m. aproximadamente. El paisaje se define mediante una sucesión de cimas alomadas y vertientes suaves, formado por materiales cretácicos, conglomerados cuarcíticos, calizas, areniscas y arcillas.

La estación megalítica camerana se encuentra en el cordal montañoso que separa las cuencas de los ríos Iregua y Leza, a una altitud de entre 900 y 1.200 m.s.n.m. Al igual que la zona de la Sonsierra, los paisajes cameranos estarán intensamente antropizados, marcados en este caso por la implantación de un sistema económico que giraba en torno a la ganadería trashumante y el Honrado Concejo de la Mesta (LÓPEZ DE CALLE y TUDANCA, 2014).

1.2. Historia de las investigaciones

El estudio del megalitismo en La Rioja Alavesa cuenta con una dilatada tradición desde principios del siglo pasado, a raíz del descubrimiento en 1935 por parte de A. de Cortázar del dolmen de la Chabola de la Hechicera. A partir de los años cuarenta y tras el hiato que marcó la Guerra Civil, las investigaciones se reanudaron marcadas por la excavación de este monumento y por la figura de D. Fernández Medrano. En solitario o con J. M. de Barandiarán y J. M. Apellániz, realizaron una serie de intervenciones durante la década de los años cincuenta en gran parte de las arquitecturas funerarias de La Rioja Alavesa: El Encinal, Layaza, el Alto de la Huesera, El Sotillo y San Martín; marcando una importante y fecunda etapa en el estudio de las manifestaciones dolménicas del territorio que nos ocupa.

Será J. M. Apellániz (1974) quien intervenga también en la zona, excavando el abrigo de Los Husos I a partir de 1965, y dando lugar a una de las principales ordenaciones de la Prehistoria con cerámica en el País Vasco. Con el empleo de un esquema de sesgo cultural, describe la presencia de dos Grupos Culturales de origen étnico, denominados como Grupo de Los Husos y Grupo de Santimamiñe, por ser éstos los yacimientos estratificados en los que mejor aparecen representados sus vestigios. Esta visión dual, explicaba cómo durante la prehistoria con cerámica vasca, la divisoria de aguas ejercía una frontera entre dos grupos culturales muy diferenciados: al norte se encontraba el Grupo de Santimamiñe, considerado el origen y linaje del pueblo vasco. De raza pirenaica-occidental, presentaba un bajo estado de mestizaje a lo largo de toda su historia; mientras que al sur aparecía el de Los Husos, con un alto grado de mezcla con la raza mediterránea grácil y en estrecha relación con los dólmenes del valle del Ebro.

Gracias a la introducción en los últimos años de nuevas técnicas de estudio y análisis, tales como dataciones radiocarbónicas, estudios palinológicos, de procedencia de materias primas, etc., así como al incremento del número de excavaciones en abrigos (Peña Larga, Los Husos I y II, Peña Parada (ERASO, 2010)) y dólmenes (Los Llanos), se ha revisado el desarrollo del proceso de neolitización en la zona, así como la división étnica de Apellániz, proporcionando datos más acordes al resto de territorios. Por último, desde el año 2010, J. Fernández Eraso y J. A. Mujika dirigirán un equipo multidisciplinar encargado de actuar sobre la estación dolménica de La Rioja Alavesa, re-excavando, restaurando y poniendo en valor el conjunto megalítico.

El estudio de las manifestaciones megalíticas en La Rioja es cronológicamente mucho más tardío. Las investigaciones más antiguas referidas a la prehistoria riojana se remontan a la documentación de diferentes cuevas sepulcrales a principios del siglo XX, circunscritas la mayoría al valle del Iregua.

El periodo comprendido entre los años 60 y 80 será el momento en que por primera vez la investigación del fenómeno megalítico riojano cobrará gran importancia, destacando las figuras de C. L. Pérez Arrondo, J. M. Rodanés Vicente (PÉREZ y RODANÉS, 1979; PÉREZ, 1987) y C. López de Calle (PÉREZ y LÓPEZ DE CALLE, 1988, 1995), quienes plantearán el estudio sistemático de los dos principales núcleos asociados al fenómeno dolménico: Nalda –dólmenes de Peña Guerra I y II- y Viguera -Collado Palomero I y II y Portillo de los Ladrones-; superando de esta forma la tradicional frontera megalítica del Ebro y planteando nuevas relaciones con la Meseta (Burgos) y la estación alavesa.

Los resultados obtenidos en estos estudios quedarán plasmados en la realización de una serie de tesis doctorales cuyo tema principal girará en torno a los sepulcros megalíticos de la cuenca alta y media del Ebro (LÓPEZ DE CALLE, 1993; NARVARTE, 2005).

1.3. Objetivo

El objetivo de esta investigación es comprobar si en la selección y emplazamiento de los dólmenes entraron en juego factores más allá del sentido ritualista que estas estructuras pueden llevar intrínseco, como por ejemplo creencias sobre la idoneidad del emplazamiento o el papel que ejercerían como hitos territoriales en relación con la gestión económica del entorno, o si por el contrario su distribución es aleatoria o escapa a nuestra actual comprensión del medio y su explotación.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Las estaciones megalíticas

Se han seleccionado para este trabajo un total de 17 dólmenes (ver tabla I), agrupados en dos estaciones megalíticas: La Rioja Alavesa, considerada tradicionalmente como una estación de valle; y Cameros, identificada con una estación de montaña.

La estación riojano-alavesa está compuesta por 9 dólmenes: Alto de la Huesera, Chabola de la Hechicera, El Sotillo, Layaza, Los Llanos, Montecillo, San Martín, El Encinal, y La Cascaja, ubicados en la zona de piedemonte, lugar que permite a sus constructores un fácil acceso a los recursos naturales tanto del valle, como de la sierra, posibilitando de esta manera una gestión eficiente de un amplio territorio. Basado en la tipología seguida por J. M. Apellániz, J. J. Vivanco (1981) los clasifica como

Monumento	Altura	NMI	Orientación	Material dolmen	Morfología
Alto de la Huesera	625	64	SE	Arenisca y bloques de caliza	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
Chabola de la Hechicera	620	39	SE	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
El Sotillo	600	13	S	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
Layaza	680	2	SE	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
Los Llanos	684	100	S	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
Montecillo	510	1	SE	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
San Martín	600	21	S	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
El Encinal	595	\	S	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
La Cascaja	625	31	SE	Arenisca	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
La Atalayuela	430	70-80	\	Arenisca	Fosa inhumación
Collado del Mallo	1146	\	E	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro de corredor con atrio y cámara poligonal
Collado Palomero I	1100	15	SE	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro de corredor con cámara poligonal
Collado Palomero II	1212	Escasos	\	Arenisca ligeramente carbonatada	Túmulo simple con fosa central contorneada de lajas
Peña Guerra I	1050	17	SE	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro de corredor
Peña Guerra II	950	29	E	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro de corredor con cámara excéntrica
Portillo de los Ladrones	1310	\	\	Arenisca	Fosa bajo túmulo
Fuente Morena	1245	5	SE	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro circular simple
Uñón	670	15	S	Arenisca ligeramente carbonatada	Sepulcro de corredor

Tabla 1. Datos generales de los megalitos (modificado de VIVANCO, 1981).

Table 1. General megalithic data base (modified from VIVANCO, 1981).

sepulcros de corredor. Estos megalitos presentan grandes cámaras poligonales formadas por entre 6 y 10 ortostatos y corredores bien diferenciados, en algunos casos segmentados (Chabola de la Hechicera, El Encinal o La Cascaja), además de amplias estructuras tumulares. La materia prima es arenisca de sustrato local, aunque conviene resaltar la presencia de bloques de calizas traídas de la zona de sierra en la configuración del túmulo del Alto de la Huesera (FERNÁNDEZ y MUJIKÁ, 2011).

Gracias a las dataciones absolutas y a su correlación con las fechas relativas atribuibles al ajuar, la construcción del conjunto, según J. Fernández Eraso y J. A. Mujika Alustiza (2013) podría situarse en



Figura 2. Estación megalítica de La Rioja Alavesa: 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja.

Figure 2. Rioja Alavesa megalithic station: 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja.

el Neolítico Medio-Final, hacia finales del 5.100-4.800 BP en fechas sin calibrar, manteniendo su uso funerario hasta el Bronce Final. Sin embargo, los ritmos de utilización de cada monumento serán muy variables, caracterizados por fases de incremento en los enterramientos identificados durante el Calcolítico y Bronce Antiguo –episodios concretos de mayor mortandad, aumento poblacional en los asentamientos, incremento demográfico, aumento del territorio a explotar...– e hiatos, marcados por el abandono e incluso clausura de alguno de los monumentos (San Martín, El Sotillo y Los Llanos), probablemente debido a la atenuación de la explotación del entorno. Esta ocupación tan escalonada responde a diferentes hipótesis relacionadas con la variabilidad demográfica, la gestión de los recursos así como las particulares circunstancias de los diferentes grupos humanos.

La estación camerana está compuesta por 8 dólmenes: Collado del Mallo, Collado Palomero I y II, Peña Guerra I y II, Portillo de los Ladrones, Fuente Morena y Uñón, ubicados en las zonas más elevadas de los cordales, generalmente un poco por debajo de las cumbres, coincidiendo con la divisoria de aguas. Una de las características más acusadas de esta estación, frente a la reiteración de sepulcros de corredor en La Rioja Alavesa, es su polimorfismo. Junto a soluciones más repetidas como sepulcros simples (Fuente Morena) o sepulcros de corredor (Peña Guerra I, Collado del Mallo) aparecen otras morfologías mucho menos habituales, como la presencia de dos cámaras (Peña Guerra II), atrio de acceso (Collado Palomero I), o la falta de componentes megalíticos propiamente dichos que delimiten cámaras funerarias (Portillo de los Ladrones y Collado Palomero II). Esta heterogeneidad formal es una respuesta a una realidad muy diversa desde momentos tempranos, así como a la adecuación de estas arquitecturas a la variabilidad de las soluciones funerarias registradas. (LÓPEZ DE CALLE e ILARRAZA, 1997a).

La edificación primaria de los monumentos cameranos se produce en torno al primer tercio del 4.600 BP en fechas sin calibrar. Sin embargo, la presencia de paleosuelos y estratos subyacentes a algunos de los conjuntos funerarios, permite plantear diferentes hipótesis sobre la existencia y el carácter de primitivas ocupaciones en este territorio (ANDRÉS, 1997; LÓPEZ DE CALLE e ILARRAZA, 1997b). Al igual que ocurre en la zona del Ebro, los patrones de ocupación de los dólmenes de la sierra de Cameros van a estar marcados por diferentes etapas de uso y abandono, que gracias al apoyo de dataciones absolutas, concuerdan con la periodización establecida por T. Andrés (1997).

2.1. Métodos

La metodología empleada ha consistido, por una parte en el manejo de herramientas de modelización (SIG), y por otra, una búsqueda bibliográfica de carácter etnográfico e histórico sobre la tradición trashumante.

La principal herramienta empleada han sido las tecnologías de información geográfica y análisis arqueológico del territorio, en concreto QGIS, un software específico que ha permitido analizar, representar e integrar la información geográfica referenciada asociada a los dos territorios estudiados, facilitando la visualización de los datos obtenidos en una serie de mapas, gracias a los cuales hemos podido relacionar fenómenos geográficos en asociación con el territorio, así como determinar las distancias entre los distintos emplazamientos, su posición topográfica y su relación con el resto de variables que articulan el territorio.

Esta herramienta, junto con el empleo de datos LIDAR obtenidos de la página web del Instituto Geográfico Nacional (Hojas: 170, 171, 204, 240, 241), del Gobierno Vasco y del Gobierno Riojano, nos ha permitido generar modelos de elevaciones, mapas de orientaciones, pendientes y cuencas visuales, gracias a los cuales hemos realizado un análisis detallado de la distribución del entorno, la caracterización de los tipos de emplazamiento, su relación con el paisaje a nivel macroespacial, y la propia relación entre los diferentes monumentos.

De forma sincrónica, hemos realizado un vaciado bibliográfico orientado a localizar las memorias de excavación de cada uno de los dólmenes estudiados, realizando una base de datos con el fin de profundizar en su conocimiento y observar las relaciones entre ellos. Posteriormente, hemos efectuado una búsqueda de bibliografía de carácter etnográfico para poder analizar las dimensiones de la tradicional práctica del pastoreo en las provincias riojana y alavesa.

3.- RESULTADOS

3.1. Posición topográfica

Con respecto a su posición topográfica, podemos observar como ésta no es aleatoria. En La Rioja Alavesa, los dólmenes se encuentran localizados en diferentes rellanos de laderas con pendientes máximas del 55%, y una altitud media de 625 m. caracterizada por la homogeneidad (desde El Montecillo con 510 m. hasta Layaza, con 680 m.).

Esta estación tiene el acceso cercano a agua prácticamente garantizado durante todo el año, debido que todos los dólmenes se encuentran a una distancia de entre 320 m. y 2.574 m. a diferentes arroyos que jalonan el territorio desde la sierra hasta su desembocadura en el Ebro (ver Anexo I). Asimismo, la distancia al Ebro en ninguno de los casos supera los 10.000 m., siendo el dolmen de El Montecillo el más cercano, a una distancia de 3.181 m. y Los Llanos el más alejado, a 8.545 m. Igualmente cabe destacar la cercanía a las actuales lagunas de Carralagroño y Carravalseca, así como a dos antiguas lagunas actualmente colmatadas, una a los pies de Laguardia y otra en los alrededores de El Encinal. De esta forma quedaría cubierto el suministro de agua, tanto para consumo humano como animal.

Destaca la relación entre la estación y los principales pasos y picos más elevados de la sierra, caracterizada por unas distancias que oscilan entre los 2.560 m. desde La Cascaja al Pico Atxabal (1.171m.) y 4.870 m. desde El Encinal al Pico San Tirso (1.234 m.).

La estación de Cameros se sitúa en una posición dominante dentro de la sierra, en la divisoria de aguas de los ríos Leza e Iregua. Los sepulcros se localizan sobre el cordal montañoso, ligeramente por debajo de las cumbres, en collados o portillos ubicados entre dos puntos más elevados, en zonas de paso o en espolones. En este caso, las propias condiciones topográficas del entramado montañoso inciden de forma significativa a la hora de determinar la altura de los megalitos, ya que se observa una clara preferencia por puntos planos o de escaso desnivel, traduciéndose en valores altimétricos bastante heterogéneos comprendidos entre 670 m. (Uñón) y 1310 m. (Portillo de los Ladrones), a diferencia de lo observado en La Rioja Alavesa.

En Cameros el acceso a cursos permanentes de agua está también garantizado, ya que las distancias, tanto al río Leza como al Iregua no superan los 5.500 m., siendo el más alejado Collado Palomero II del río Leza. Además, la distancia a las cabeceras de los arroyos que desembocan en ambos ríos, en ninguno de los casos supera los 2.000 m.

Ambas estaciones presentan una dinámica bastante lineal, en dirección Este-Oeste la riojano-alavesa, y en dirección Noreste-Suroeste la camerana, siguiendo de esta manera las principales alineaciones montañosas, y garantizando el acceso a recursos hidrográficos permanentes.

3.1. Orientación

Con respecto a las orientaciones dominantes de los emplazamientos, predominan las del cuadrante Sureste y Este (ver tabla I), representando el 70'58% del total. Muy probablemente, los dólmenes se situaban en los alrededores de los asentamientos humanos, los cuales tenían unos patrones espaciales bastante definidos: zonas más o menos protegidas de los rigores climatológicos, soleadas, cálidas, y con un suministro de agua, tanto para consumo humano como animal, garantizado.

3.2. Análisis de cuencas visuales

El aspecto visual en los monumentos ha sido entendido tradicionalmente como un factor relevante debido a los grandes túmulos sobre los que se asentaban, o la presencia en los mismos de materiales destacados traídos desde puntos alejados (Alto de la Huesera). Sin embargo, hemos podido comprobar cómo estos dólmenes son monumentos que presentan ciertas dificultades a la hora de divisarlos. Su localización visual desde la lejanía sólo es posible cuando se conoce la existencia de los mismos, quedando plenamente mimetizados con el terreno. Es por ello, que basándonos en anteriores experiencias en las que se ha comprobado que la intervisibilidad de los monumentos resulta reducida (EDES0 y MUJIKÁ, 2012), hemos considerado el análisis de cuencas visuales como algo prescindible para nuestro estudio.

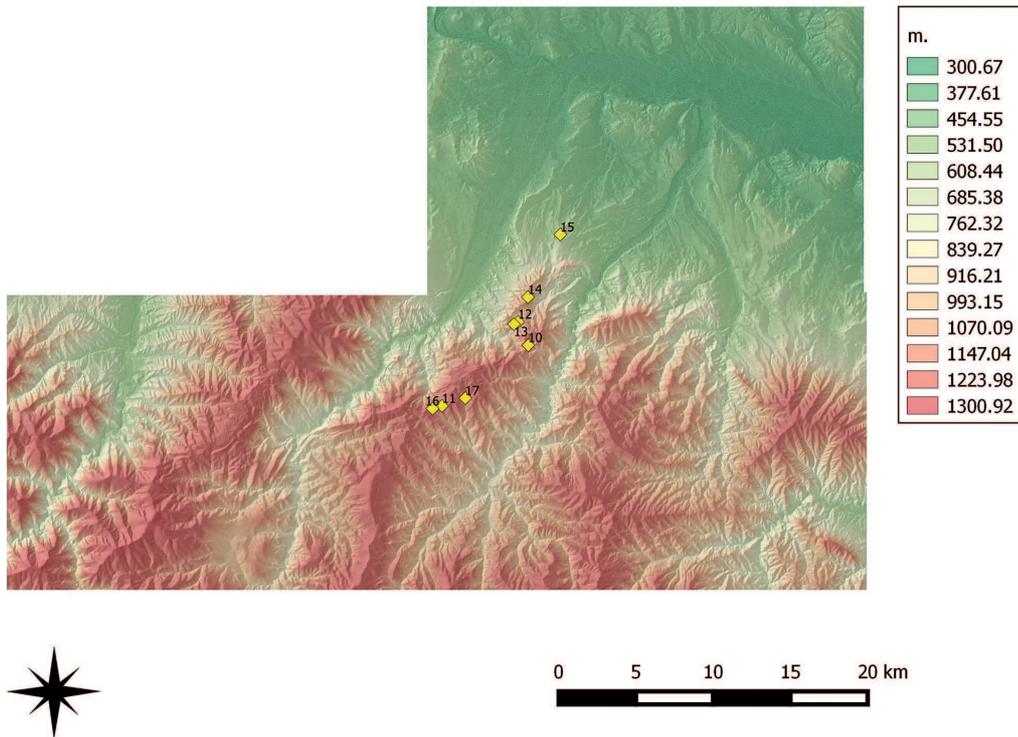


Figura 3. Estación megalítica de Cameros: 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

Figure 3. Cameros megalithic station: 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

3.3. Distancias entre megalitos

Las distancias entre los monumentos ponen de manifiesto una cierta regularidad en la distribución de la mayoría (ver tabla II). Los megalitos de La Rioja Alavesa presentan una distancia aproximada de 2.400-3.800 m. Sin embargo, destaca el intervalo entre los dólmenes de Layaza, el Montecillo y la Cascaja, con el doble de distancia entre ellos (5.120 m).

Los monumentos de Cameros responden a una dinámica muy similar, aunque a primera vista su distribución parece más caótica. La distancia media entre la mayoría de los dólmenes es de 1.600-1.800 m. presentando un vacío central entre Collado del Mallo y Fuente Morena (5.342 m.).

Contrasta altamente con otras estaciones estudiadas en Gipuzkoa (EDES0 y MUJKA, 2012:99), donde se observan situaciones distancias según la estación megalítica, pero donde por lo general las distancias son inferiores a los 1.500 m.

3.4. Área de influencia

A la hora de calcular aproximadamente el área de influencia de cada megalito, hemos efectuado un análisis de "buffer", estableciendo un corredor circular con la media de la distancia entre cada uno de los dólmenes (ver Anexo II).

En el caso de la estación riojano-alavesa, comprobamos que se produce una gran cantidad de solapamientos, especialmente entre los dólmenes centrales: San Martín, el Alto de la Huesera, Chabola de la Hechicera, el Sotillo y el Encinal, quedando los sepulcros de Layaza, el Montecillo y los Llanos en un área ligeramente más periférica.

En la estación de Cameros, comprobamos de nuevo que se producen gran cantidad de solapamientos, cubriendo una parte significativa del territorio de La Rioja.

Monumento 1	Monumento 2	Distancia (m.)
Huesera	Chabola	1049,03
	San Martín	2457,64
	El Encinal	2737,53
	Los Llanos	3863,15
	Sotillo	4600,8
	Layaza	7222,99
	Montecillo	68314,74
	Cascaja	13235,96
Chabola	El Encinal	1759,21
	Los Llanos	3387,8
	San Martín	3393,64
	Sotillo	5645,08
	Layaza	8271,12
	Montecillo	9285,59
	Cascaja	14280,76
Sotillo	San Martín	2619,5
	Layaza	2645,75
	Montecillo	4165,92
	El Encinal	7308,37
	Los Llanos	7682,48
	Cascaja	8635,67
Layaza	Montecillo	3034,75
	San Martín	5222,7
	Cascaja	6032,07
	El Encinal	9899,56
	Los Llanos	10021,02
Los Llanos	El Encinal	2451,25
	San Martín	6190,13
	Montecillo	11763,16
	Cascaja	15972,85
Montecillo	San Martín	5893,82
	Cascaja	5939,71
	El Encinal	11037,6
San Martín	El Encinal	5149,83
	Cascaja	11092,59
El Encinal	Cascaja	15928,66

Monumento 1	Monumento 2	Distancia (m.)
Collado del Mallo	Peña Guerra II	1656,37
	Peña Guerra I	1665,64
	Portillo de los Ladrones	3138,06
	Fuente Morena	5342,53
	Collado Palomero I	6844,24
	Collado Palomero II	7449,62
	Uñon	7508,55
Collado Palomero I	Collado Palomero II	638,04
	Fuente Morena	1589,99
	Collado del Mallo	6844,24
	Peña Guerra II	7077,33
	Peña Guerra I	7369,77
	Portillo de los Ladrones	9017,45
Peña Guerra I	Uñon	13546,29
	Peña Guerra II	307,51
	Portillo de los Ladrones	1733,65
	Fuente Morena	6039,21
	Uñon	6312,28
Peña Guerra II	Collado Palomero II	7918,02
	Portillo de los Ladrones	1985,75
	Fuente Morena	5762,25
	Uñon	6569,93
Portillo de los Ladrones	Collado Palomero II	7621,67
	Uñon	4548,18
	Fuente Morena	7740,2
Uñon	Collado Palomero II	9542,22
	Fuente Morena	12315,73
Collado Palomero II	Collado Palomero II	14044,59
	Fuente Morena	2227,64

Tabla 2. Distancias entre los monumentos.

Table 2. Distance between monuments.

4.- DISCUSIÓN

Con la información obtenida, podemos afirmar que la distribución de los elementos megalíticos en ambos territorios no es aleatoria, sino que responde a estrategias de actuación preconcebidas para la gestión de los recursos naturales del territorio, así como a una organización y conocimiento del medio que les rodea, y en especial de su potencialidad económica.

La ubicación de los dólmenes riojano-alaveses en la zona de piedemonte, permite un acceso sencillo, por una parte, a la zona de la sierra, y por otra al valle del Ebro. Esta situación sería ventajosa para el transporte de ganado a la zona de pastos de la sierra. Efectivamente, esta hipótesis la podemos ver corroborada por la disposición de los dólmenes de Layaza, la Cascaja y Los Llanos, los cuales rompen ligeramente la dinámica lineal de la estación al situarse en zonas más septentrionales y cercanas a pasos naturales hacia la otra vertiente, permitiendo controlar los pastizales de la zona alta de la Sierra. De esta forma, quedarán cubiertas las necesidades de diferentes cabañas ganaderas. La Sierra de Cantabria presenta un paisaje variado compuesto por zonas de hayedos, robledales y bosques de encinas, jalonados con pinares. Estas especies serán clave para el sustento de cabañas ovicaprinas y porcinas sobre todo, ya que principalmente estas últimas se alimentan de bellotas de roble, encinas (MORAZA, 2005, FERNÁNDEZ y MUJICA, 2013).

Nuestra comarca desde época temprana quedará asociada a la trashumancia de larga y media distancia de diferentes tipos de cabañas: vacunas, ovicaprinas y porcinas principalmente. La práctica pecuaria asociada a la explotación de cabañas ganaderas domésticas queda atestiguada gracias a los restos de fauna recogidos en los niveles de establo de los abrigos prehistóricos de la Sierra de Cantabria (FERNÁNDEZ, 2010), señalando la presencia de oveja doméstica ya desde el Neolítico antiguo

junto con cabras y vacas. Igualmente, la presencia del cerdo será muy importante. Las húmedas condiciones climáticas del área camerana permitirán el desarrollo de una masa forestal con especies tanto de influencia cantábrica (haya) como continental (encina, quejigo), todas ellas productoras de una serie de frutos con los que alimentar al ganado (MORAZA, 2005:229). Con el desarrollo de los circuitos ovinos de largo recorrido asociados al Honrado Concejo de la Mesta, el paisaje evolucionará, mostrando un retroceso del bosque autóctono y su conversión en amplias praderas de pasto.

La implantación de la economía ganadera quedará atestiguada también por la paulatina humanización del paisaje. Los análisis paleoambientales realizados en Collado del Mallo (LÓPEZ DE CALLE et al., 2001), en Peña Larga, Los Husos y San Cristóbal (PÉREZ-DÍAZ et al., 2013) llaman la atención sobre la progresiva desaparición de esta especie a partir aproximadamente entre 4.500-3.000 BP sin calibrar. En el caso de Collado del Mallo, también será significativa la paulatina reducción del sustrato arbóreo, sustituido por taxones herbáceos, evidenciando un cambio en el medio vegetal más favorable para la gestión ganadera.

El desarrollo de las vías pecuarias, como la Cañada Real Soriana Oriental (Lumbreras-Agoncillo), coincidente en grado sumo con la distribución de la estación dolménica de Cameros; la Cañada del Ebro (Fuenmayor), o la Calzada de los Romanos (Zaragoza-Briviesca), muestra la pervivencia de un sistema trashumante basado en la búsqueda de un aprovechamiento óptimo de los recursos en cuanto a factores como el tiempo de travesía o esfuerzo realizado, con una intención del menor coste energético posible (fig. 4).

Por último, no podemos dejar de hacer referencia al cambio temporal de la funcionalidad de los rediles bajo abrigos, como es el caso de Los Husos I y II y Peña Larga, detectándose niveles fugaces sepulcrales con la presencia de un reducido número de inhumados durante el Calcolítico. Igualmente, se produce la aparición de nuevas tipologías de enterramientos como la tumba colectiva de La Atalayuela (Agoncillo). En general, destaca la coetaneidad espacio-temporal de los diferentes sistemas de enterramiento, aunque la tradición dolménica tendrá un mayor peso, perdiéndose el carácter sagrado de los recintos funerarios bajo abrigo (ver Anexo V).

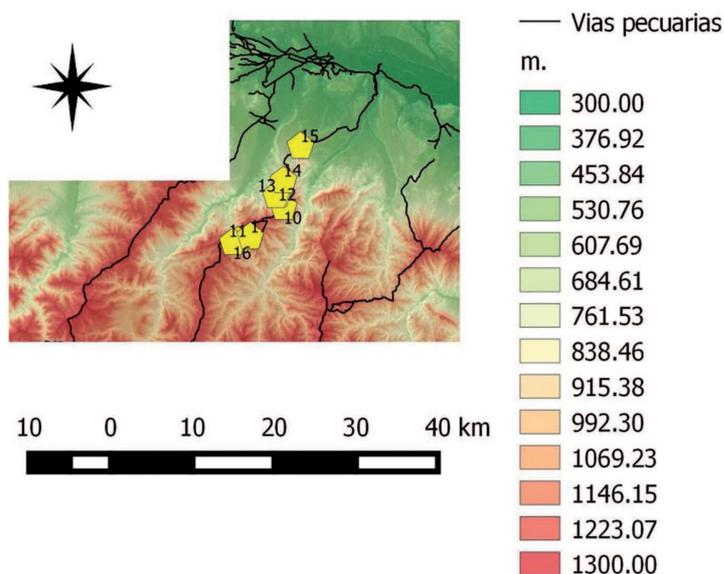


Figura 4. Distribución espacial de las vías pecuarias en Cameros.
Figure 4. Spatial distribution of Cameros cattle roads.

5.- CONCLUSIONES

El conocimiento y comprensión de la distribución de los elementos megalíticos en La Rioja Alavesa y la Sierra de Cameros es una tarea compleja, ya que desconocemos el número exacto de monumentos que existieron debido a diversos factores naturales o antrópicos; así como las causas, circunstancias y condicionantes que determinaron su erección (EDES0 y MUJIKÁ, 2012).

Los monumentos megalíticos tuvieron no solamente una función ritual y simbólica, también jugaron un papel importante como hitos territoriales, quedando esta función plasmada en su distribución territorial, relacionada con el sistema de organización y gestión de las áreas de media y alta montaña. Su relación con la implantación a partir de la Edad Media de vías históricas, queda constatada igualmente en otros territorios, como en Almadén de la Plata, Sevilla (MURRIETA et al, 2011) o en Gipuzkoa (MUJIKÁ y EDES0, 2012). El paisaje observado en relación con los monumentos megalíticos y las vías pecuarias fue producto de una intención económico-cultural, movido por la necesidad de efectuar importantes movimientos en busca de alimento para la cabaña ganadera.

La existencia de yacimientos funerarios, tanto megalíticos como en cuevas o abrigos, tendría que estar estrechamente vinculada a los hábitats de estos individuos inhumados, pero la información sobre el poblamiento prehistórico es muy escasa y sesgada. Esto es debido a que prácticamente no hay localizados y excavados yacimientos al aire libre; sólo se han encontrado débiles indicios asociados a pequeñas colecciones líticas situadas en las proximidades de los dólmenes (VEGAS, 1986, 1987 y 1988).

Sin embargo, todavía consideramos que el estudio de los monumentos megalíticos a través de su huella en el paisaje debe ser complementado de forma interdisciplinar mediante estrategias que investiguen las condiciones medioambientales de los mismos a través del tiempo: análisis polínicos de depósitos naturales o de yacimientos de habitación... y de macrorrestos vegetales, como el realizado sobre la paleoecología del dolmen de Collado del Mallo; análisis arqueozoológicos y prospecciones con el fin de localizar los asentamientos de estas poblaciones, todo ello contrastado con un corpus de dataciones que permitan comprender las características del comportamiento territorial asociado a los enclaves funerarios, sin perder, finalmente de vista, su función ritualista como elementos de memoria configuradores de un paisaje simbólico (CRIADO, 1989).

6.- AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento, en primer lugar a mis directores José Miguel Edeso Fito y José Antonio Mujika, sin cuya orientación y ayuda este trabajo no hubiera sido posible de realizar. También quiero agradecer a los familiares y amigos que han enriquecido este artículo con aportaciones, comentarios y críticas; pero sobre todo, por el apoyo demostrado. Por último, a Daniel Ruiz, por ser un pilar básico, gracias.

7.- BIBLIOGRAFÍA

ANDRÉS RUPÉREZ, M. T.

1997 Fases de implantación y uso dolménico en la Cuenca Alta y Media del Ebro (CAME). En: *O Neolítico Atlántico e as orixes do megalitismo: Actas do Coloquio Internacional (Santiago de Compostela, 1-6 de abril de 1996)*, A. A. Rodríguez Casal (Ed.): 415-430. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

APELLÁNIZ, J. M.

1974 El grupo de Los Husos durante la prehistoria con cerámica en el País Vasco. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 7: 7-407.

CRIADO BOADO, F.

1989. Megalitos, espacio, pensamiento. *Trabajos de Prehistoria*, 46: 75-98.

EDESO FITO, J. M. y MUJIKA ALUSTIZA, J. A.

2012 Megalitismo y cuevas sepulcrales en Gipuzkoa. Distribución espacial y características generales. *Isturitz: Cuadernos de prehistoria-arqueología*, 12: 83-114.

FERNÁNDEZ ERASO, J.

2010 La actividad pecuaria en La Rioja alavesa durante la prehistoria. *Cuadernos de arqueología de la Universidad de Navarra*, 18: 159-171.

FERNÁNDEZ ERASO, J. y MUJIKA ALUSTIZA, J. A.

2011 Dólmenes de La Rioja Alavesa: El Montecillo (Villabuena de Álava), Chabola de la Hechicera (Elvillar) y Alto de la Huesera (La-guardia). *Arkeoikuska*, 10: 164-173.

2013 La estación megalítica de La Rioja Alavesa: Cronología, orígenes y ciclos de utilización. *Zephyrus*, 71: 89-106.

LÓPEZ DE CALLE, C.

1993 *Los sepulcros megalíticos de Cameros (La Rioja)*. Memoria de Tesis Doctoral inédita. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

LÓPEZ DE CALLE, C., e ILARRAZA, J. A.

- 1997a. Condenaciones y remodelaciones arquitectónicas en los sepulcros megalíticos de Cameros. Una respuesta a las estratigrafías de los sepulcros megalíticos de Cameros. En *II Congreso de Arqueología Peninsular*, II, P. Bueno Ramírez y R. de Balbín Berhmann (coords.): 309-323. Fundación Rei Afonso Henriques.
- 1997b. Fases antiguas del Megalitismo de Cameros (La Rioja): caracterización y cronología. En *O Neolítico Atlántico e as orixes do megalitismo: Actas do Coloquio Internacional (Santiago de Compostela, 1-6 de abril de 1996)*, A. A. Rodríguez Casal (Ed.): 415-430. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

LÓPEZ DE CALLE, C., IRIARTE, M. J. y ZAPATA, L.

- 2001 Análisis paleoambientales en el dolmen de Collado del Mallo (Trevijano, La Rioja). Viabilidad y trabas de la paleoecología vegetal en estructuras dolménicas. *Zubía Monográfico*, 13: 65-96.

LÓPEZ DE CALLE, C., y PÉREZ ARRONDO, C. L.

- 1995 Fechas de radiocarbono y fases de ocupación en los sepulcros megalíticos de Cameros (La Rioja). *Isturitz: Cuadernos de Prehistoria-Arqueología. Primeros agricultores y ganaderos en el Cantábrico y Alto Ebro*, 6: 343-360.

LÓPEZ DE CALLE, C., y TUDANCA, J. M.

- 2014 Contemplando Cameros desde la arqueología: actitudes y planteamientos metodológicos en la interpretación del paisaje. *Berceo*, 167: 121-176.

MORAZA BAREA, A.

- 2002 La trashumancia desde el Sistema Ibérico al Pirineo occidental: el pastoreo de ganado porcino entre la Sierra de Cameros (Soria-La Rioja) y el País Vasco a fines de la Edad Media. En: *Ressources naturelles des Pyrénées du Moyen Âge à l'Époque Moderne. Groupe RESOPYR. Congrès International (PUP, 2005)*. A. Catafau (Ed.): 221-238 Études (Presses Universitaires de Perpignan), Perpignan.

MUJIKA, J. A. y EDESO, J. M.

- 2012 *Arkeologia 0.2: Lehenengo nekazari-abeltzainak Gipuzkoan Neolitikotik Burdin Arora / Los primeros agricultores y ganaderos en Gipuzkoa del Neolítico a la Edad del Hierro*, Servicio de Publicaciones de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

MURRIETA FLORES, P. A., WHEATLEY, D. W. y GARCÍA SANJUAN, L.

- 2011 Movilidad y vías de paso en los paisajes prehistóricos: megalitos y vías pecuarias en Almadén de la Plata. En: *Tecnologías de información geográfica y análisis arqueológico del territorio. Actas del V Simposio Internacional de arqueología de Mérida*. V. Mayoral Herrera, S. Celestino Pérez (Eds.): 411-423 CSIC, Mérida.

NARVARTE SANZ, N.

- 2005 *Gestión funeraria dolménica en la cuenca alta y media del Ebro. Fases de ocupación y clausuras*. Historia. Arqueología, 16. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.

OLLERO, A. y ORMAETXEA, A.

- 1997 El marco geomorfológico y paisajístico de Peña Larga: la sierra de Toloño-Cantabria y los conglomerados de borde de cuenca. En: *Excavaciones en el abrigo de Peña Larga (Cripán, Álava)*. J. Fernández Eraso (Ed.): 17-24. Memorias de Yacimientos Alaveses, 4. Vitoria-Gasteiz.

PÉREZ ARRONDO, C. L.

- 1987 Excavaciones en el monumento megalítico de Fuente Morena (Montalbo de Cameros, La Rioja). Informe preliminar. *Berceo*, 112-113: 281-293.

PÉREZ ARRONDO, C. L. y LÓPEZ DE CALLE, C.

- 1988 Excavaciones en la zona megalítica de Viguera (La Rioja). Collado Palomero I. Campañas de 1986 y 1987. *Cuadernos de investigación: Historia. Brocar*, 14: 31-52.

PÉREZ ARRONDO, C. L. y RODANÉS VICENTE, J. M.

- 1979 Excavaciones en la zona dolménica de Peña Guerra (Nalda, La Rioja). *Cuadernos de Investigación*, V-2:75-94.

PÉREZ-DÍAZ, S., LÓPEZ-SÁEX, J. A., RUIZ-ALONSO, M., ZAPATA, L. y ABEL-SCHAAD, D.

- 2013 Holocene history of *Taxus baccata* in the Basque Mountains (Northern Iberian Peninsula). *Lazaroa*, 34: 29-41

RODANÉS VICENTE, J. M.

1996 Del Neolítico a la primera Edad del Hierro en La Rioja. Repertorio de dataciones absolutas. *Estrato. Revista riojana de arqueología*, 7: 4-9.

VEGAS ARAMBURU, J. I.

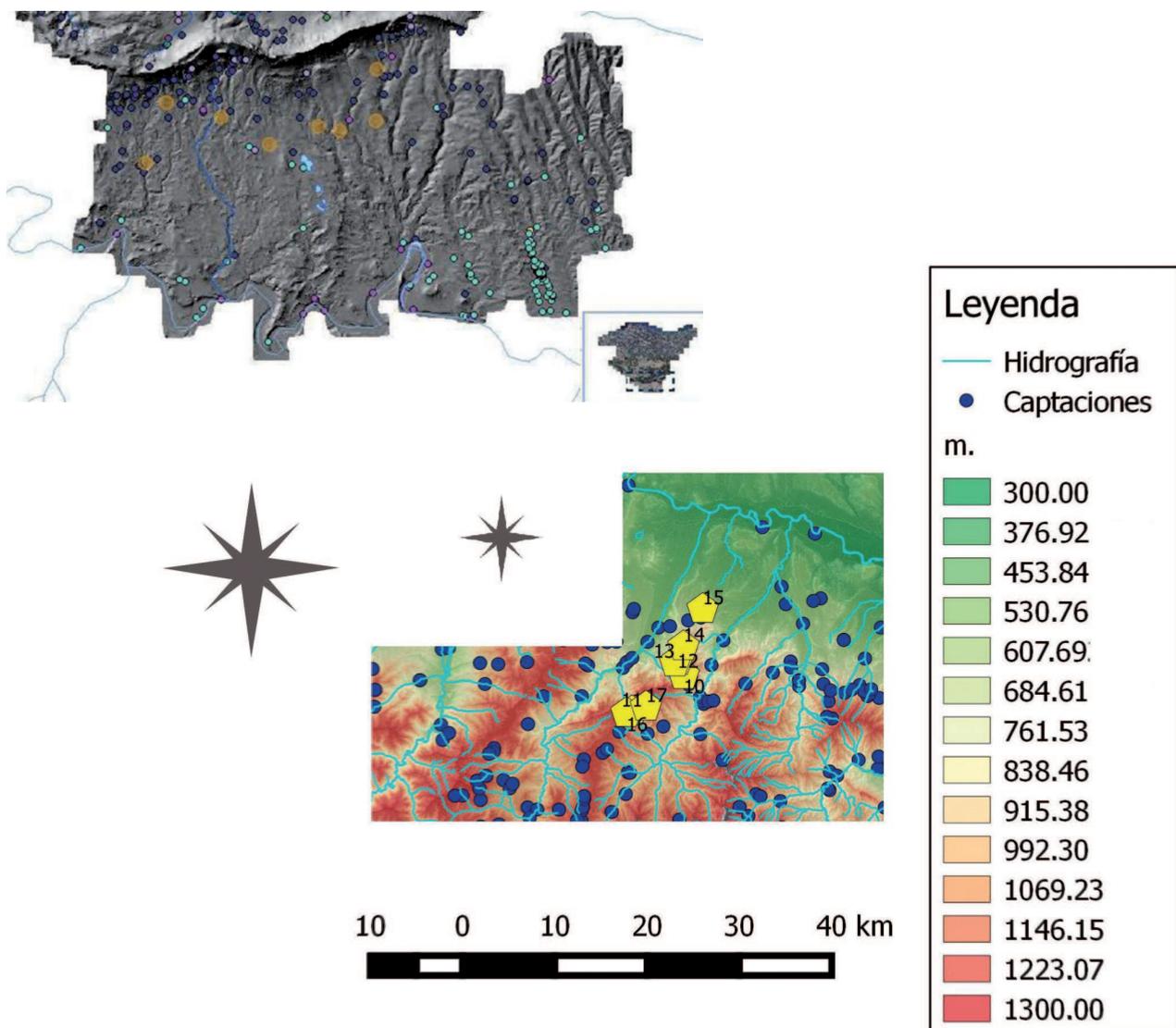
1986 Dolmen y yacimiento al aire libre de "Los Llanos" (Cripán, Álava). *Arkeoikuska*, 86: 20-22.

1987 Dolmen y yacimiento al aire libre de "Los Llanos" (Cripán, Álava). *Arkeoikuska*, 87:19-21.

1987 Dolmen y yacimiento de Los Llanos (Cripán, Álava). *Arkeoikuska*, 88:13-15.

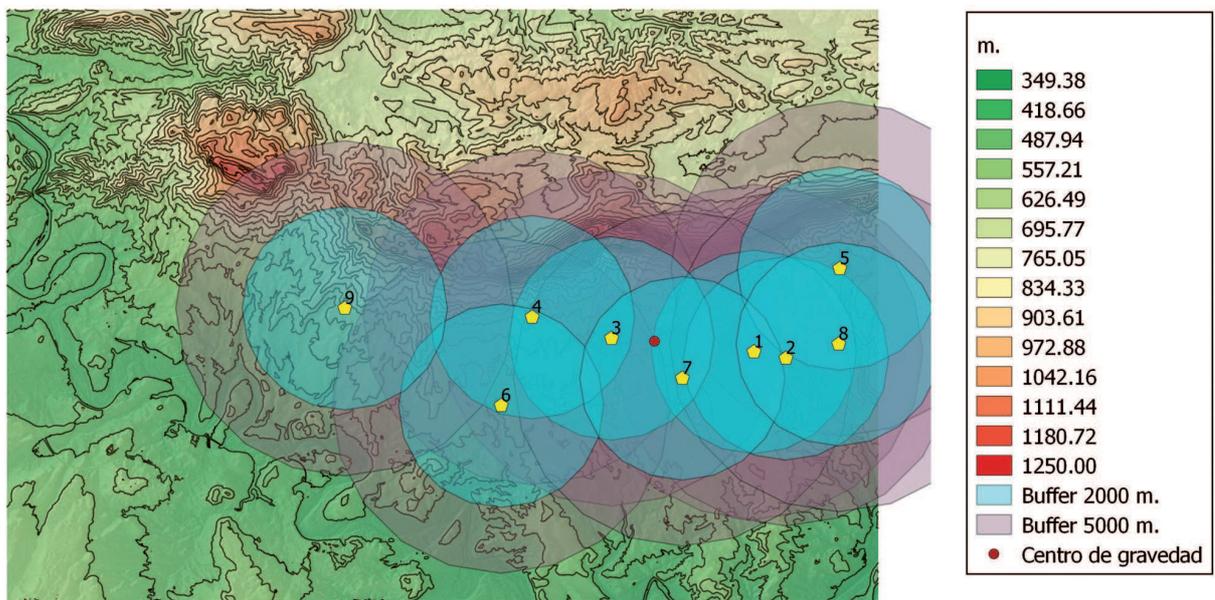
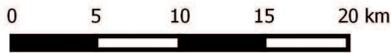
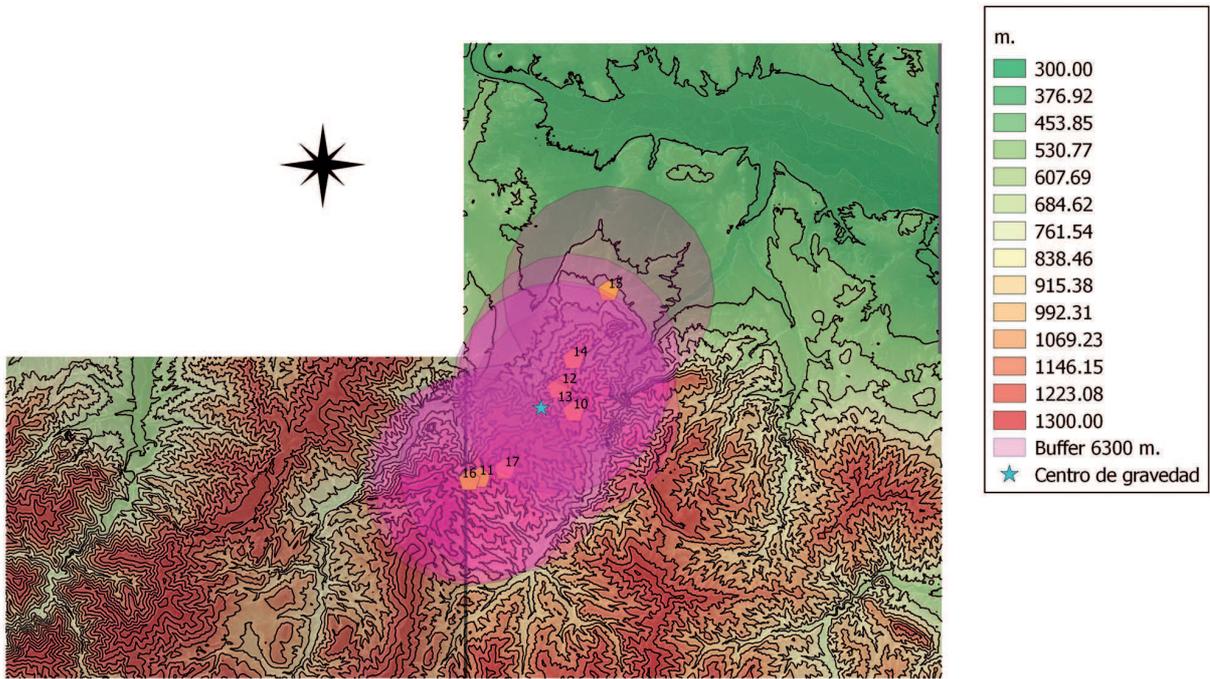
VIVANCO, J. M.

1981 Orientación y tipología de las cámaras de los dólmenes de montaña y valle. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 10: 67-144.



Anexo I. Hidrografía. Mapa 1: en naranja los diferentes monumentos que conforman la estación de la Rioja Alavesa, y en azul y morado, diferentes puntos de captaciones y acuíferos.

Annex I. Hydrography. Map 1: in orange, the different monuments which constitute the Rioja Alavesa station, and in blue and purple different water points.



Anexo II. Área de influencia de las estaciones de La Rioja Alavesa y Cameros.
Annex II. Site catchment of Rioja Alavesa and Cameros stations.

DOLMEN/FUNERARIO	YACIMIENTO/HABITACIÓN	FECHA BP	CAL. BC	LABORATORIO
El Sotillo		2740±30	930-820	Beta.- 299308
San Bartolomé	Los Husos I	2970±50	1375-1020	Beta-136040
El Sotillo	San Cristóbal	3120±50	1440-1370/1340-1320	Beta.- 299303
El Sotillo		3160±30	1500-1400	Beta.- 299307
	Los Husos I	3190±40	1520-1400	Beta-149400
	San Cristóbal	3240±40	1610-1490	Beta-288942
Chabola de la Hechicera		3280±40	1650-1460	Beta.- 288936
El Sotillo		3320±30	1680-1520	Beta.- 299309
El Sotillo	Los Husos I	3360±30	1740-1600/1570-1340	Beta.- 299302
El Sotillo		3360±30	1740-1600/1570-1340	Beta.- 299312
Cueva de Tragaluz		3265±35	1616-1440	GrN-16314
El Sotillo		3380±30	1740-1610	Beta.- 299311
	Los Husos I	3400±40	1760-1620	Beta-149399
Peña Guerra II		3410±60	1876-1830/1818-1800/1784-1526	CSIC-617B
	Los Husos I	3410±40	1770-1620	Beta-148057
El Sotillo		3430±30	1870-1850/1780-1670	Beta.- 299101
Peña Guerra I		3450±70	1949-1611/1572-1566	CSIC-627A
Peña Guerra I		3450±70	1924-1602/1566-1530	CSIC-627B
El Sotillo		3550±30	1960-1870/1850-1780	Beta.- 299310
Alto de la Huesera		3550±30	1950-1870/1840-1810/1800-1780	Beta.- 321417
	Los Husos I	3630±40	2130-2080/2080-1890	Beta-148057
Collado Palomero I		3680±20	2132-2077/2047-2010/2008-1977	CSIC-970
	Los Husos I	3710±40	2210-1970	Beta-148058
Layaza		3770±30	2290-2130/2080-2060	Beta- 317864
Collado del Mallo		3840±70	2466-2128/2082-2042	B-89390
Alto de la Huesera		3850±30	2480-2200	Beta.- 321418
Collado del Mallo		3860±70	2482-2132/2076-2048	B-89388
El Montecillo	Los Husos I	3920±40	2550-2540/2490-2290	Beta.- 288932
Collado del Mallo		3950±80	2850-2822/2656-2644/2622-2194/2160-2146	B-89391
Los Husos I		3980±40	2580-2430	Beta-148061
	San Cristóbal	3990±40	2580-2460	Beta-252535
El Sotillo		4000±40	2610-2600/2590-2460	Beta.- 299300
Collado del Mallo		4000±70	2862-2814/2734-2732/2696-2674/2668-2288	B-89389
Alto de la Huesera		4010±30	2580-2470	Beta.- 321414
	San Cristóbal	4020±40	2630-2470	Beta-288943
	San Cristóbal	4030±40	2830-2820	Beta-252437
El Sotillo	Peña Larga	4040±30	2630-2480	Beta.- 299306
Alto de la Huesera		4050±30	2830-2820/2660-2650/2630-2490	Beta.- 321419
Layaza		4060±30	2830-2820/2660-2640/2640-2560/2560-2550/2540-2490	Beta.- 317862
Atalayuela		4060±60	2869-2808/2768-2722/2700-2460	BM-2365
Alto de la Huesera	San Cristóbal	4080±30	2850-2810/2740-2720/2700-2570/2520-2500	Beta.- 321415
Los Llanos	San Cristóbal	4080±170	3100-2000	Beta-268468
Los Llanos		4090±120	2950-2300	I-14593
Alto de la Huesera	San Cristóbal	4100±30	2860-2810/2760-2720/2700-2570/2510-2500	Beta.- 321420
Atalayuela		4110±60	2876-2798/2784-2554/2538-2492	BM-2367
Atalayuela		4120±70	2880-2554/2538-2492	BM-2366
	San Cristóbal	4170±40	2890-2620	Beta-268469
San Juan A.P.L 4		4200±95	3022-2493	UA- 10415
	San Cristóbal	4260±40	2920-2870	Beta-161187
Collado Palomero I		4270±60	3032-2948/2934-2856/2820-2660/2638-2624	CSIC-1065
Alto de la Huesera		4290±30	2920-2880	Beta.- 301226
Las Yurdinas II		4290±40	2930-2875	Beta-137895
Alto de la Huesera		4300±30	2920-2880	Beta.- 301224
Alto de la Huesera		4320±30	3010-2980/2960-2950/2940-2890	Beta.- 321416
Alto de la Huesera		4320±30	3010-2970/2960-2890	Beta.- 301223
Alto de la Huesera		4320±30	3010-2970/2960-2890	Beta.- 301221
Alto de la Huesera		4340±30	3020-2900	Beta.- 301220
Alto de la Huesera		4350±30	3020-2900	Beta.- 301222

DOLMEN/FUNERARIO	YACIMIENTO/HABITACIÓN	FECHA BP	CAL. BC	LABORATORIO
El Sotillo		4350±30	3020-2900	Beta.- 299305
Layaza		4360±30	3080-3060/3030-2060	Beta.- 317863
Las Yurdinas II		4360±40	3090-2895	Beta- 137896
Chabola de la Hechicera		4380±40	3100-2900	Beta.- 288933
Las Yurdinas II		4390±80	3350-2880	Beta- 148054
Alto de la Huesera		4390±30	3090-2910	Beta.- 301225
El Sotillo		4390±30	3090-2910	Beta.- 299304
Chabola de la Hechicera		4420±30	3310-3300/3280-3280/3260-3240/3100-2920	Beta.- 307797
Chabola de la Hechicera		4430±40	3330-3210/3180-3150/3130-2920	Beta.- 288939
Collado del Mallo		4430±70	3386-3154/3138-2914	B-89387
San Juan A.P.L. 2		4440±40	3334-2926	GrN- 21771
Chabola de la Hechicera		4440±40	3340-3210/3190-2920	Beta.- 288937
San Juan A.P.L. 8		4460±70	3351-2927	
Peña Larga	San Cristóbal	4470±40	3350-3020	I-14592
Cueva Lóbraga		4480±60	3342-3032/2962-2958/2932-2918	GrN-16111
Chabola de la Hechicera		4480±40	3350-3020	Beta.- 288934
San Juan A.P.L. 1		4510±40	3361-3091	GrN- 21770
San Juan A.P.L. 5		4520±50	3366-3031	GrA- 5428
San Juan A.P.L. 7		4520±75	3497-2933	
Alto de la Huesera		4520±30	3360-3100	Beta.- 301219
Peña Larga		4550±40	3370-3260/3250-3100	
San Juan A.P.L. 3		4570±40	3496-3130	GrN- 21772
Peña Guerra II		4630±90	3632-3558/3548-3094/3052-3050	CSIC-626A
Peña Guerra II		4640±60	3621-3576/3534-3304/3234-3182/3162-3110	CSIC-626B
Chabola de la Hechicera		4650±40	3610-3610/3520-3360	Beta.- 288938
Los Llanos		4660±200	4000-2800	I-14788
Chabola de la Hechicera		4670±40	3620-3590/3530-3360	Beta.- 288935
Los Husos II				
Fuente Morena		4700±25	3618-3590/3521-3492/3472-3372	CSIC-968
Collado del Mallo		4700±90	3658-3302/3234-3182/3162-3110	B-89386
Collado Palomero I		4730±30	3628-3568/3540-3498/3460-3378	CSIC-952
Peña Guerra II		4750±30	3634-3502/3420-3380	CSIC-969
San Martín		4800±40	3640-3550/3540-3370	Beta-273269
	Peña Larga	4890±50	3770-3630	Beta-242781
Collado Palomero II		4900±110	3950-3500/3450-3440/3430-3380	CSIC-897
	Los Husos II	4910±60	3790-3630	Beta-208848
	Los Husos II	San Cristóbal	4930±40	3780-3650
Beta-208849				
Chabola de la Hechicera		4940±30	3780-3650	Beta.- 307795
Chabola de la Hechicera	San Cristóbal	4980±30	3890-3880/3800-3700	Beta.- 307796
	Peña Larga	5010±40	3640-3700	Beta-242784
San Juan A.P.L. 85 A		5020±140	4229-3522	I-14594
San Juan A.P.L. 85 B		5070±150	4255-3535	I-14842
	San Cristóbal	5100±30	3970-3890/3880-3800	
Los Llanos		5190±120	4350-3700	I-15168
	Los Husos II	5280±40	4230-3980	Beta-208850
	Los Husos II	5300±40	4240-3990	Beta-161184
	Los Husos II	5300±40	4240-3993	Beta-208852
	Los Husos II	5430±60	4360-4150/4120-4070	Beta-161185
	Los Husos II	5490±40	4370-4300/4300-4250	Beta-208851
	Los Husos II	5520±40	4450-4320	Beta-208853
	Los Husos I	5630±60	4530-4360	Beta-161179
	Peña Larga	5720±40	4690-4460	Beta-242782
	Los Husos II	5790±40	4720-4530	Beta-221641
	Los Husos I	5810±60	4790-4510	Beta-161181
	Peña Larga	5830±110	4950-4400	I-14909
	Los Husos II	6040±40	5040-4810	Beta-221642

DOLMEN/FUNERARIO	YACIMIENTO/HABITACIÓN	FECHA BP	CAL. BC	LABORATORIO
	Los Husos II	6050±40	5040-4820	Beta-221640
	Los Husos I	6130±60	5220-4940	Beta-161180
	Peña Larga	6150±230	5550-4500	I-15150
Cueva Lóbrega		6220±100	5420-5410/5340-4910	GrN-16110
	Los Husos I	6240±60	5320-5040	Beta-161182
	Peña Larga	6720±40	5710-5610/5990-5560	Beta-242783

Anexo III. Dataciones radiocarbónicas (Modificado de FERNÁNDEZ y MUJKA, 2013).

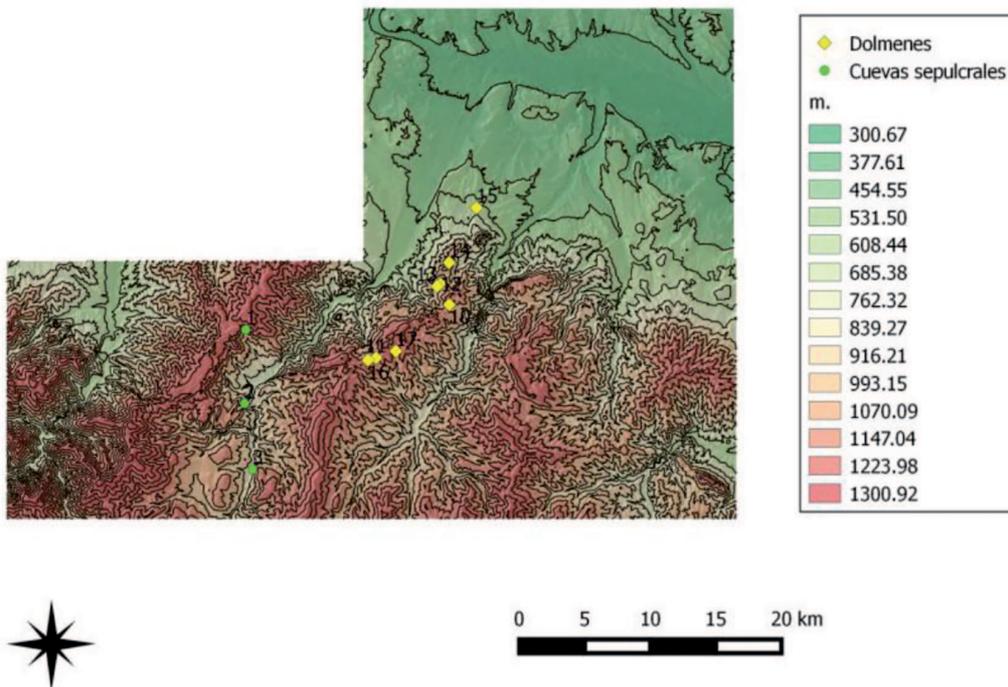
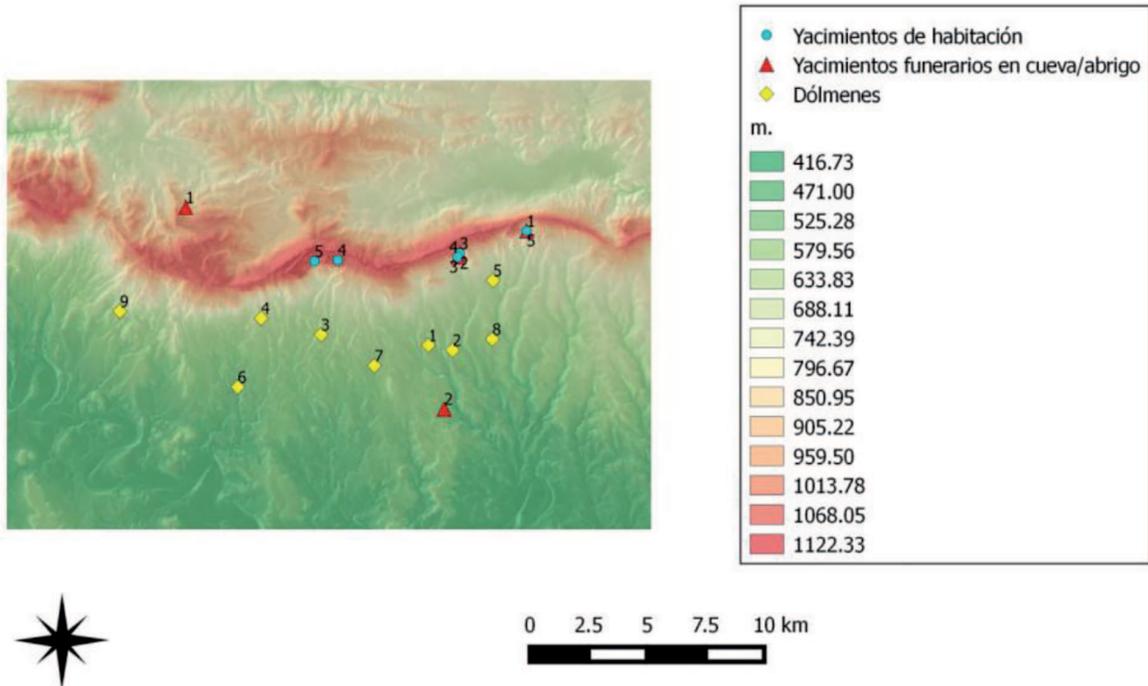
Annex III. Radiocarbon dating (Modified from FERNÁNDEZ y MUJKA, 2013).

DOLMEN/ABRIGO	FECHA BP	MATERIALES
Chabola de la Hechicera	3170	
	3280	
		Aros y cintas de cobre o bronce
		Cerámica campaniforme inciso-impresa
	4380-4480	Puntas bifaciales de variada morfología
	4650-4670	Puntas bifaciales de variada morfología
Alto de la Huesera	4940-4980	Ídolo-espátula
	3550	
	3850	Cerámica campaniforme inciso-impresa
	4010-4100	Puntas bifaciales de variada morfología
	4290-4390	
El Sotillo	4520	Trapezio de retoque abrupto (quizás de fecha anterior)
	2740	
	3120-3160	Puntas de flecha de pedúnculo y aletas de hueso y de metal
	3320-3430	Puntas de flecha bifaciales de pedúnculo y aletas
	3550	Cerámica campaniforme inciso-impresa
	4000-4040	
	4350-4390	Láminas largas
El Montecillo		Trapezios de retoque abrupto
	3920	Cerámica campaniforme inciso-impresa
Layaza	3770	
	4060	No hay restos significativos desde el punto de vista cronocultural
	4360	
Los Llanos	4080-4090	Arete de oro
	4660	Ojivas foliáceas
	5190	Ídolos-espátula No hay geométricos
San Martín		Punta foliácea Cerámica campaniforme inciso-impresa Botones perforación en V
	4800±40	Geométricos de retoque abrupto Ídolos-espátula
San Juan A.P.L. 4	4200	
	4440-4570	Puntas bifaciales ojivales
	5020-5070	
Peña Larga	4470-4550	Puntas bifaciales ojivales y otra con arranque de pedúnculo
Los Husos I	3980	
	4730	Puntas bifaciales ojivales y otra con pedúnculo y aletas cortas
Los Husos II	4670	Puntas bifaciales ojivales
Las Yurdinas	4290	
	4360	
	4390	Puntas bifaciales ojivales y puntas de pedúnculo y pedúnculo trapezoidal y aletas cortas
	4700	Microlitos Cerámicas lisas Láminas Industria ósea

DOLMEN/ABRIGO	FECHA BP	MATERIALES
Collado del Mallo	3840	Cerámica campaniforme Botones-v Foliáceos Cuentas y colgantes de hueso
	3860	Restos humanos Gran lámina
	4000	Láminas Cuentas de cobre de lámina Punzón óseo
		Huesos humanos quemados Material campaniforme Cerámica de pastillas repujadas Foliáceos Cuenta de oro
	3950	Restos humanos y fauna
	4430	cerámica
Peña Guerra I	3450	Cerámica campaniforme Botones-V Cuentas y colgantes de hueso Punzones de cobre
Peña Guerra II	3410	Cerámica campaniforme inciso-impresa Diente de hoz Punzón en hueso
	4630-4640	Microlitos Cerámicas lisas Útiles pulimentados
	4750	Ídolos-espátula Hacha pulimentada Un geométrico
Fuente Morena	4700	Microlitos geométricos segmento a doble bisel presencia de ocre sin industria ósea
Collado Palomero II	4900	Microlitos geométricos
Collado Palomero I	3680	Cerámica campaniforme incisa y puntillada Cerámicas carenadas Punzón biapuntado de cobre
	4270	Microlitos geométricos
	4730	Restos de fauna (ovicaprinos, bóvido y cérvido) Cerámica con cordón de barro aplicado Restos de talla
Collado del Mallo	3840	Cerámica inciso-impresa Botones-V (cónicos, hemiesféricos, piramidal, tortuga) Colgantes y cuentas de hueso Puntas de flecha pedunculada en sílex y en hueso
	3860	Gran lámina
	3950	
	4000	Cuenta cilíndrico-laminar de cobre Punzón óseo de base articular láminas de sílex foliáceos cuenta de hueso
	4430	Cerámica lisa
	4700	Cerámica lisa y microlitos geométricos

Anexo IV. Correlación entre ajuar funerario y dataciones radiocarbónicas.

Annex IV. Correlation between grave goods and radiocarbon datings.



Anexo V. Relación entre megalitos y cuevas sepulcrales: Imagen 1. Abrigos: 1.- Peña Larga, 2.- Los Husos I, 3.- Los Husos II, 4.- San Cristóbal, 5.- Peña Parda. Yacimientos con niveles sepulcrales: 1.- Las Yurdinas, 2.- San Juan *ante Portam Latinam*, 3.- Los Husos I, 4.- Los Husos II, 5.- Peña Larga. Dólmenes: 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja. Imagen 2. Cuevas sepulcrales: 1.- San Bartolomé, 2.- Cueva Lóbraga, 3.- Tragaluz. Dólmenes: 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

Annex V. Relationship between megalithics and burial caves: Image 1. Shelters: 1.- Peña Larga, 2.- Los Husos I, 3.- Los Husos II, 4.- San Cristóbal, 5.- Peña Parda. Sites with burial levels: 1.- Las Yurdinas, 2.- San Juan *ante Portam Latinam*, 3.- Los Husos I, 4.- Los Husos II, 5.- Peña Larga. Dolmens: 1.- Alto de la Huesera, 2.- Chabola de la Hechicera, 3.- El Sotillo, 4.- Layaza, 5.- Los Llanos, 6.- Montecillo, 7.- San Martín, 8.- El Encinal, 9.- La Cascaja. Image 2. Burial caves: 1.- San Bartolomé, 2.- Cueva Lóbraga, 3.- Tragaluz. Dolmens: 10.- Collado del Mallo, 11.- Collado Palomero I, 12.- Peña Guerra I, 13.- Peña Guerra II, 14.- Portillo de los Ladrones, 15.- Uñón, 16.- Collado Palomero II, 17.- Fuente Morena.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	n° 6	107-136	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	---------	-------	------	----------------

Utilización del MDT como instrumento de análisis geomorfológico en valles fluviales del margen Cantábrico

DMT utilization as an instrument of geomorphological analysis in fluvial valleys of the Cantabrian margin

PALABRAS CLAVES: Terrazas fluviales, MDE, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Areas potenciales de terraza (APT).

KEY WORDS: Fluvial terraces, DTM, Geographic Information Systems (GIS), Potential terrace areas (PTA).

Ismael PÉREZ BLANQUER⁽¹⁾

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin de obtener y analizar la información geomorfológica de las cuencas fluviales del Asón, Pas, Saja-Besaya, Nansa y Miera vertientes al margen cantábrico y englobadas en la comunidad autónoma de Cantabria. Para ello se ha utilizado una metodología de trabajo basada en la utilización de Modelos Digitales del Terreno a partir de datos topográficos LiDAR cuyos resultados se han representado mediante mapas, gráficos y perfiles longitudinales y transversales de las áreas potenciales de terraza (APT) detectadas. Estos datos y la realización de nuevas tareas investigadoras (datación, etc.) permitirán y fundamentarán futuros estudios de diferente temática como neotectónica, evolución de la red de drenaje o evolución paleoclimática. PALABRAS CLAVE: terrazas fluviales, MDE, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Areas potenciales de terraza (APT).

ABSTRACT

The present work aims to obtain and analyze the geomorphological formation of fluvial basins of Ason, Pas, Saja-Besaya, Nansa and Miera which flow into the cantabrian margin and they are englobed in Cantabria. For that reason it has used a methodology based on the use of DTM from LiDAR topographic data. The results have been represented through maps, graphics and longitudinal profiles and cross sections of the Potential terrace areas (PTA) which has been detected. This data and the realization of new research tasks (datation, etc.) will base future different studies such as neotectonics, evolution of the fluvial network and paleoclimatic evolution. KEY WORDS: fluvial terraces, DTM, Geographic Information Systems (GIS), Potential terrace areas (PTA).

1.- INTRODUCCIÓN

Las cuencas fluviales de la vertiente cantábrica presentan cursos fluviales cortos, caudalosos, de régimen torrencial, con valles profundos de fuertes pendientes y escasos de relleno. Si tomamos como ejemplo uno de los mayores ríos de Cantabria, el río Saja, y lo comparamos con un río del mediterráneo como el río Turia observaremos, claramente, los rasgos previamente mencionados:

Ríos	Saja	Turia
Longitud (Km)	66,36	280
Área cuenca hidrográfica (Km ²)	483,2	6393,6
Caudal medio anual (m ³ /seg)	12,02	13,424
Caudal máximo anual (m ³ /seg)	377,6	32,9
Caudal mínimo anual (m ³ /seg)	1,74	4,67

Tabla 1. Comparativa entre un río de la vertiente cantábrica y otro de la vertiente mediterránea, obsérvese la torrencialidad del primero y la gran diferencia entre las áreas de ambas cuencas hidrográficas (Fuente: Directiva marco del Agua del Gobierno de Cantabria, DMGAC, y Generalitat Valenciana).

Table 1. Comparison between a river from the Cantabrian slope and another river from the Mediterranean slope, paying attention to the rainfall of the first one and the great difference between both hydrographic basins (Source: Directiva marco del Agua del Gobierno de Cantabria, DMGAC, y Generalitat Valenciana).

La escasa longitud, y el escaso desarrollo de la llanura aluvial, así como el carácter torrencial de los ríos, hacen muy difícil la preservación de terrazas y por consiguiente su estudio. No obstante, gracias a los avances en la teledetección y la aparición de datos de información geográfica como los datos LiDAR han permitido que este tipo de cuencas fluviales sean hoy motivo de estudio (Iriarte *et al.*, 2013; del Val *et al.*, 2015).

⁽¹⁾ Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, EHU/UPV. Universidad del País Vasco, Aptdo. 644, Bilbao, Bizkaia. Directores: Eneko Iriarte (Universidad de Burgos) y Arantxa Aranburu (Universidad del País Vasco UPV/EHU).



1.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo, consiste en obtener y estudiar las áreas potenciales de terraza (APT) de las cuencas más importantes de la vertiente cantábrica en la comunidad autónoma de Cantabria, tales como: Asón, Saja-Besaya, Nansa, Pas y Miera. Para ello se aplicará la metodología propuesta en del Val *et al.* (2015), basada en la realización y estudio de modelos digitales del terreno (MDT) a partir de datos LiDAR y su tratamiento mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la obtención de APTs.

1.2. Localización geográfica y geológica

El estudio se centrará en las principales cuencas de la vertiente cantábrica de la Comunidad Autónoma de Cantabria (Fig. 1 y Tabla II).

Cuenca	Superficie (Km ²)	Longitud cauce (Km)	Nacimiento
Saja-Besaya	483,2	66,36	Cañeda (río Besaya)
Pas	620,4	60,6	Castro Valnera
Nansa	414,1	57,4	Sierra de Peña Labra
Miera	296,4	45,6	Montes de Valneria
Asón	524,5	50,4	Portillo del Asón

Tabla 2. Características físicas de las cuencas fluviales estudiadas.

Table 2. Physical characteristics of the studied fluvial basins.

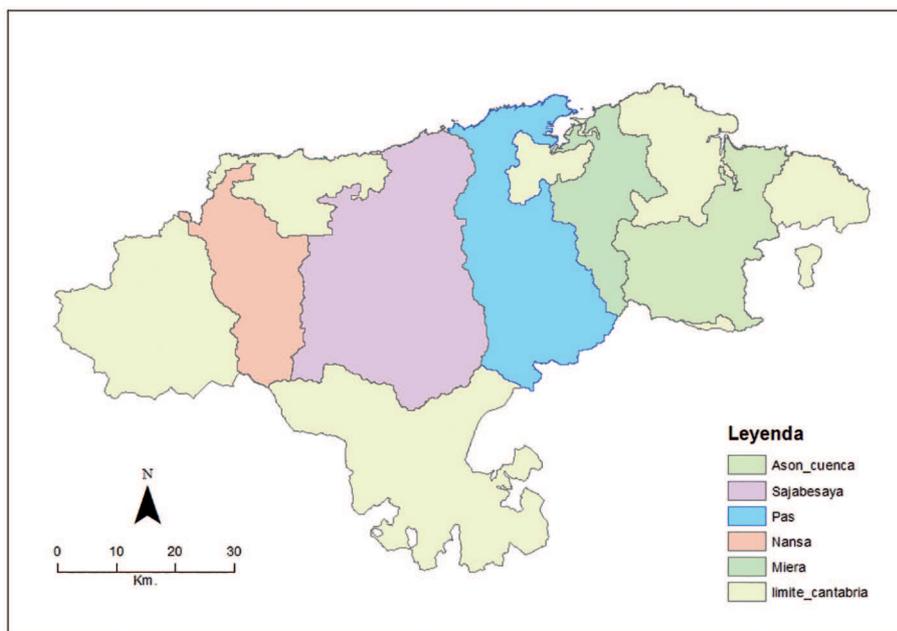


Figura 1. Localización de las principales cuencas fluviales de Cantabria.

Figure 1. Location of the main fluvial basins of Cantabria.

Las cuencas estudiadas presentan un notable grado de antropización, que puede llegar a afectar a los datos utilizados en el estudio. Concretamente es destacable la alteración en la continuidad de los ríos debido a presas, puentes, etc., de hecho el análisis de presiones realizado por la Directiva Marco del Agua del Gobierno de Cantabria (DMA) establece que la alteración de la continuidad de los ríos supone un 34% de las presiones totales que afectan a las cuencas cántabras (Anexo I).

También existen alteraciones en el régimen hidrológico como cambios en el caudal y la hidrodinámica del río. Finalmente, es considerable la presencia de industria, o núcleos poblaciones ocupando la llanura de inundación de los ríos y la ocupación de cauces por gaseoductos, fijación de los márgenes etc. Todo ello implica una alteración de las condiciones morfológicas de los cursos fluviales. (Anexo I) Geológicamente el área de estudio se enmarca en el margen occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. La costa cántabra se encuentra dentro del dominio Navarro-cántabro y más concretamente en el subdominio co-

nocido como subcuenca de Santander (Gräfe *et al.*, 2002) o Bloque costero Santanderino (Quesada y Robles, 1995) cuyos límites son al norte el Mar Cantábrico, al sur la falla de Cabuérniga, al este la falla de Bilbao-Alsasua y al oeste el contacto con el basamento paleozoico. Los materiales aflorantes son principalmente de edad Cretácica (Inferior y Superior) presentes sobre todo al este y centro de la comunidad, materiales Terciarios (Paleoceno, Eoceno) aflorantes en la ciudad de Santander y al oeste de la Comunidad Autónoma (Anexo II). La naturaleza de dichos materiales es generalmente calcárea (calizas, dolomías, margas, calcarenitas), aunque también se encuentran areniscas normalmente asociadas con calizas, margas y lutitas (Formación Lunada o Formación Valmaseda).

Los materiales Cuaternarios se presentan generalmente asociados a los cursos fluviales, aunque también es interesante destacar los coluviones presentes en el interior de la comunidad y los depósitos eólicos presentes en el área de Santander. Durante el Pleistoceno las glaciaciones afectaron de forma significativa a Cantabria extendiéndose por Picos de Europa y las montañas cántabras incluyendo Castro Valnera (1718 m) y la plataforma kárstica del Asón (Frochoso *et al.*, 2013). La cronología del Último máximo Glaciar a nivel global difiere del máximo glaciar local establecido en la zona de Cantabria que se dio previamente a los 35 mil años (Frochoso *et al.*, 2013).

1.3. Antecedentes

Los estudios sobre terrazas fluviales en la Comunidad Autónoma de Cantabria son escasos y centrados generalmente en dos de las cuencas: Las cuencas del río Besaya y el Pas. Los primeros trabajos realizados en estas cuencas fueron llevados a cabo por Pozo *et al.* (1976), Carreras *et al.* (1978), y Carreras *et al.* (1979), en todos estos trabajos se definieron cuatro niveles de terraza datados relativamente con relación a su disposición cartográfica como pleistocenas. En esta línea Muñoz *et al.* (1991) y Montes (1993) ahondaron en la cronología relativa de estas terrazas y, posteriormente, González (1995, 1996) propuso una nueva cronología a partir de nuevas dataciones y el análisis de datos existentes.

1.4. Hipótesis de Trabajo

A partir de los antecedentes de terrazas citados en el apartado anterior, se conocen cuatro niveles de terraza ubicados a 80 metros (T1), a 40 metros (T2), a 20 metros (T3) y a 3 metros (T4) (González, 1996) Mediante la metodología propuesta se pretende validar estos niveles de terraza en las distintas cuencas e investigar la posible existencia de otros niveles de terraza.

2.- METODOLOGIA

2.1. Obtención de datos

Las tecnologías de Escáner Laser Terrestre (*Terrestrial Scanner Laser*, TLS) así como la de *Airborne Laser Swath Mapping* (ALSM) que utilizan datos LiDAR (*Light Detection and Ranging*) para su funcionamiento proporcionan, actualmente, unos datos topográficos de alta resolución que suponen un avance notable sobre las técnicas tradicionales. La nueva información topográfica se utiliza para numerosos estudios hidrológicos y geomorfológicos, de los cuales los relacionados con la morfología fluvial son uno de los más relevantes. Entre ellos destacan trabajos de análisis cualitativo, que tienen el fin de localizar e identificar formas geomorfológicas asociadas a cursos fluviales, a partir de las cuales obtener una cartografía geomorfológica de precisión (Jones *et al.*, 2007; Notebaert *et al.*, 2008; del Val *et al.*, 2015);

El estudio que se lleva a cabo en este trabajo sigue la línea de los anteriormente mencionados, consiste en localizar las terrazas fluviales en cuencas de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Para ello se utilizará como herramienta principal el Modelo Digital de Elevaciones, obtenido a partir de 24 hojas LiDAR de 24 Km² de cobertura proporcionadas por la Unidad de Cartografía y Sistemas de Información Geográfica del Gobierno de Cantabria.

La información raster utilizada tiene una alta resolución (1x1 píxeles) y un error máximo en el eje z inferior a 40 cm en el 95 % de los casos, siendo imposible un error mayor de 60 cm en ningún punto de las hojas LiDAR. El sentido de utilizar estas hojas como datos de partida en nuestro trabajo es princi-

palmente su precisión y la posibilidad que ofrece la toma de datos de evitar obstáculos como edificios o vegetación, que impide en muchas ocasiones visualizar la superficie topográfica de forma clara.

Además de datos LiDAR en este trabajo de investigación se ha utilizado información de tipo vectorial (divisoria de cuencas y redes de drenaje) y fotografías aéreas. Todos estos datos se obtuvieron también de la Unidad de Cartografía y Sistemas de información Geográfica del Gobierno de Cantabria.

2.2. Tratamiento mediante SIG.

La cartografía de terrazas fluviales se ha realizado usualmente a partir de mapas topográficos y su identificación en el campo y mediante fotografía aérea. Estos métodos pese a ser efectivos, no son tan precisos como los resultados que se obtienen a partir del uso de Modelos Digitales del Terreno (MDT).

Inicialmente, los métodos utilizados para la cartografía de terrazas fluviales se basaban en una malla de datos irregular (Demoulin, 2011). Posteriormente, Iriarte (2009) y del Val (2015) utilizaron datos LiDAR de mayor precisión y será esta metodología la que se utilice en el presente estudio (Fig. 2). El proceso de trabajo se divide en dos etapas: una primera etapa en la cual se delimita la cuenca aportante y una segunda etapa que determina y caracteriza las potenciales áreas de terraza. Estas dos etapas se realizan siguiendo cinco pasos (Del Val *et al.*, 2015) (Fig. 3): Explicados a continuación y ejemplificados con el trabajo realizado sobre el río Asón.

i. Construcción de los Modelos Digitales del Terreno. Utilizando como base los datos LiDAR y la información vectorial de la delimitación del valle del río correspondiente, se utiliza la herramienta *extract by mask*. Esta herramienta extrae del mosaico general de datos LiDAR aquellos que se encuentren dentro del límite de la cuenca fluvial a estudiar, generando después el Modelo Digital del Terreno de la cuenca. Mediante la herramienta Fill se rellenan las áreas endorreicas provenientes de posibles errores en los datos. Finalmente, del MDT se obtiene el Modelo de Dirección de Flujo y el Modelo de Pendiente utilizando las herramientas *flow direction* y *slope* respectivamente. (Fig. 4)

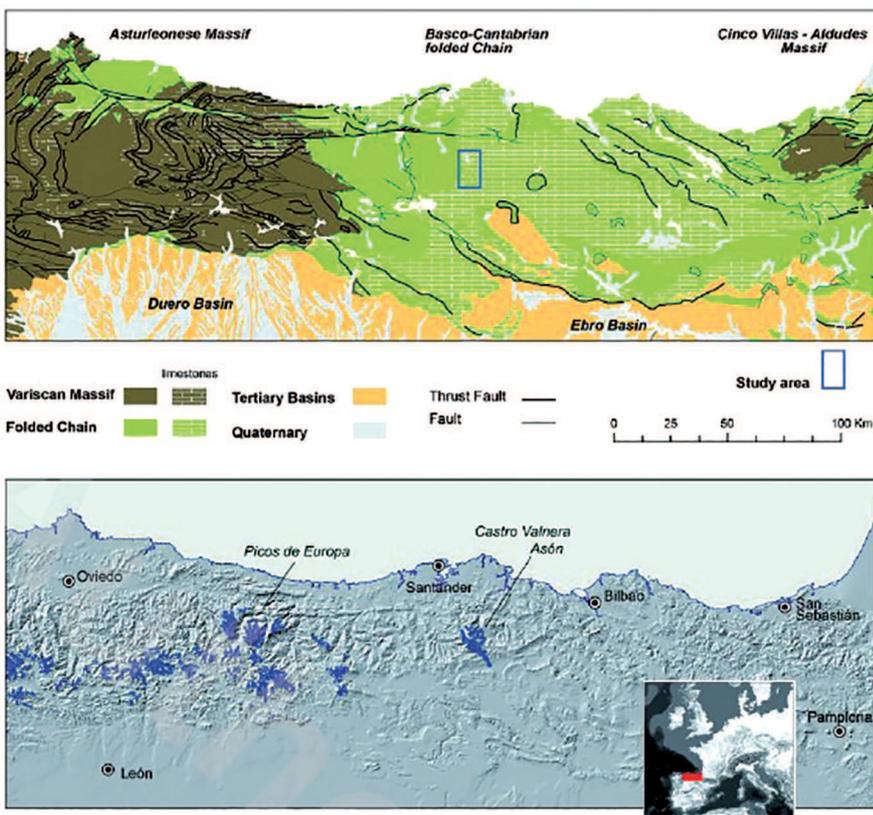


Figura 2. Depósitos cuaternarios principales del margen cantábrico (arriba) y extensión de los glaciares en este área durante el último máximo glaciar (abajo). (Fuente: Frochoso *et al.*, 2013).

Figure 2. Main quaternary deposits of the cantabrian margin (up) and glacier extension in these area through de Last Glacial Maximum (down). (Source: Frochoso *et al.*, 2013).



Figura 3. Flujo de trabajo para la metodología utilizada (Fuente: Del Val *et al.*, 2015).
 Figure 3. Workflow of the used methodology. (Source: Del Val *et al.*, 2015).

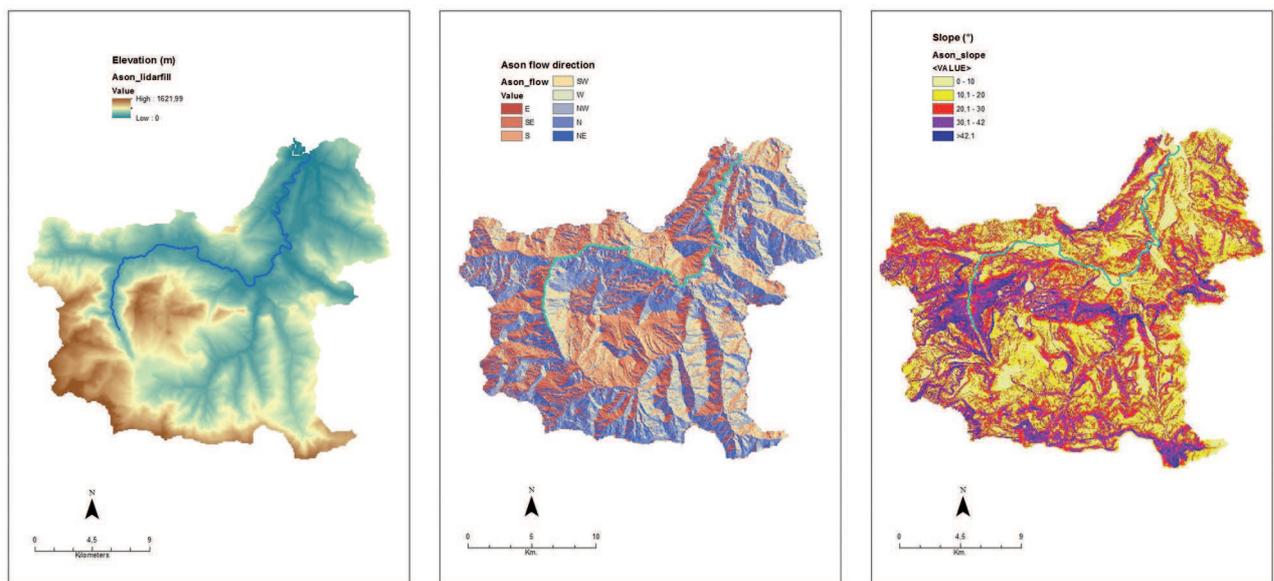


Figura 4. Modelos digitales del terreno de la cuenca del río Asón. 4A. MDT, 4B. Modelo de Pendientes, 4C. Modelo de Dirección de Flujo.
 Figure 4. Digital Model Terrains of the Ason river basin. 4A. DMT, 4B. Slope model, 4C. Flow direction model.

ii. Delimitación del área de drenaje del canal principal. Consiste en obtener el área de drenaje del canal principal (*mcda* en inglés), a partir del modelo de dirección de flujo (Del Val *et al.*, 2014). Esta área de drenaje directa excluye las áreas de terraza relacionadas con las cuencas tributarias (Iriarte, 2009). Así pues para obtener el *mcda*, primero se debe utilizar la herramienta *Interpolate shape* (utilizando el MDT y el shapefile del canal principal de la cuenca considerada) que le da valores de altitud (*z*) al shapefile del curso principal del río. Posteriormente se convierte el canal del río interpolado al formato raster utilizando la herramienta *Polyline to raster*. Finalmente se obtiene el *mcda* a partir del Modelo de Dirección de Flujo y el raster del río interpolado anteriormente. (Fig. 5A).

A partir del *mcda* en formato raster, se procede a utilizar la herramienta *raster to polygon* para obtener un polígono editable que se dividirá en polígonos menores a partir de secciones realizadas aproximadamente cada tres metros de altitud (Fig. 5B). Así se trata de disminuir el error en el eje *z* atribuido a la altitud sobre el canal principal de las áreas potenciales de terraza. Cada uno de los polígonos menores se nombran indicando un número (siendo el número 1 el más cercano a la desembocadura del río) y una letra para indicar si se trata de margen derecho (D) o izquierdo (I).

iii. Definición de las áreas potenciales de terraza

- A partir de un polígono menor y el modelo de pendientes, se utiliza la herramienta *extract by mask* para obtener un fragmento del modelo de pendiente correspondiente al área del polígono, p. ej. el 1D, al que se denominará *slope model*. (Fig. 6A)

- En el *slope model* se seleccionan solamente las áreas con una pendiente menor a 13°, mediante la herramienta *Less Than*. (Fig. 6B)

- Mediante la herramienta *Majority filter* se reemplazan las celdas en un raster según la mayoría de sus celdas vecinas.

- Utilizando las herramientas *extract by attributes* y *raster to polygon* se obtiene el polígono que representa las áreas con una pendiente menor a 13°.

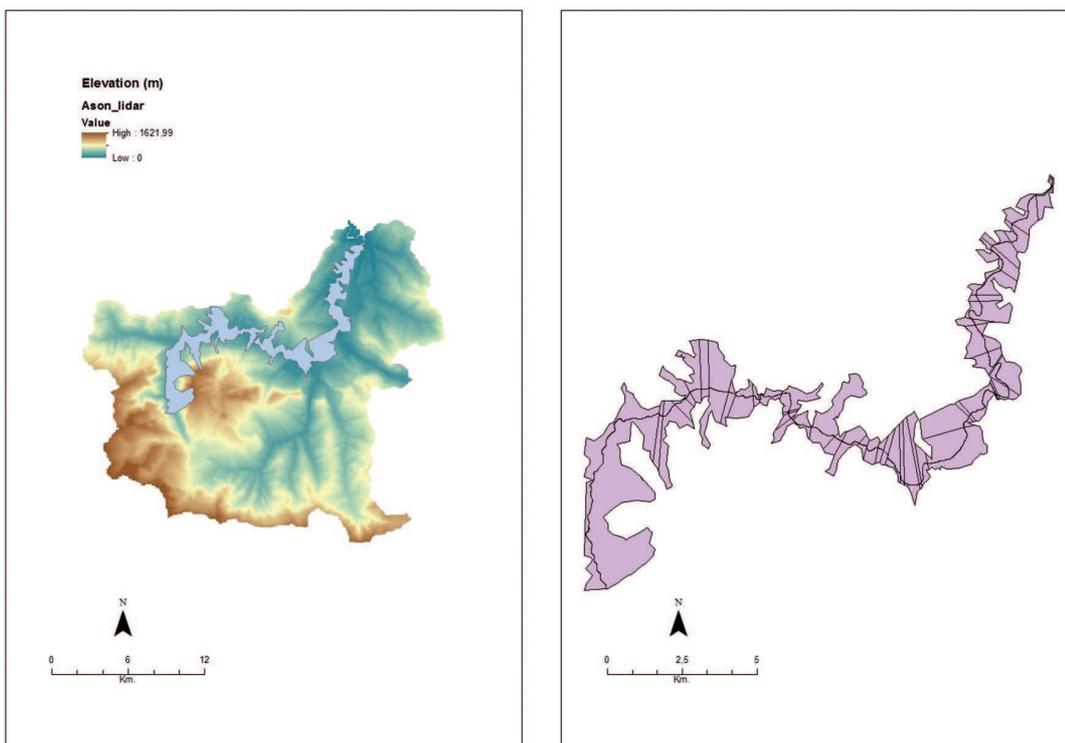


Figura 5. Áreas de drenaje del canal principal del río Asón. 5A. *mcda* del río Asón, 5B. *mcda* segmentado del río Asón.

Figure 5. Main drainage areas of the Asón river. 5A. *mcda*, 5B. segmented *mcda*.

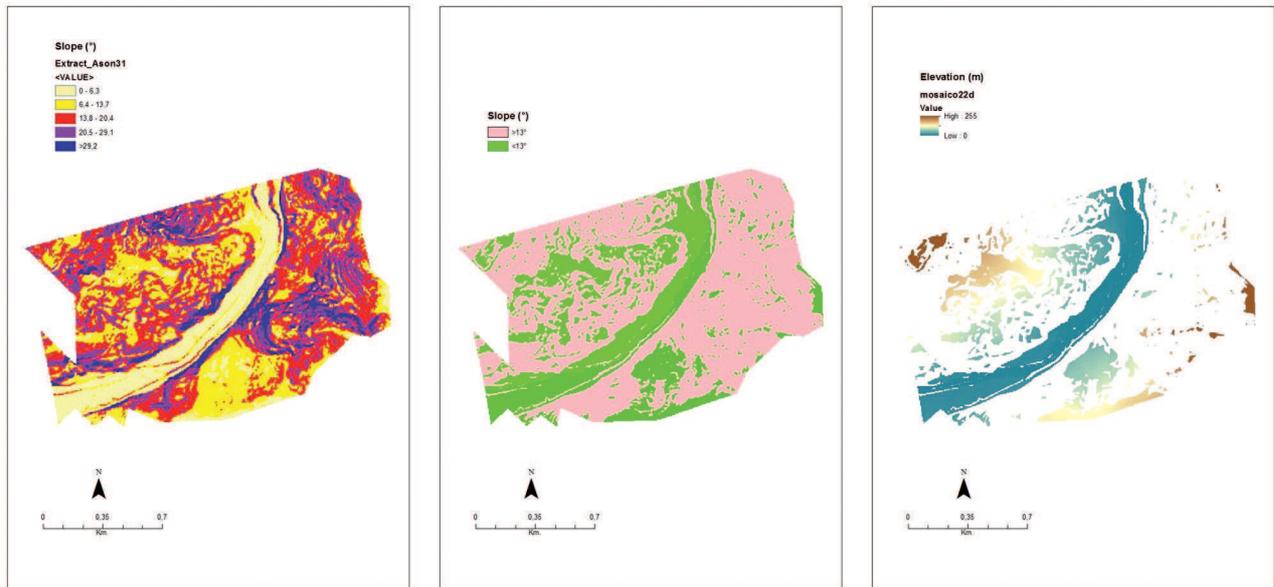


Figura 6. Segmentación del mcda del río Asón. 6A. Slope model; 6B. Extracción de las áreas con una pendiente <13°; 6C. MDT de las APTs.
Figure 6. Segmentation of the Ason mcda. 6A. Slope model; 6B. Areas extraction with a slope <13°; 6C. DMT of the PTA.

- A dicho polígono se le dan valores de altitud utilizando la herramienta *extract by mask* y el MDT de la cuenca en estudio.

- Y se utiliza la herramienta *Minus* para eliminar todos aquellos datos que estén por debajo de la altitud del canal principal y que por lo tanto no pueden ser terrazas (Fig. 6C).

- Una vez realizado el paso anterior se obtienen las APTs, solo falta crear una tabla de atributos para dicha área y guardarla en la geodatabase de la cuenca correspondiente.

Para agilizar todo este tedioso trabajo se ha diseñado en la aplicación *Model Builder* de ArcMap una rutina automática que lleva a cabo todo el proceso de manera automática

iv. Definición de las áreas potenciales de terraza. Una vez obtenidas las capas raster correspondientes a las APTs se realizan gráficos bivariantes en los que se representan la altitud y el número de píxeles (Fig.7). En estos gráficos se observan los picos asociados a las APTs (Fig. 7), y posteriormente se puede llevar a cabo en cada uno de los segmentos del mcda cortes topográficos transversales en los que se muestren dichas áreas de terraza.

v. Elaboración de la cartografía de las APTs. Para una mejor localización y visualización de las áreas de terraza potenciales y su posterior estudio en el campo, es de gran utilidad la representación de la localización y la altitud a la cual se encuentran las APTs tanto en mapa, como en el gráfico del perfil longitudinal del río actual. (Fig. 8).

3.- RESULTADOS

La metodología expuesta se ha aplicado en las cuencas del Asón, Pas, Nansa, Saja-Besaya y Miera (ver Anexos). El resto de cuencas no se han considerado para este trabajo debido a dos motivos principales: 1.El escaso desarrollo de la longitud de los ríos (De Boo, De la Presa, Gandarilla y De la Rabia); Y 2.Las cuencas fluviales se reparten entre dos comunidades (Deva y Agüera).

3.1. Áreas potenciales de terraza: resultados cartográficos

A partir de la metodología descrita en el apartado anterior se han delimitado las áreas de drenaje del canal principal (*mcda*) de las cinco cuencas estudiadas (ver Anexos IV, IX, XV, y XX). Estas áreas

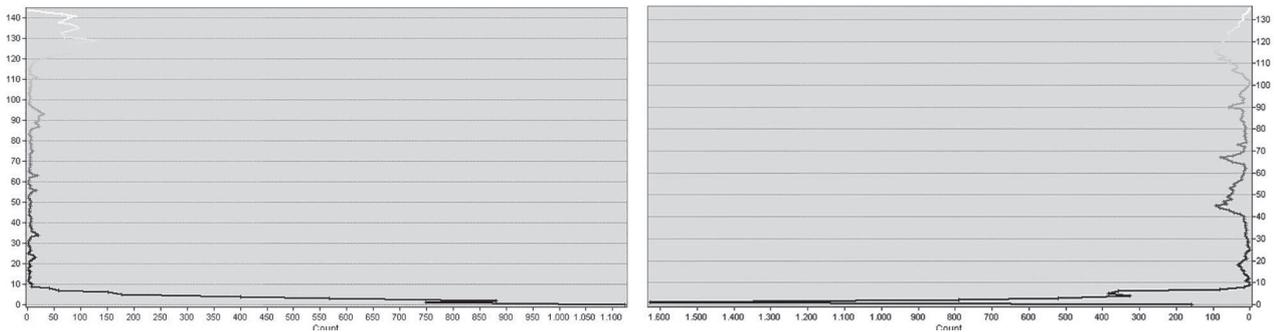


Figura 7. Diagramas 2D altitud vs numero de pixeles para un polígono del mcd.

Figure 7. 2D Diagrams altitude vs pixels number for one polygon of the mcd.

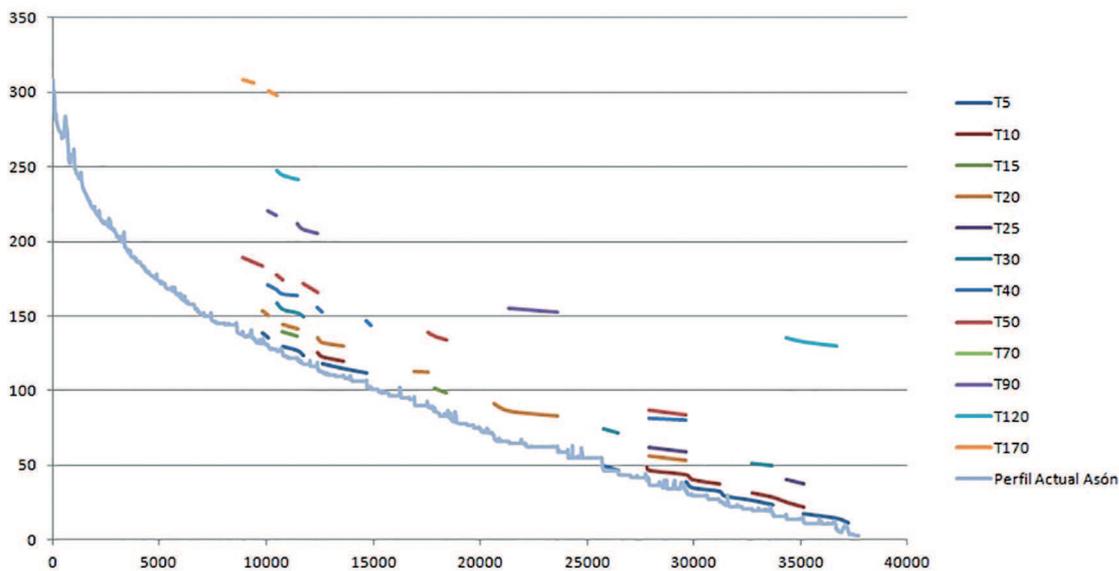


Figura 8. Perfil longitudinal del río Asón con los APTs detectados.

Figure 8. Longitudinal profile of the Ason river and detected PTA.

ocupan un porcentaje muy reducido con respecto la cuenca total (ver Anexo III) y se considera como las áreas con mayor potencialidad para albergar terrazas formadas por cambios en la evolución del cauce principal. Sobre esta área se aplica el conjunto de herramientas descrito en el apartado de metodología. La representación cartográfica y las alturas relativas de las APTs se han obtenido para las cuencas anteriormente citadas y para ilustrarlo en la presente memoria, se utilizará como ejemplo la cuenca del Asón (Fig. 9). Dicha información se completa con la representación gráfica de los resultados (Fig. 13) y los correspondientes cortes topográficos transversales de los valles fluviales (Fig. 14).

En la Tabla de los anexos (Anexo III) se resumen las secciones del *mcd* más representativas a la hora de identificar posibles terrazas de cada cuenca, las APTs y su altitud relativa y el área de drenaje de canal principal en porcentaje.

3.2. Áreas de terraza potenciales: representación gráfica de los resultados

En el anexo III se han enumerado las secciones del *mcd* más representativas para cada una de las cuencas fluviales estudiadas. La representatividad de dichas secciones se ha establecido en base a los gráficos de altitud vs numero de pixeles (Ver anexos VI, XI, XII, XVII y XXII). En ellos se observa la abundancia relativa de pixeles con pendientes inferiores a 13° , en distintas altitudes relativas.

La visualización de los niveles de terraza a partir de los gráficos altitud vs numero de pixeles, resulta más fácil utilizando en primer lugar la información de todas las secciones del área de drenaje del canal

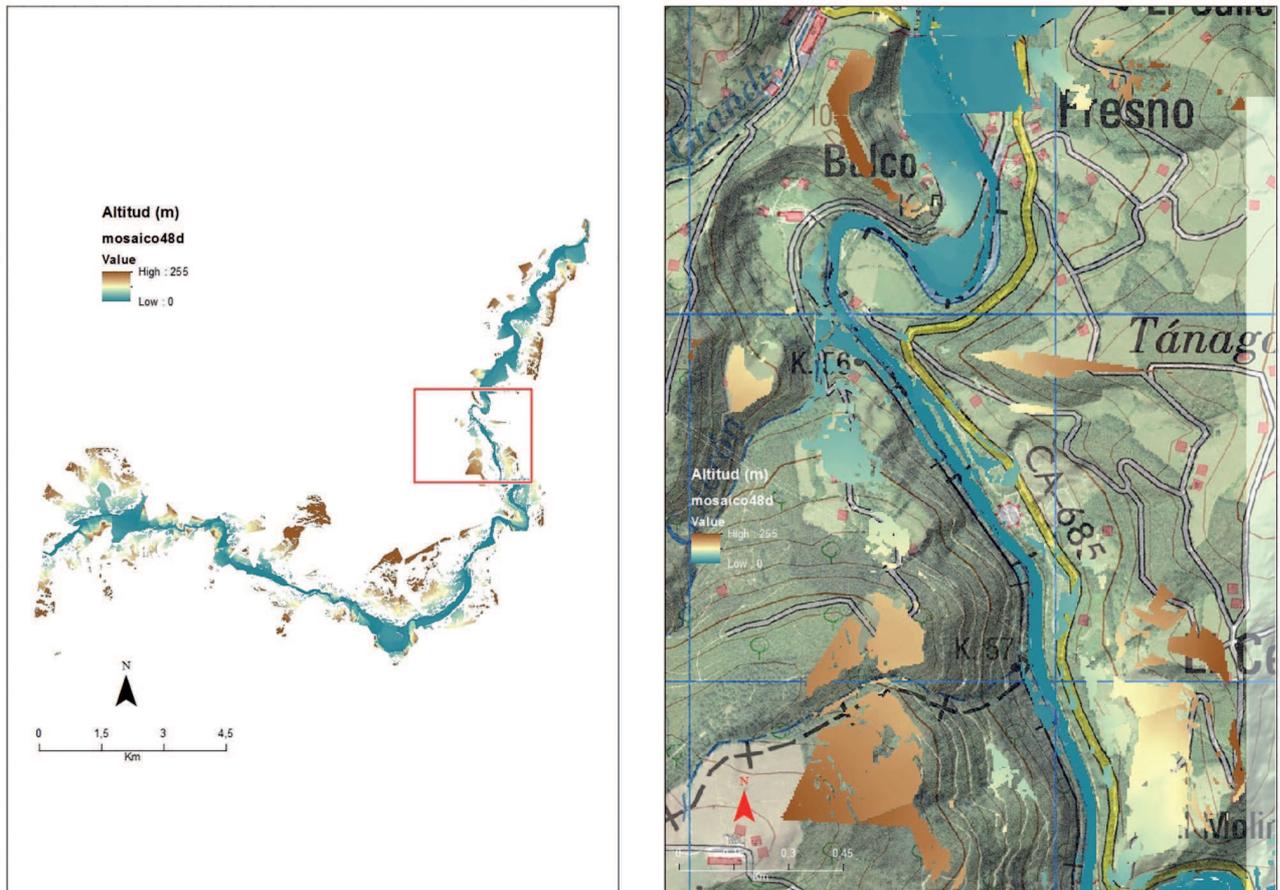


Figura 9. Resultados cartográficos. A la izquierda se muestra todas las APTs del río Asón. A la derecha un detalle de las secciones 11d, 11i, 12d y 12i donde se observan bien varios niveles de APTs a 10, 15, 40, 50, 60 y 70 metros de altura respecto al cauce fluvial.

Figure 9. Cartographic results. Left, All the PTA's of the Ason river. Right, a detail of the sections 11d, 11i, 12d and 12i. We can observe well the PTA levels of 10, 15, 40, 50, 60 and 70 m.

principal, ya que sobre esta figura pueden visualizarse que altitudes predominan más a escala general (Fig. 10 y 11). Posteriormente se visualizan uno por uno los gráficos de cada una de las secciones y se escogen los mejores utilizando los criterios que he citado anteriormente (Figura 12).

El gráfico general (Fig. 10) muestra muchos picos de los cuales se han considerado, por su mayor abundancia de píxeles los situados a 10, 40, 50, 70, 90, 100, 120, 130, 160 y 170 m. por encima del cauce actual, también se muestran picos mayores a mayor altitud, pero al ver cada sección individualmente no se ha visto que estos picos sean representativos de niveles de terrazas fluviales.

Para no extendernos demasiado, en este trabajo se muestran, a modo de ejemplo de la labor realizada, los gráficos de las secciones 11d, 11i, 12d y 12i del río Asón (Fig. 11). En las secciones 11d y 11i pueden observarse en ambos márgenes, picos relacionados con posibles terrazas fluviales situadas a 10, 40, 60 y 70 metros por encima del cauce actual. En la sección del margen derecho, sin embargo, se observa un pico correspondiente a 50 metros que no se observa en el margen izquierdo (Fig. 11).

Las secciones 12d y 12i presentan una mayor correspondencia en los picos que representan posibles terrazas fluviales, en este caso se pueden observar en ambos márgenes máximos correspondientes a 10, 40, 70, 90 y 100 metros. Como ocurría en el caso anterior hay una ladera que presenta picos que no aparecen en la otra, son picos correspondientes a posibles terrazas de altitud más elevada, concretamente las situadas a 120, 130, 160 y 170 metros por encima del cauce actual. Con el fin de localizar de una forma más precisa los supuesto niveles de terraza citados anteriormente se han realizado cortes transversales en dichas secciones (Fig. 12).

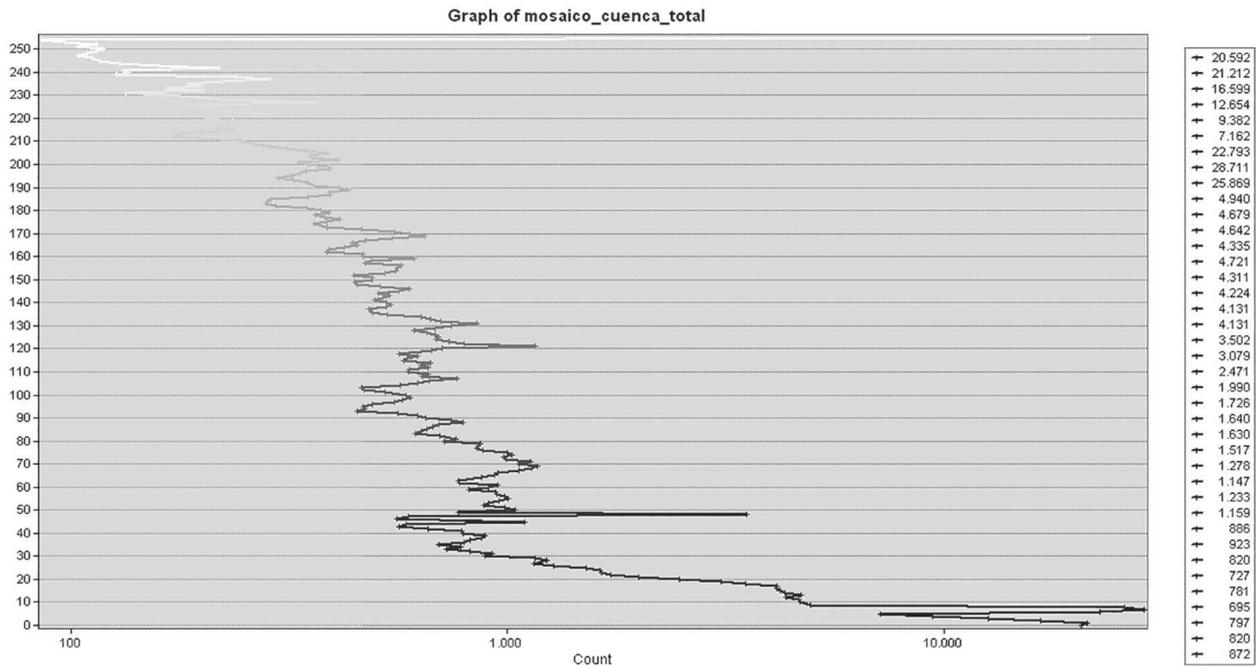


Figura 10. Gráfico en el que se representa la altitud vs. el número de píxeles en escala logarítmica de las áreas potenciales de terraza de la cuenca del río Ason.
Figure 10. Graphic of altitude vs pixel numbers in logarithmic scale of the potential terrace areas of the Ason river basin.

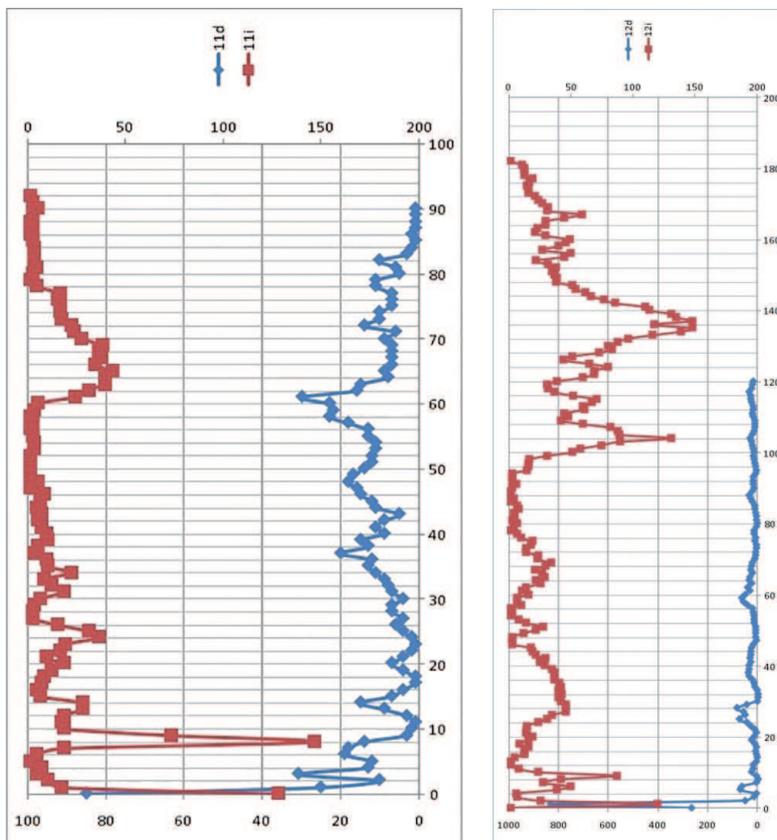
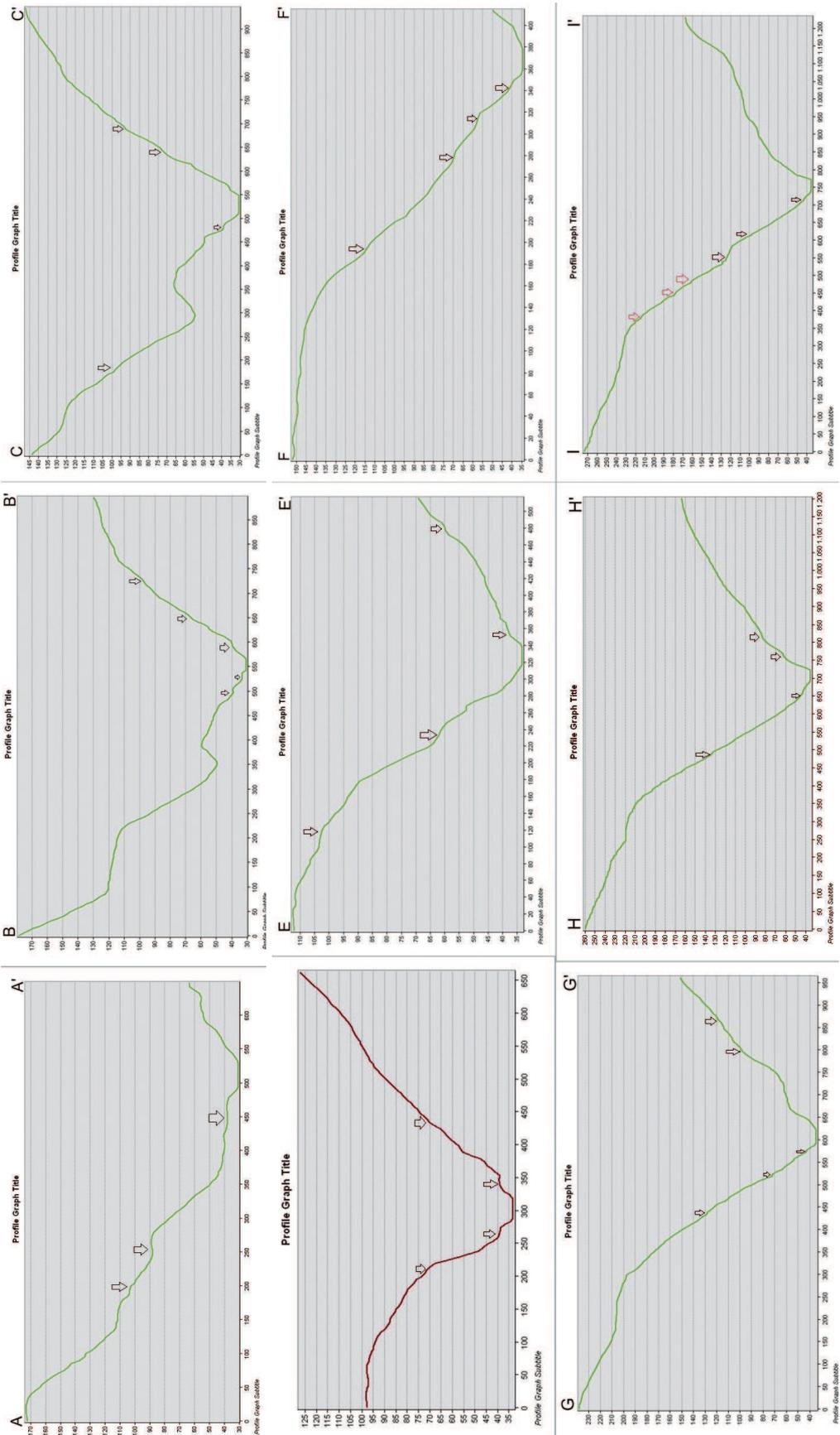


Figura 11. Gráficos altitud vs número de píxeles de las secciones 11d y 11i (izquierda), 12d y 12i (derecha).
Figure 11. Graphics height vs pixel number of the 11d and 11i (left), 12d and 12i (right) sections.



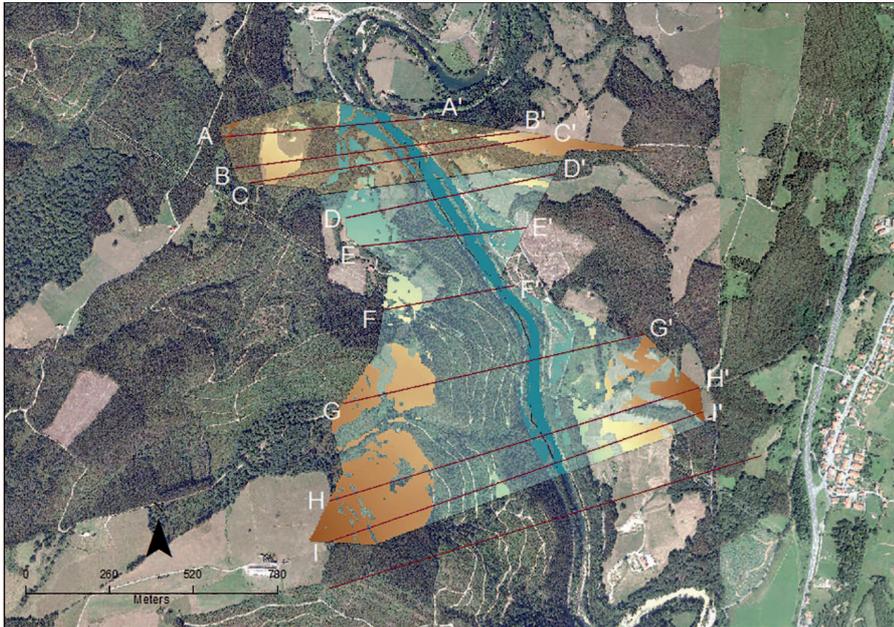


Figura 12. Mapa de la localización de los perfiles transversales de las secciones 11 (primera fila, secciones A-A', B-B' y C-C') y 12 (segunda y tercera fila: D-D', E-E', F-F', G-G', H-H', I-I').

Figure 12. Map with the location of the transversal profiles of the section 11 (first row, sections A-A', B-B' and C-C') and 12 (second and third row: D-D', E-E', F-F', G-G', H-H' and I-I').

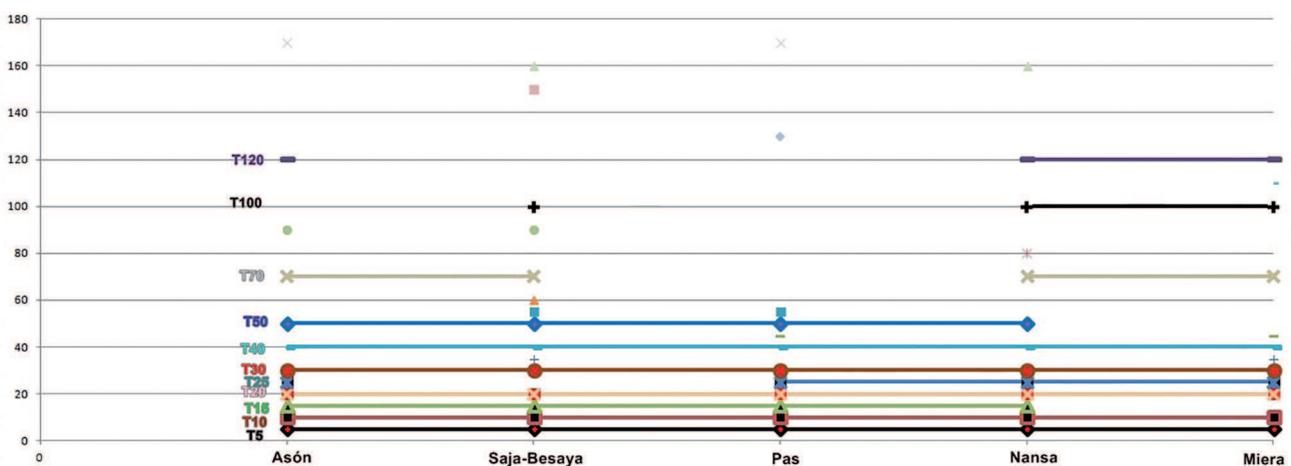


Figura 13. Niveles potenciales de terraza en los valles cantábricos estudiados.

Figure 13. Potential terrace levels in the studied cantabrian valleys.

4.- DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo no pretenden demostrar la validez de un método, ya presentado en un trabajo dentro de este programa de Máster (Del Val, 2013) y publicado en revistas internacionales (Del Val *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo consiste en aplicar dicho método a gran escala en las cuencas de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Los principales resultados obtenidos para cada una de las cuencas estudiadas se resumen brevemente en la tabla del Anexo III. No obstante, se destacarán las características de los perfiles longitudinales de cada cuenca estudiada y APTs identificados.

- La cuenca del Asón es la que se ha utilizado como ejemplo en la metodología y exposición de resultados. Tal y como se ha visto en los gráficos, en el canal principal de la cuenca del Asón se han diferenciado APTs, destacando sobretodo la ubicada a 50 metros por encima del cauce actual. También es destacable la presencia de APTs en altitudes bastante elevadas, concretamente a 130, 160 y 170 metros (ver Fig. 10).

- La cuenca del Miera (Anexo IV, V, VI y VII) presenta un perfil longitudinal cóncavo en el que se observa un cambio de pendiente gradual a una altura de unos 200 metros, las APTs calculadas para esta cuenca se han escogido por debajo de esta altitud y se han obtenido niveles potenciales a: 45, 70 y 100 metros (observados en los gráficos y en los cortes transversales). Como ocurría en el caso anterior también se localizaron APTs a cotas relativamente altas: 110 y 120 metros con respecto al cauce actual.

- La cuenca del Pas (Anexo XV, XVI, XVII, XVIII y XIX) tiene un perfil longitudinal cóncavo prácticamente ideal. En el procedimiento de seccionar el área de drenaje del Pas no se hicieron secciones más allá de la cota 201. Los niveles potenciales de terraza más claros son los de 5, 10, 15, 40 y 45 metros. Los niveles de cotas altas corresponden a 130, 170 y 230 metros, siendo esta última visible en las secciones 12d, 55i y 68i. El área potencial de terraza que se detecta a una altitud de 230 metros puede corresponder, sin embargo, a una antigua superficie de erosión debida a un levantamiento tectónico semejante a las propuestas por (Aranburu *et al.*, 2015) a 150, 220 y 350 metros sobre el nivel del mar.

- Como ocurría en los casos anteriores la cuenca de los ríos Saja y Besaya (Anexos XX, XXI, XXII, XXIII y XXIV) presenta un perfil longitudinal cóncavo. Se han realizado secciones hasta los 350 metros de altitud. Los niveles de terraza que más claramente se han visualizado en los gráficos y perfiles transversales son los situados a: 5, 10, 40, 60, 75 y 90 metros. En esta cuenca también encontramos APTs a: 150 y 160 metros por encima del nivel del cauce actual.

- Finalmente la cuenca del Nansa (Anexos IX, X, XI, XII, XIII y XIV) presenta la particularidad de presentar un nivel de base local o "*knickpoint*" a una altitud de 750 metros. Por lo que tiene un perfil en forma de Z o S invertida habiendo dos cambios de pendiente bruscos (*knickpoint*) aproximadamente a unos 360 m. y 750 m. de altitud. Esta particularidad hace que pueda existir zonaciones en el desarrollo de los niveles de terraza debido a la actuación como niveles de base locales (controladores de la incisión/agradación aguas arriba) de dichos *knickpoints*. De esta forma en el nivel inferior (hasta los 360 metros) encontramos niveles potenciales de terraza a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 70 y 80 metros por encima del cauce actual, mientras que en el superior encontramos niveles de terrazas a 5, 10, 15, 20, 30 y 50 metros por encima del cauce actual y además hay un contaje muy elevado para niveles de terraza situados a: 105, 115, 160 y 170 metros por encima del cauce actual.

En la figura 13, se resume gráficamente las alturas relativas de los distintos niveles de APTs que se deducen en los cinco valles fluviales estudiados. En ella se puede observar como los niveles de las áreas potenciales de terraza a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 100 y 120 m por encima del cauce actual, están presentes en la mayoría de cuencas, lo cual es indicativo de que tuvieron una evolución semejante, es decir, una misma respuesta a los distintos controles tectónicos y climáticos.

Por otro lado, también cabe destacar que existe una diferencia significativa en la distancia o altura existente entre los niveles de terraza. Así, entre los niveles T5, T10, T15, T20, T25 y T30 presentan un intervalo de 5 metros entre ellos, mientras que a partir del nivel T40 los intervalos se hacen irregulares y cada vez mayores. Estas variaciones se han identificado también en investigaciones recientes que se están desarrollando en cuencas fluviales del País Vasco (del Val, 2015).

Esto hace posible dos interpretaciones:

1. Que los depósitos más modernos, y por consiguiente situados a niveles más bajos, están mejor preservados que los más antiguos situados a mayor cota.
2. Que se ha producido un cambio a lo largo del tiempo en la intensidad/duración de los parámetros que controlaron la incisión/agradación del valle fluvial.

La metodología utilizada presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta (del Val *et al.*, 2015) i),- la alteración antropica, citada anteriormente en la introducción, puede llevar a errores en la interpretación de los resultados obtenidos, y, ii) al excluirse todas las áreas de drenaje de los tributarios en el cálculo del *mcd* también se excluye toda la información (niveles potenciales de terraza) que puedan albergar estos tributarios (del Val, 2013); aunque eso sí, pueden ser también analizados con la misma metodología e integrarse con la información obtenida en el *mcd* posteriormente.

Afortunadamente para esta línea de investigación los hándicaps presentados tienen solución mediante una validación, a partir de la investigación de campo que compruebe que, efectivamente, los niveles potenciales de terrazas detectados son terrazas, y que no se corresponden con superficies ocasionadas por la acción antropica u otro tipo de proceso geomorfológico.

5.- CONCLUSIONES

El objetivo marcado en este trabajo de fin de máster se ha cumplido ya que se han obtenido las áreas potenciales de terraza para las cinco cuencas fluviales cantábricas más importantes de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Se concluye, también, que la metodología propuesta ha cumplido con éxito su cometido pudiendo obtener en un periodo relativamente corto de tiempo, y de manera gratuita una cartografía de áreas potenciales de terraza. Esta cartografía, junto con los gráficos y secciones transversales presentadas en este trabajo de fin de máster permitirán a su vez plantear investigaciones en el campo mucho más productivas, optimizando de esta forma tiempo y dinero.

A partir de aquí, y a través del estudio detallado de las terrazas fluviales se obtendrá información sobre: el origen de la red de drenaje (p. ej. Pagés, 2000 para las Rías de Galicia); Su posterior evolución cuaternaria en relación con cambios climáticos (p.ej. Frochoso *et al.*, 2013) o subidas y bajadas del nivel del mar; la (neo)tectónica del margen cantábrico (p.ej. Camafort, 2015) o la contextualización de distintos yacimientos arqueológicos (p. ej. Fernández, 2010; Rios *et al.*, 2008).

6.- AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis tutores Eneko Iriarte y Arantza Aranburu la posibilidad de poder realizar este trabajo y su predisposición. También quería agradecer la inestimable ayuda a Miren del Val con la metodología SIG que me ha sido de incalculable valor.

Finalmente, pero no menos importante, quería dar las gracias a todos los compañeros del máster y en especial a Ander Herrera y Aintzane Goffard por su apoyo y, por supuesto, a mis padres quienes me han brindado esta gran oportunidad.

7.- BIBLIOGRAFÍA

ARANBURU, A., ARRIOLABENGOA, M. IRIARTE, E., GIRALT, S., YUSTA, I., MARTÍNEZ-PILLADO, V., DEL VAL, M., MORENO, J. & JIMÉNEZ-SÁNCHEZ M.

2015 Karst landscape evolution in the littoral area of the Bay of Biscay (north Iberian Peninsula). *Quaternary International*, 364: 217-230.

CAMAFORT, M.

2015 Análisis morfométrico cuantitativo para la caracterización tectónica del norte de Túnez. Tesina del máster de Recursos Mineral y Riesgos Geológicos, Universidad de Barcelona y Universidad Autónoma de Barcelona.

CARRERAS, F.J., J. RAMÍREZ DEL POZO, G. GIANNINI, J.M. PORTERO, P. DEL OLMO, Y M.J. AGUILAR.

1978 Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja Nº 83 (Reinosa). *Instituto Geológico Y Minero de España*.

CARRERAS F.J., P. DEL OLMO, J.M. PORTERO, J. RAMÍREZ DEL POZO, G. GIANNINI, M.J. AGUILAR, Y V. PUJALTE

1979 Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja Nº 58 (Los Corrales de Buelna). *Instituto Geológico y Minero de España*.

DEL VAL BLANCO M.

2013 Utilización de los Modelos Digitales del Terreno a partir de datos LiDAR como instrumento de análisis geomorfológico en el valle del río Oiartzun (Gipuzkoa). *CKQ Estudios de Cuaternario cambios ambientales y huella humana* Nº 03:19-34.

DEL VAL BLANCO M., IRIARTE E., ARRIOLABENGOA M., ARANBURU A.

2015 An automated method to extract fluvial terraces from LIDAR high resolution Digital Elevation Models: The Oiartzun valley, a case study in Cantabrian Margin. *Quaternary International*, 364: 3-43.

2015 Cartografía de las áreas potenciales de terrazas en los valles fluviales del margen cantábrico oriental (País Vasco) a partir de Modelos Digitales de Elevación basados en datos LiDAR. Ponencia en el XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada 2015.

DEMOULIN A., BOVY B., RIXHON G., CORNET Y.

2011 An automated method to extract fluvial terraces from digital elevation models: The Vesdre valley, a case study in eastern Belgium. *Geomorphology*, 91: 51-64.

FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J.

2010 Una aportación desde la Arqueología del Paisaje al conocimiento del primer poblamiento humano del valle del Trubia. Estudio geoarqueológico y análisis SIG del territorio. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo*.

FROCHOSO M., GONZÁLEZ-PELLEJERO R., ALLENDE F.

2013 Pleistocene glacial morphology and timing of Last Glacial Cycle in Cantabrian Mountains (Northern Spain): new chronological data from the Asón Area, *Central European Journal of Geosciences* 5(1):12-27.

GONZÁLEZ A., DÍAZ DE TERÁN J.R., BARBA F.J., REMONDO J., CENDRERO A.

1996 Propuesta de un modelo cronológico para las terrazas de los ríos de la vertiente cantábrica. *Geogaceta*, 20(5): 1096-1099

GONZÁLEZ DÍEZ, A.

1995 Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo

GRÄFE, K.U., WIEDMANN, J.

2002 Late Cretaceous of the Basque-Cantabrian Basin. En *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, Eds.). *Geol. Rundschau*, 82: 327-361.

IRIARTE, E., DEL VAL, M., ARRIOLABENGOA, M., MARTÍNEZ-PILLADO, V., ARANBURU, A.

2013 Pasado, Presente y Futuro de la Investigación de las Cuencas Fluviales Cantábricas. *Workshop del Cuaternario de la región Pirrenaica occidental*. Investigación multidisciplinar.

JONES, A., BREWER, P., JOHNSTONE, E., MACKLIN, M.

2007 High-resolution interpretative geomorphological mapping of river valley environments using airborne LiDAR data. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 1574-1592.

MONTES, R.

1993 Trabajos de Investigación de Tercer Ciclo. *Dpto. C.C. Hist. Universidad de Cantabria*.

MORENO, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MORELLÓN M., VALERO-GARCÉS, B.L., FLETCHER, W.J.,

2012 Northern Iberian abrupt climate change dynamics during the last glacial cycle: a view from lacustrine sediments. *Quaternary Science Reviews*, 36: 139-153.

MUÑOZ, E., M.C. SAN MIGUEL, J. GÓMEZ

1991 Impresión. Santander.

PAGÉS VALCARLOS J.L.

2000 Origen y evolución geomorfológica de las rías atlánticas de Galicia. *Rev. Sociedad Geológica de España*, 13 (3-4):393-403

QUESADA, S., ROBLES, S

1995 Distribution of Organic Facies in the Liassic Carbonate Ramps of the Western Basque-Cantabrian Basin (Northern-Spain). *17th Inter. Meet. Org. Geochem. Excursiones*: 36p.

RAMÍREZ DEL POZO, J., J.M. PORTERO, A. OLIVÉ, J.M. MARTÍN, M.J. AGUILAR, G. GIANNINI, Y J.B. SÁNCHEZ

1976 Mapa geológico de España 1/50.000. Hoja N° 34 (Torrelavega). *Instituto Geológico y Minero de España*.

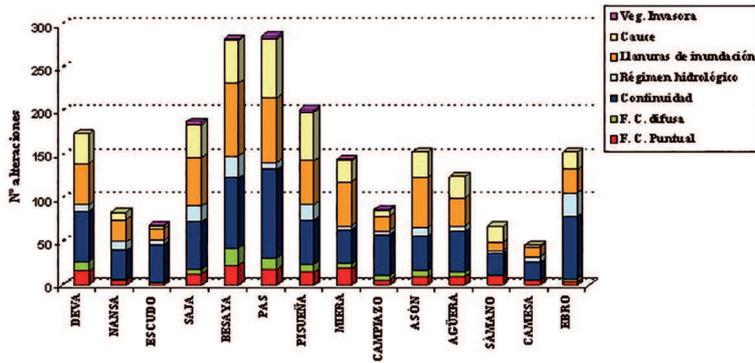
RIOS-GARAIZAR, J., IRIARTE, E., GARATE, D., CEARRETA, A., IRIARTE, M.J.

2008 The Mendieta site (Sopelana, Biscay province, northern Spain): Palaeoenvironment and formation processes of a Lower Palaeolithic open-air archaeological deposit. *C. R. Palevol*. 7: 453-462.

VERA, J.A. (editor)

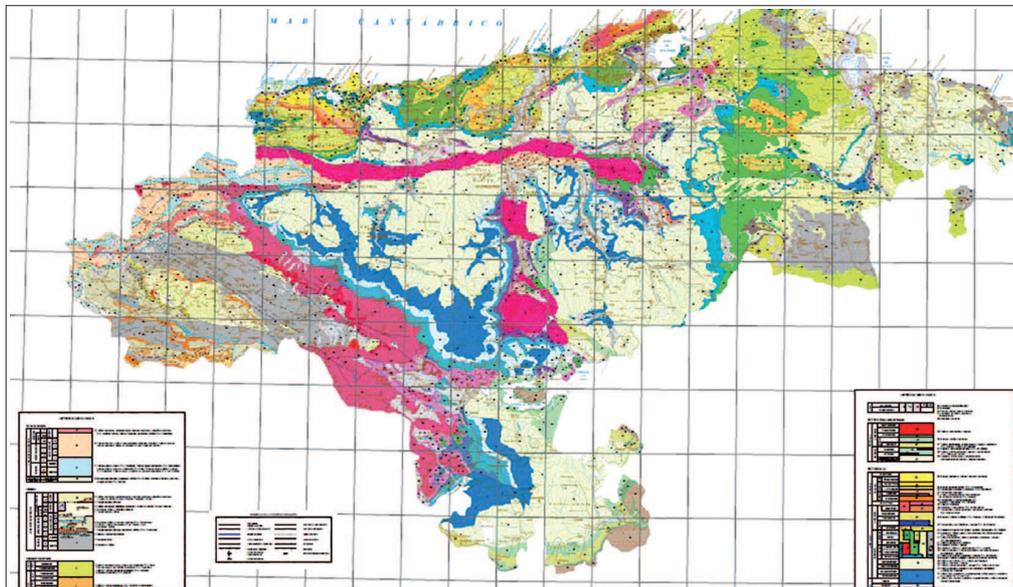
2004 *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid.

8.- ANEXOS



Anexo 1. Alteraciones/presiones sobre las cuencas fluviales principales de Cantabria Fuente:DMAGC.

Annex 1. Alterations/pressures over the main fluvial basins of Cantabria.



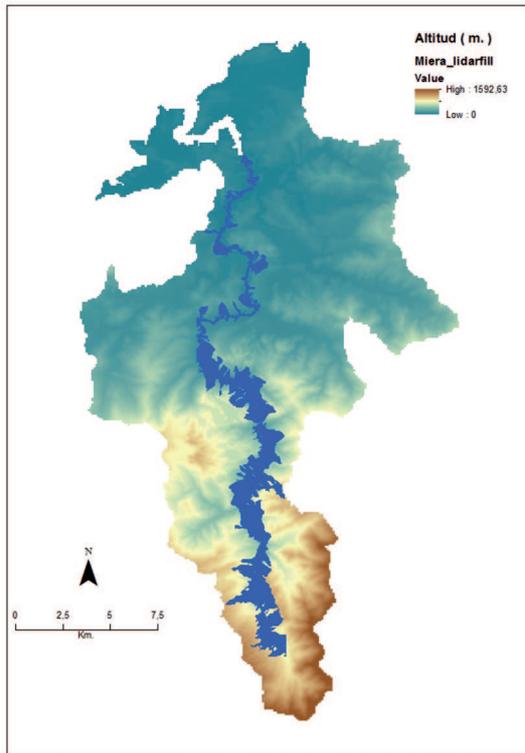
Anexo 2. Mapa geológico de la comunidad autónoma de Cantabria (Fuente: IGME).

Annex 2. Geological Map of the Autonomous Community of Cantabria (Source: IGME).

Cuencas	Secciones representativas	Niveles de terraza	Altura relativa con respecto al cauce	Área que ocupan respecto a la cuenca total (%)
Asón	11d, 11i, 12i, 12d, 13i, 13d, 15d, 33d, 43d, 43i y 45i	T5, T10, T15, T20, T25, T30, T40, T50, T70, T90, T120 y T170	5 m, 10 m, 15 m, 20m, 25 m, 30m, 40m, 50 m, 70 m, 90m, 120 m, 170 m	8,31%
Miera	11d, 12d, 15d, 17d, 20i, 21i, 26i, 33d, 35d, 42d, 43d, 43i, 44d	T5, T10, T20, T25, T30, T35, T40, T45, T70, T100 y T110-120	5 m, 10 m, 20 m, 25m, 30 m, 35 m, 40 m, 45 m, 70 m, 100m, 110 m y 120 m	8,43%
Pas	12d, 16i, 17i, 18d, 20d, 25i, 41i, 44i, 47i, 55i, 68d, 68i	T5, T10, T15, T20, T25, T30, T40, T45, T50, T55 T130, T170	5 m, 10 m, 15 m, 20m, 25m, 30m, 40m, 45 m, 50 m, 55 m 130 m, 170m	7,53%
Saja-Besaya	19i, 20i, 24d, 25i, 31i, 57i, 66i, 70i, 75d, 76d, 78d, 81d, 83d, 84d, 85d, 86d, 86i, 87d, 92i, 93d, 94d, 95d, 97d, 100d, 102d, 102i	T10, T15, T20, T40, T60, T70, T80, T90, T100, T150 y T160	5 m, 10 m, 15 m, 20m, 30m, 35m, 40m, 50 m, 55 m, 60 m, 70 m, 90 m, 100 m, 150 m, 160m	6,53%
Nansa	3d, 4i, 6d, 6i, 7d, 7i, 8i, 11i, 12d, 12i, 13d, 15d, 15i, 16i, 17d, 17i, 18d, 19i, 20i, 24i, 25i, 26i, 27i, 28i, 34d, 35d, 35i, 36d, 36i, 37d, 37i, 38i, 39i, 40d, 40i, 41d, 42d, 43d, 57i, 58i, 59i, 63i, 67d, 77i, 78d, 78i, 92i, 99i, 100i, 101i, 106i, 112d, 137i, 138d, 138i, 139i, 140i, 141i, 142i, 143i, 144i, 145i	T5, T10, T15, T20, T25, T30, T40, T50, T70, T80, T100, T120 y T160	5m, 10 m, 15 m, 20m, 25 m, 30 m, 40 m, 50 m, 70 m, 80 m, 100 m, 120 m y 160 m	11,1%

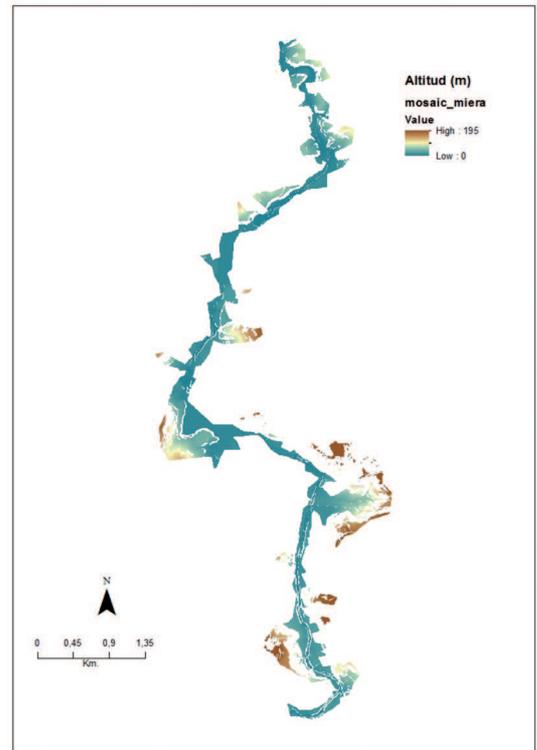
Anexo 3. Secciones más relevantes, niveles de terraza, cota con respecto al cauce actual y porcentaje relativo del mcda con respecto a la cuenca total.

Annex 3. Most relevant sections, terrace levels, Elevation on the level of the current channel and relative percentage of the mcda regarding the total basin.



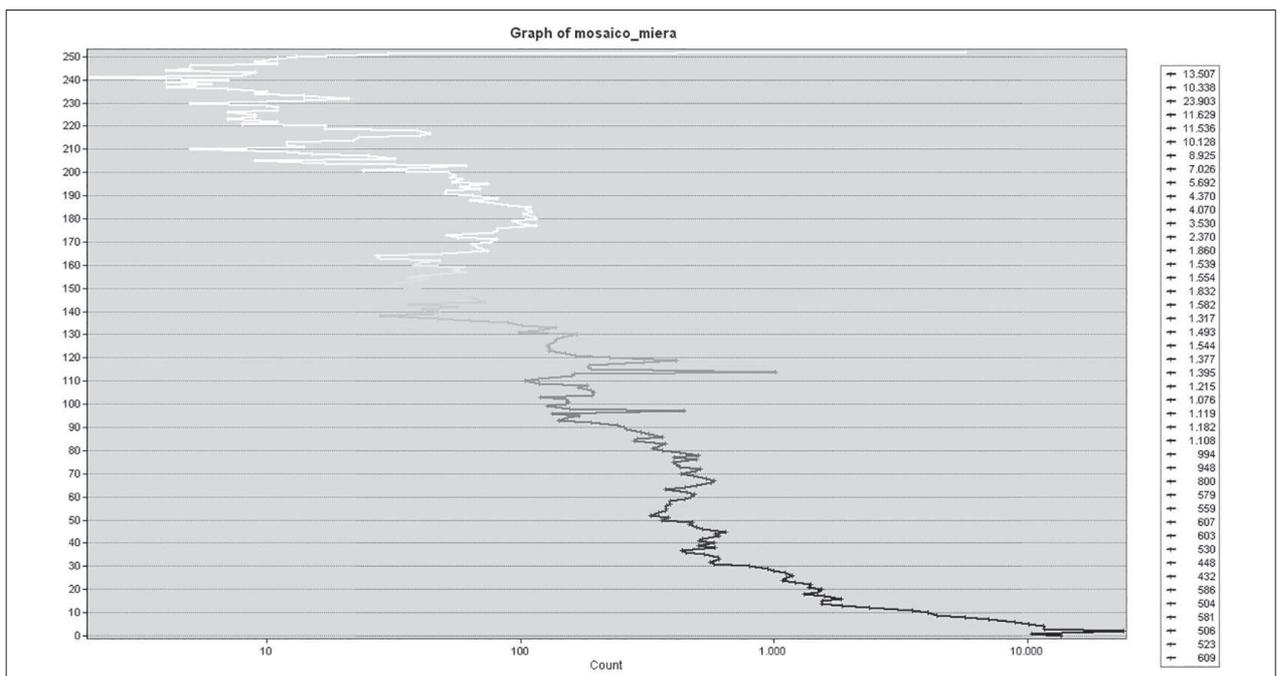
Anexo 4. Main Chanel Drainage Area (mcda) de la cuenca del Río Miera (azul oscuro) representado en el MDE de la cuenca del río Miera.

Annex 4. Miera river basin Main Chanel Drainage Area (mcda) (dark blue) represented in the Miera basin DEM.



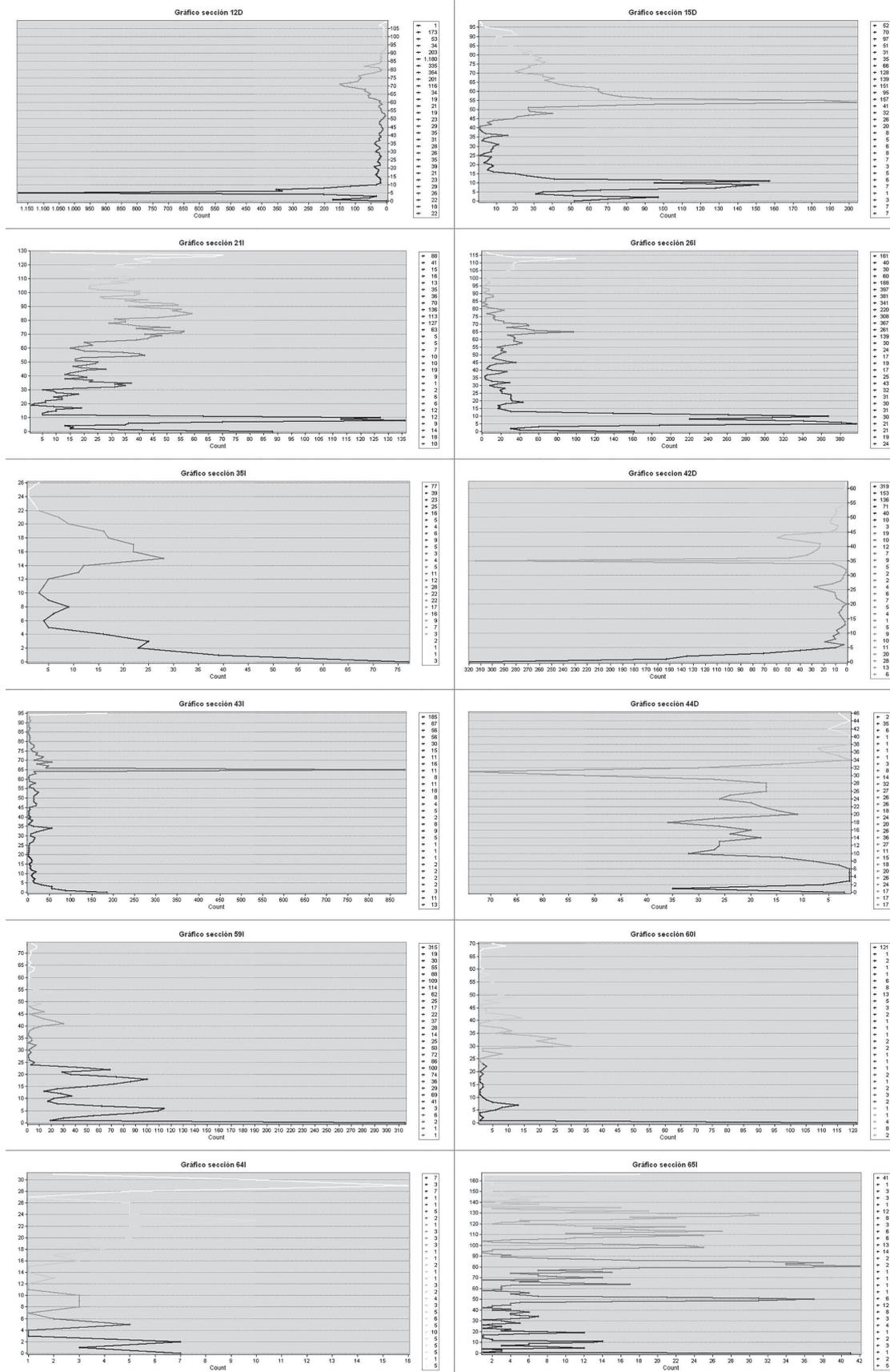
Anexo 5. Cartografía de las altitudes relativas de las ATPs del río Miera.

Annex 5. Cartography of the relative altitudes of the Miera's PTA.



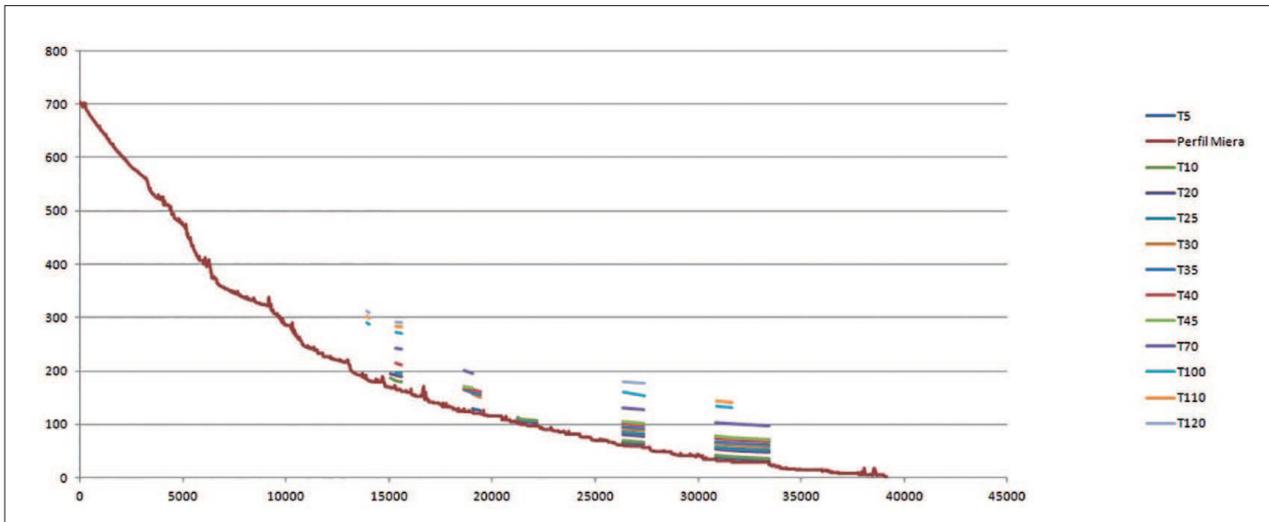
Anexo 6. Gráfico Altitud vs numero de pixeles en escala logarítmica de la cuenca del Miera.

Annex 6. Graphic of Altitude vs pixels number in logarithmic scale of the Miera basin.



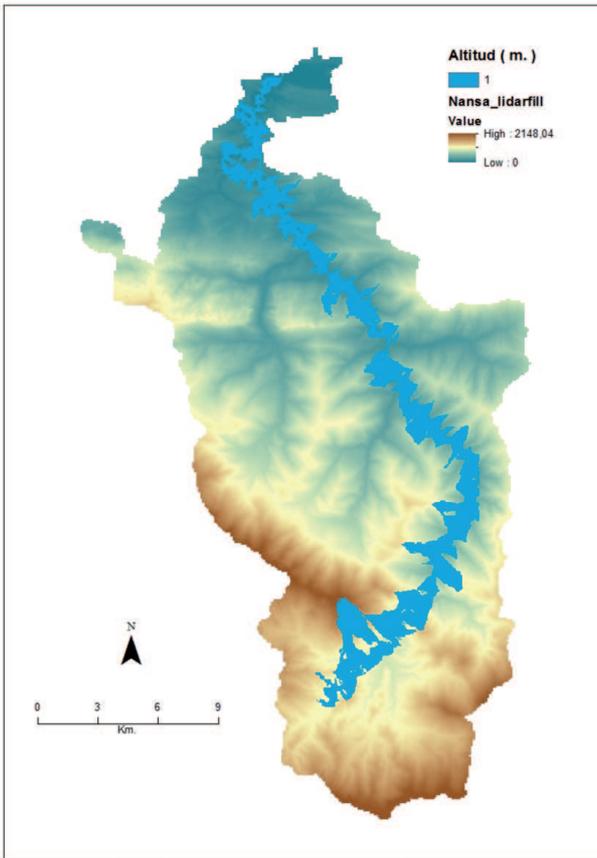
Anexo 7. Gráficos de las secciones destacadas (ver Anexo III) de la cuenca del Miera.

Annex 7. Graphic of the highlighted sections (see Annex III) of the Miera basin.



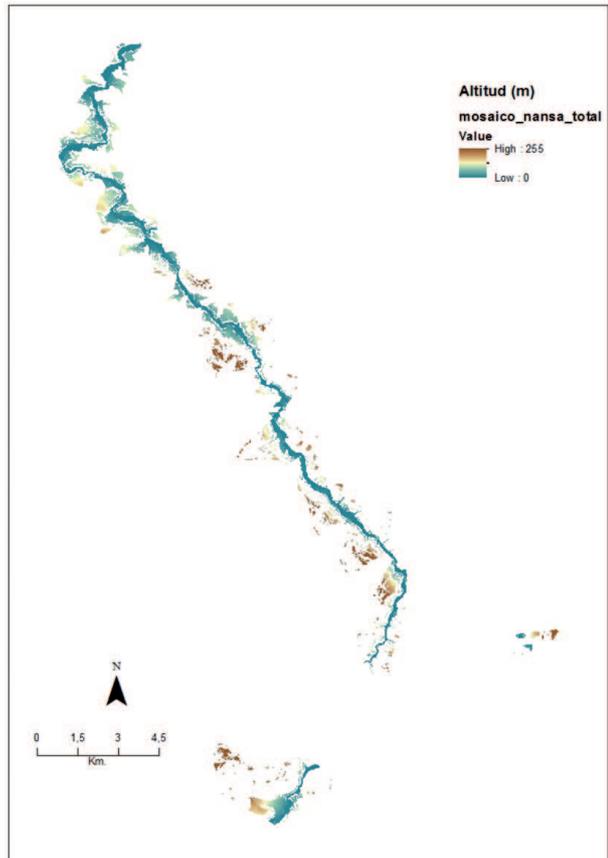
Anexo 8. Localización de las ATPs en el perfil longitudinal del río Miera.

Annex 8. Location of the PTAs in Miera longitudinal profile.



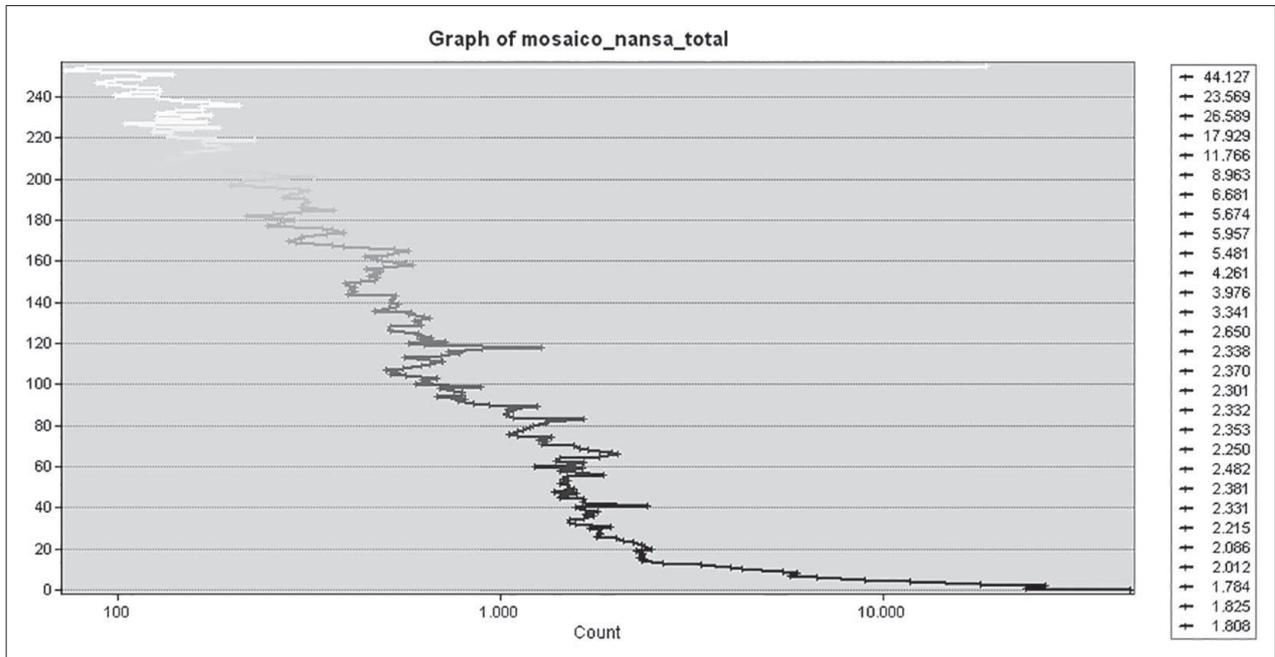
Anexo 9. Main Chanel Drainage Area (mcda) de la cuenca del Rio Nansa (azul oscuro) representado en el MDE de la cuenca del rio Nansa.

Annex 9. Nansa river basin mcda (dark blue) represented in the Nansa basin DEM.



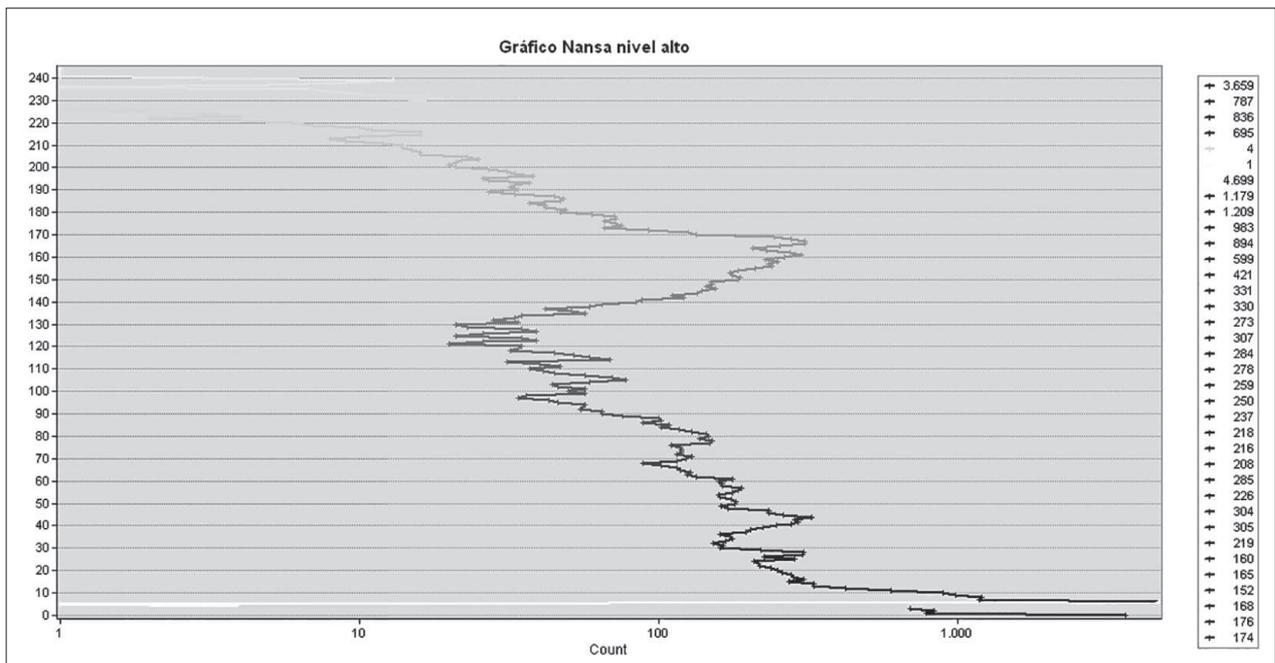
Anexo 10. Cartografía de las altitudes relativas de las ATPs del río Nansa.

Annex 10. Cartography of the relative altitude of the Nansa's PTA.



Anexo 11. Gráfico Altitud vs numero de pixeles en escala logarítmica de la cuenca del Nansa (parte baja).

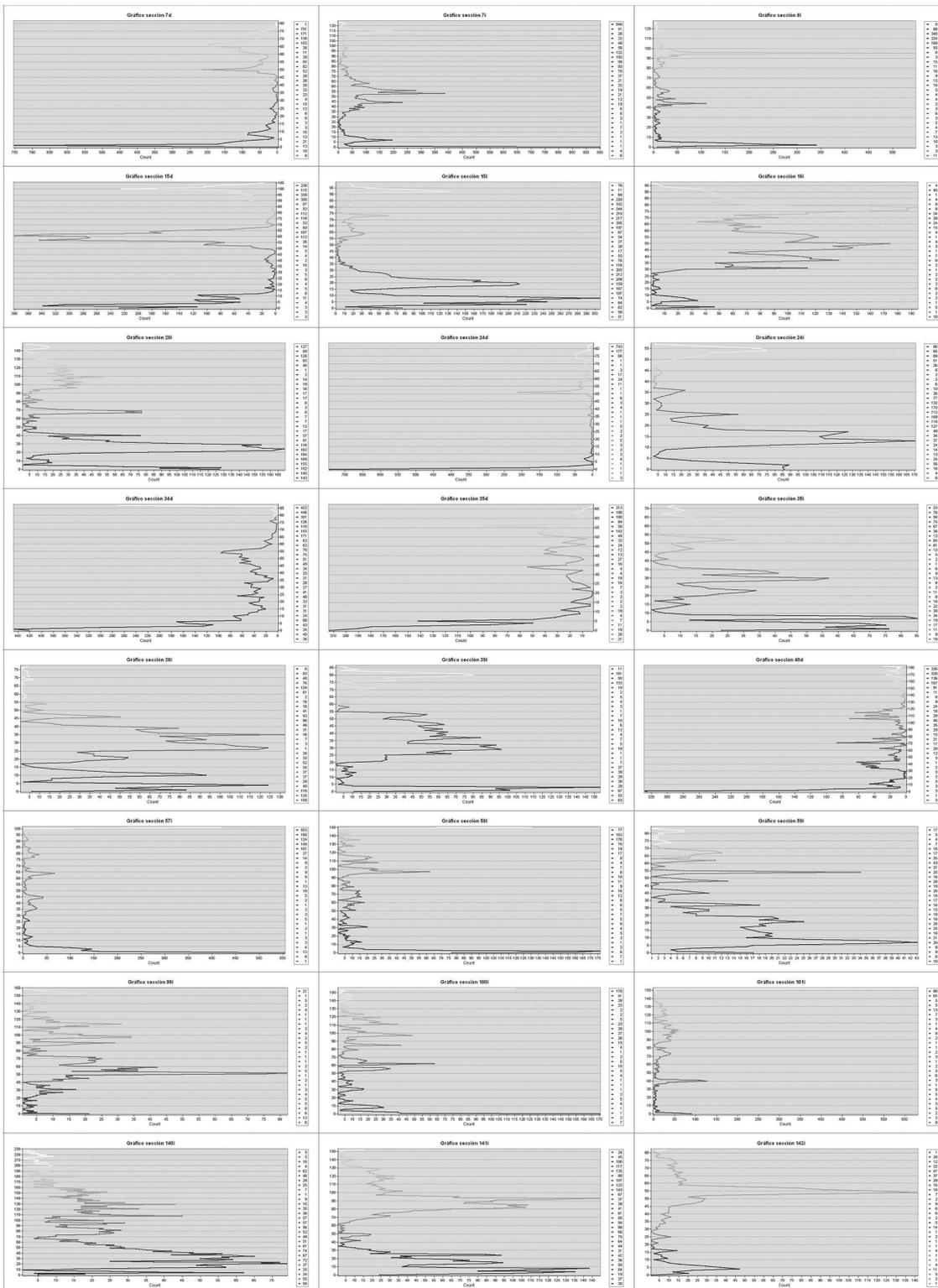
Annex 11. Graphic of altitude vs pixel number in logaritmic scale of the Nansa basin (lower part).



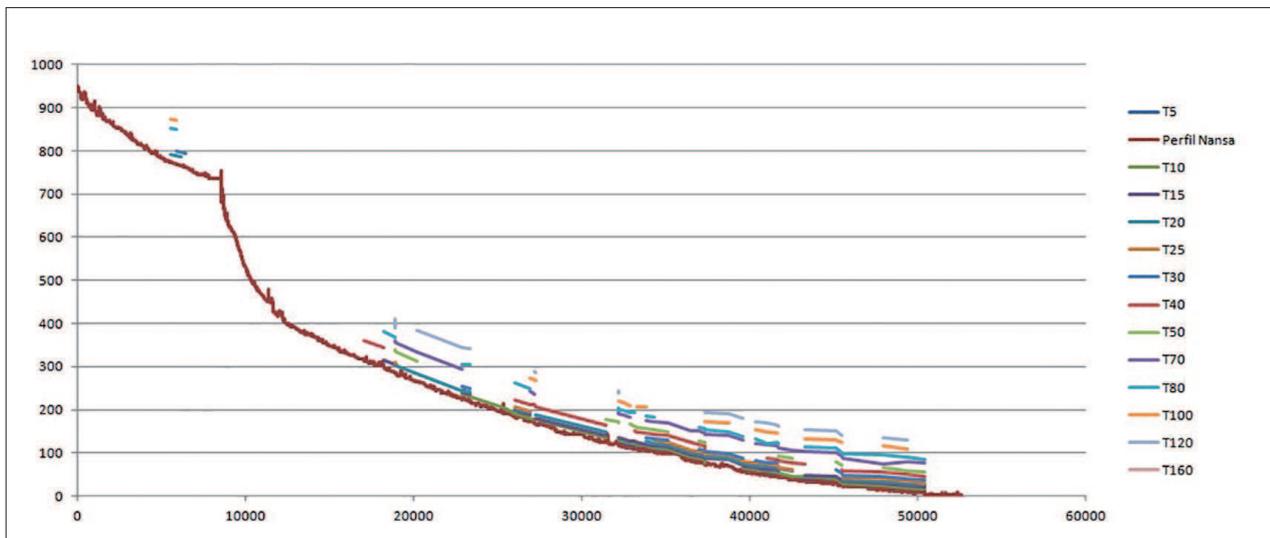
Anexo 12. Gráfico Altitud vs numero de pixeles en escala logarítmica de la cuenca del Nansa (parte alta).

Annex 12. Graphic of altitude vs pixel number in logaritmic scale of the Nansa basin (high part).

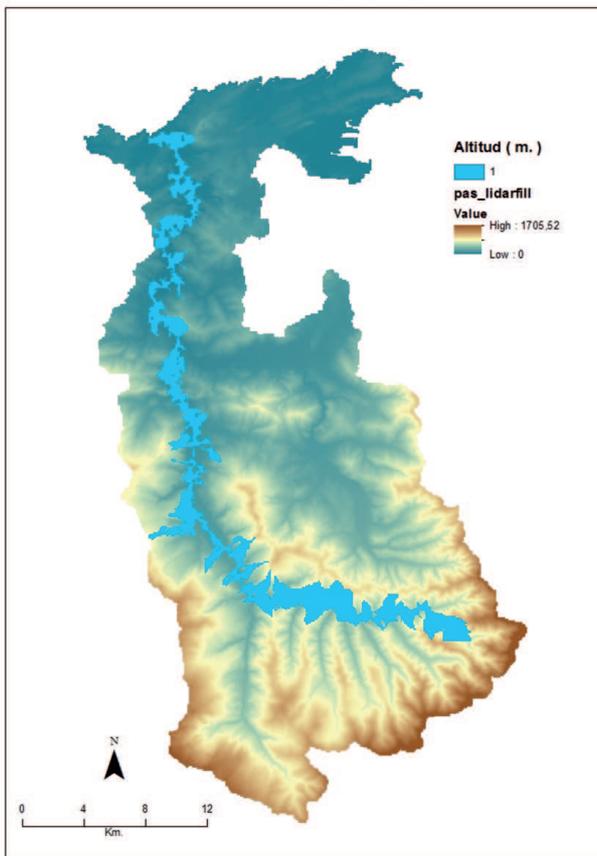




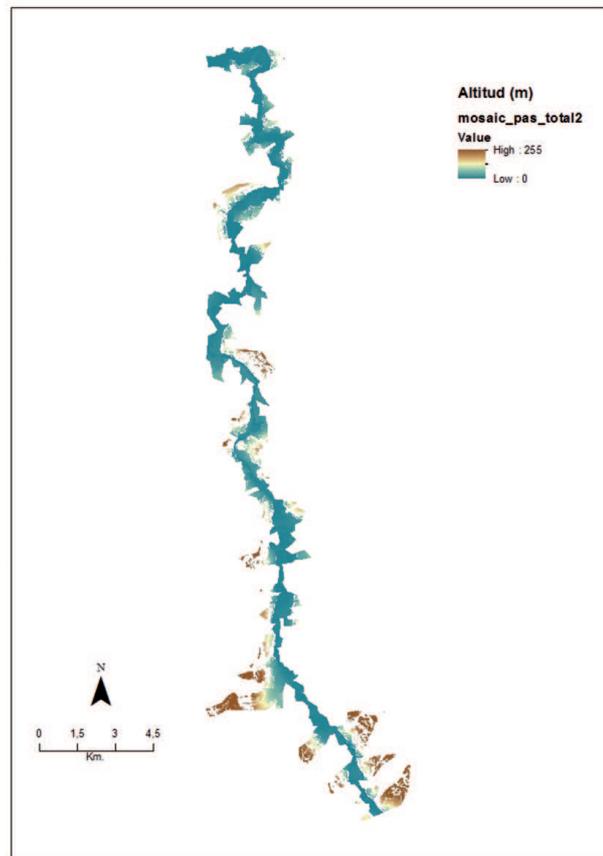
Anexo 13. Gráficos de las secciones destacadas (ver Anexo III) de la cuenca del Nansa.
Annex 13. Graphic of the highlighted sections (see Annex III) of the Nansa basin.



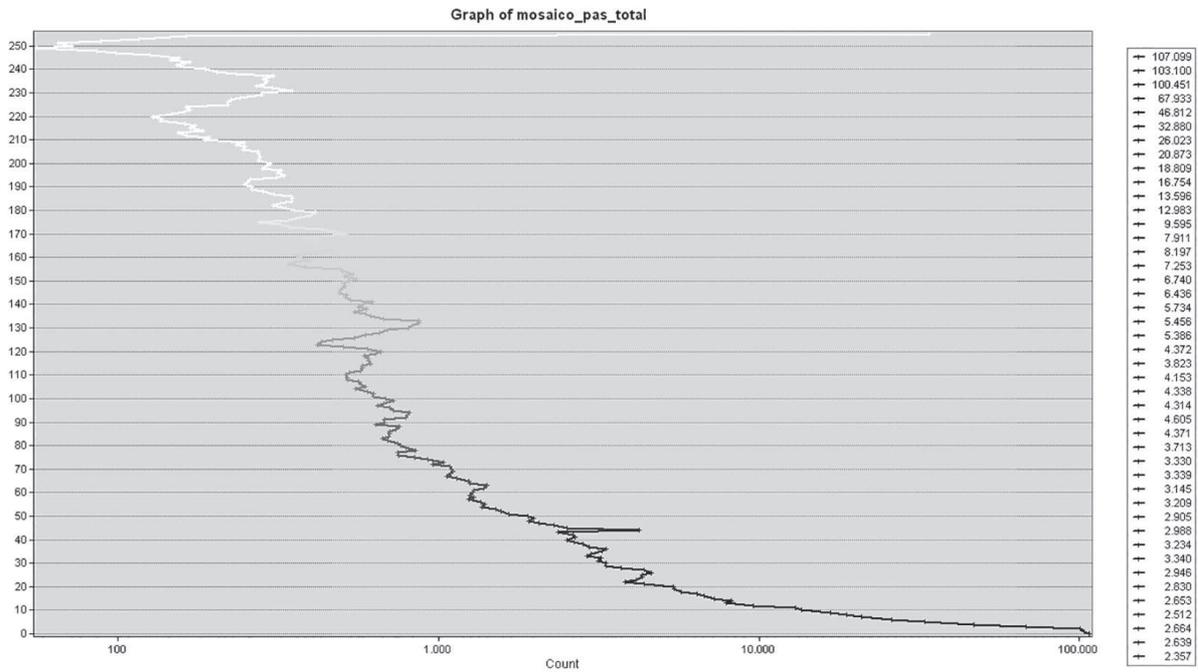
Anexo 14. Localización de las ATPs en el perfil longitudinal del río Nansa.
Annex 14. Location of the PTAs in the Longitudinal profile of the river Nansa.



Anexo 15. Main Chanel Drainage Area (mcd) de la cuenca del Rio Pas (azul oscuro) representado en el MDE de la cuenca del rio Pas.
Annex 15. Pas river basin mcd (dark blue) represented in the Pas basin DEM.

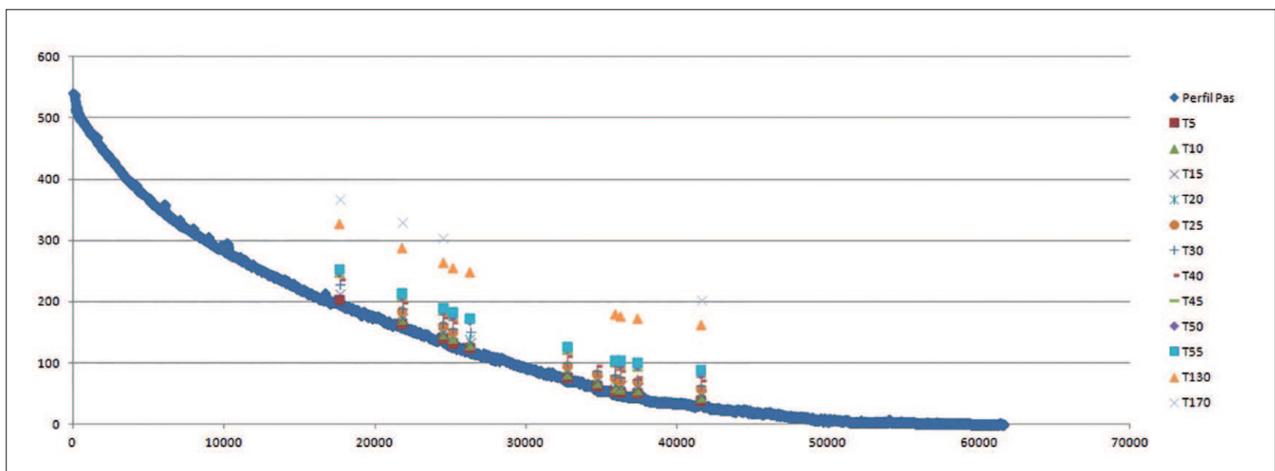


Anexo 16. Cartografía de las altitudes relativas de las ATPs de la cuenca fluvial del Pas.
Annex 16. Cartography of the relative altitude of the Pas basin PTA.



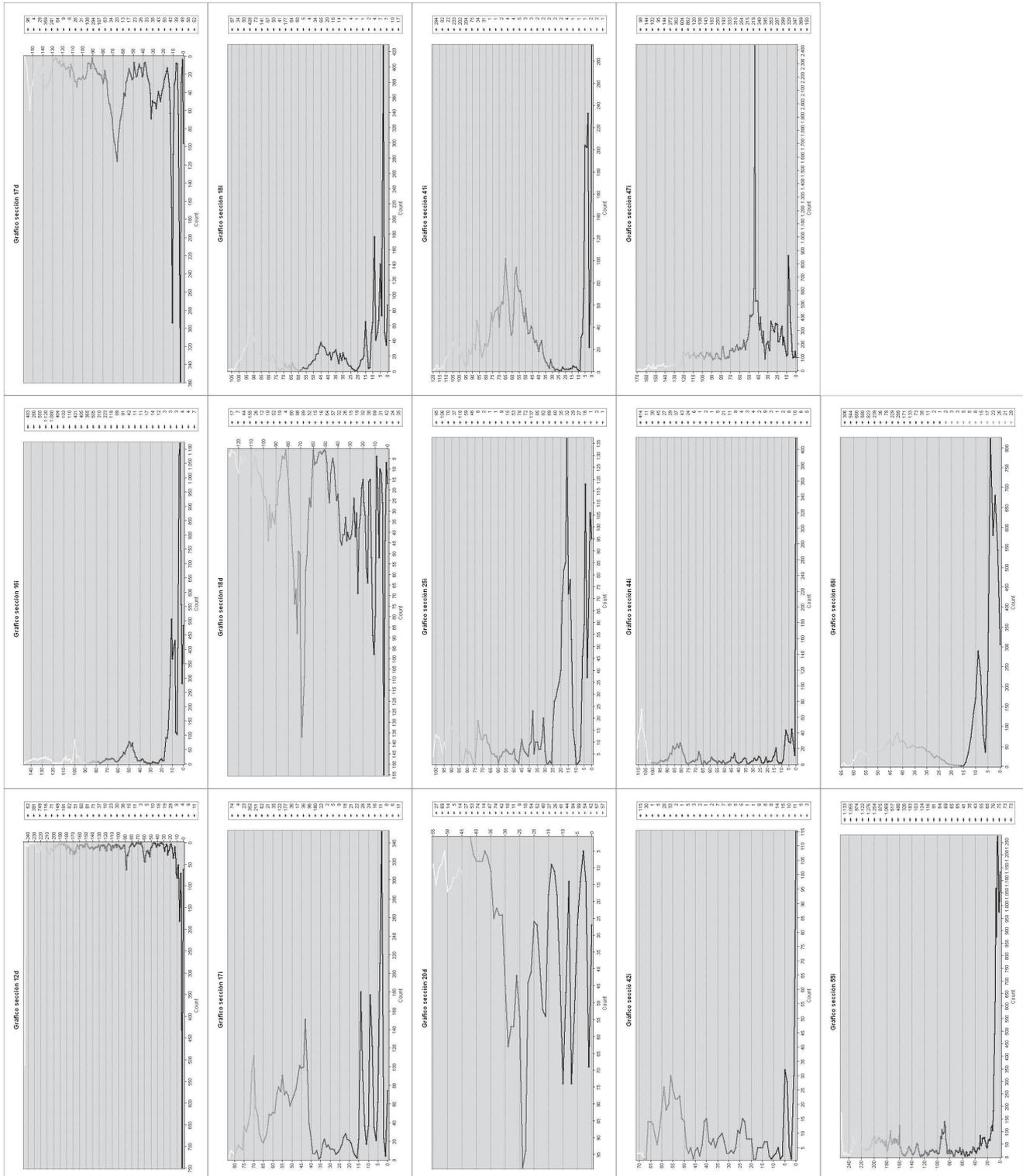
Anexo 17. Gráfico Altitud vs numero de pixeles en escala logarítmica de la cuenca del Pas.

Annex 17. Graphic altitude vs pixel number in logarithmic scale of the Pas basin.

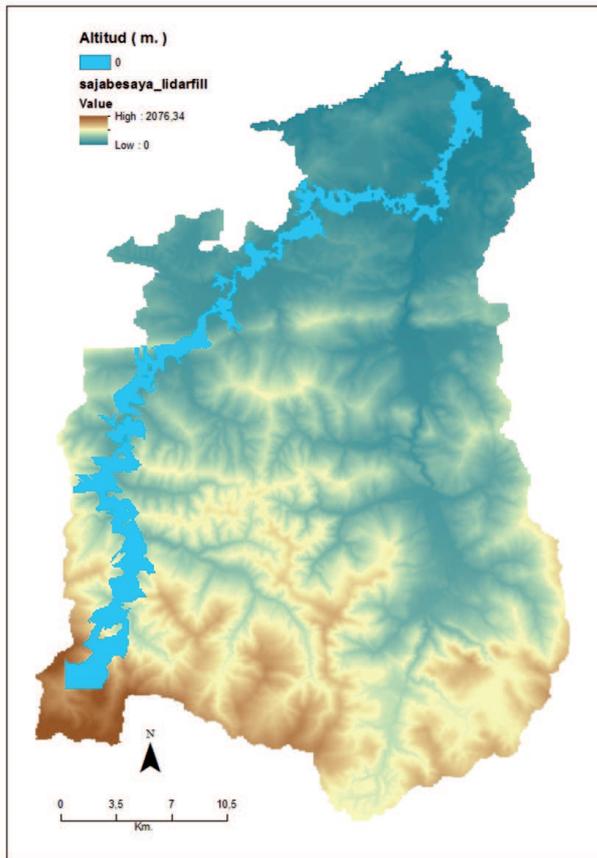


Anexo 18. Gráficos de las secciones destacadas (ver Anexo III) de la cuenca del Pas.

Annex 18. Graphics of the highlighted sections (see Annex III) of the Pas basin.

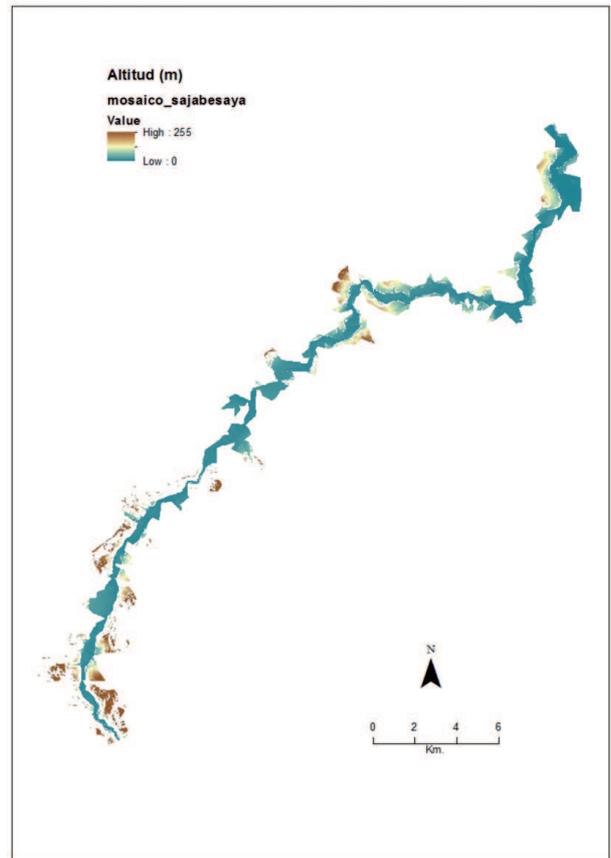


Anexo 19. Localización de las ATPs en el perfil longitudinal del río Pas.
Annex 19. Location of the PTAs in the longitudinal profile of river Pas.



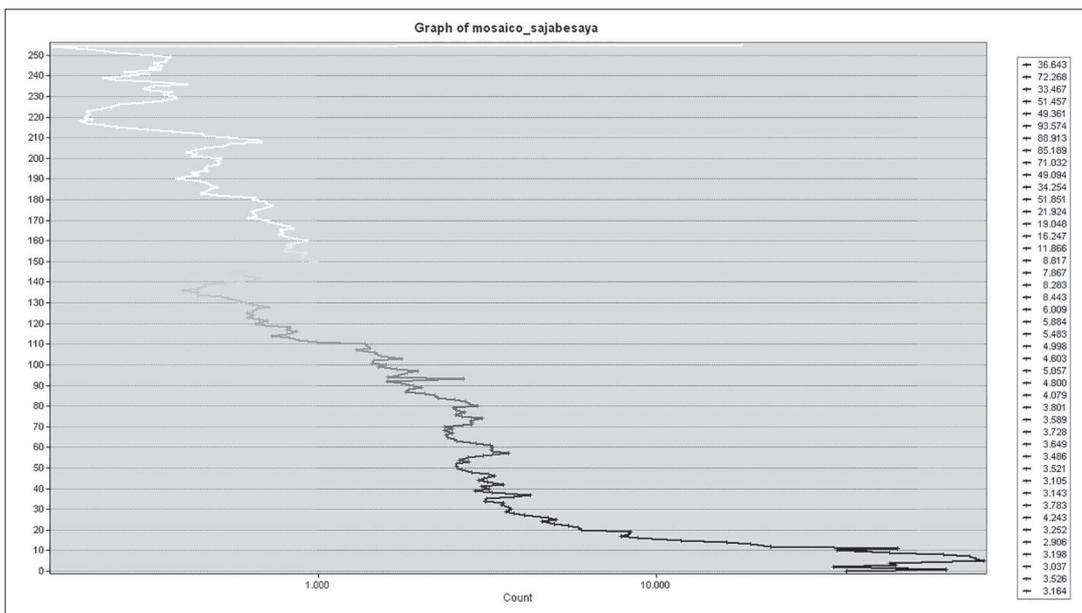
Anexo 20. Main Chanel Drainage Area (mcda) de la cuenca de los rios Saja y Besaya (azul oscuro) representado en el MDE de la cuenca del Saja-Besaya. Besaya basin DEM.

Annex 20. Saja Besaya river basin mcda (dark blue) represented in the Saja-Besaya basin DEM.



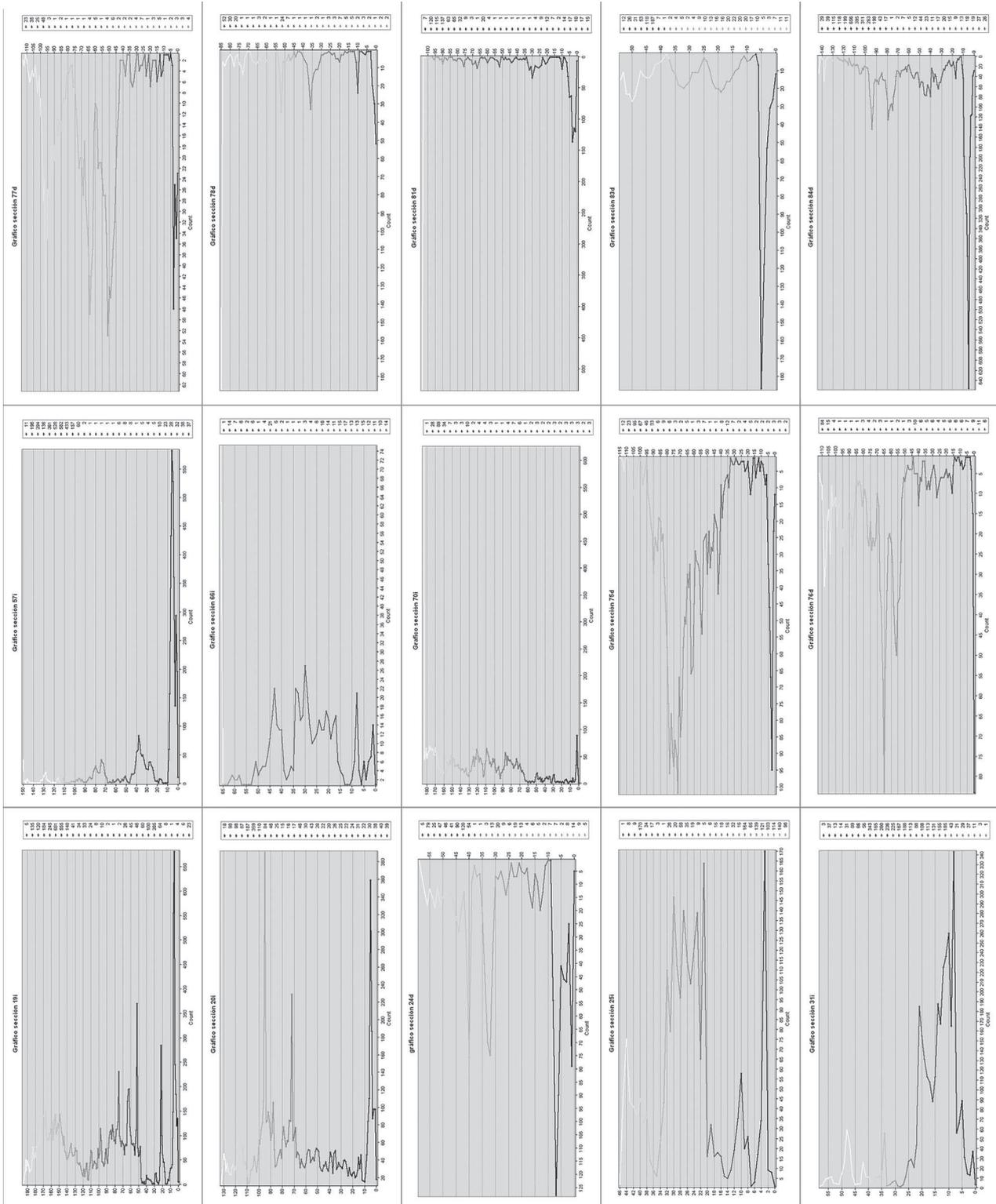
Anexo 21. Cartografía de las altitudes relativas de las ATPs de la cuenca fluvial del Saja-Besaya.

Annex 21. Cartography of the relative altitude of the PTAs of the Saja-Besaya fluvial basin.

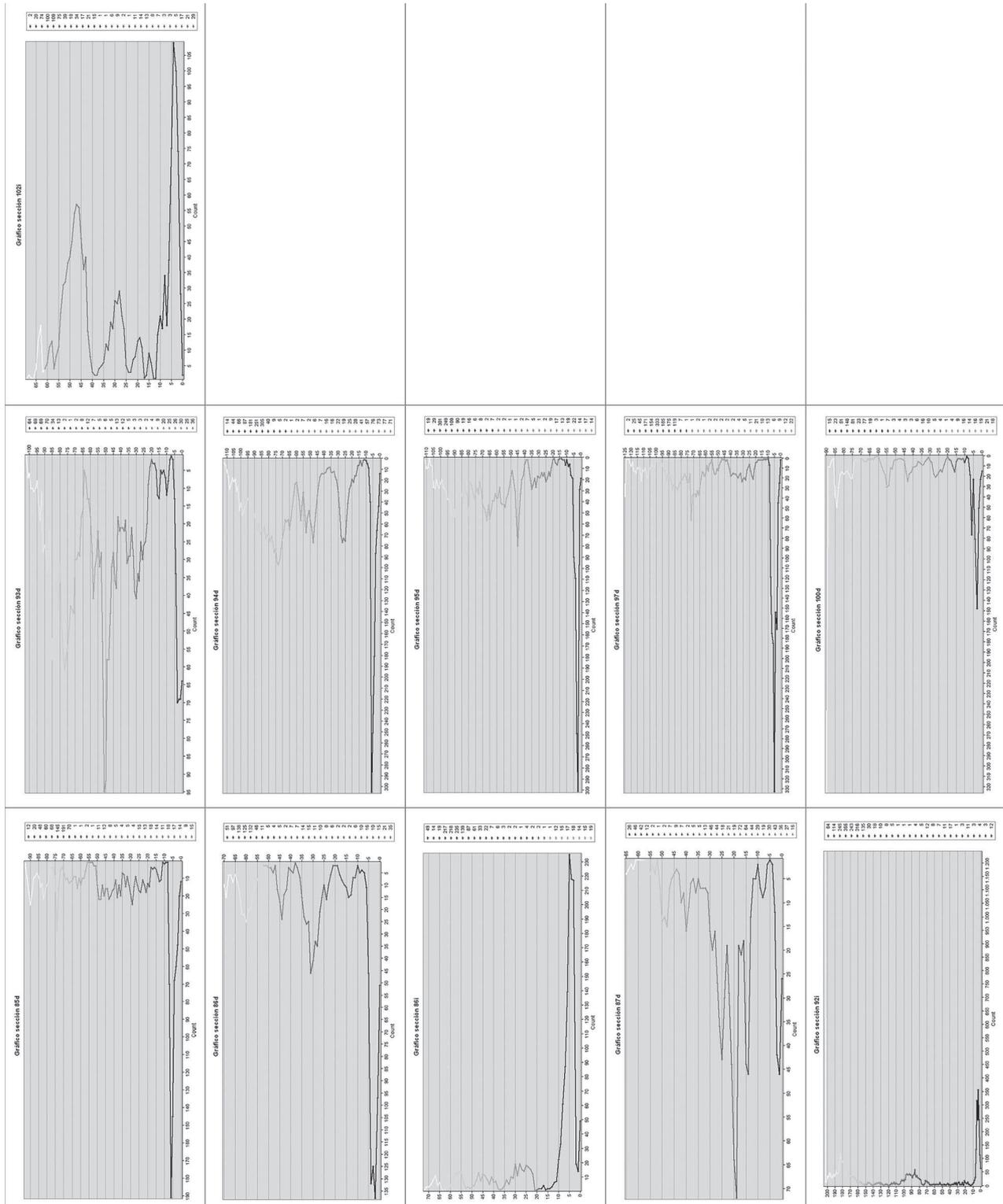


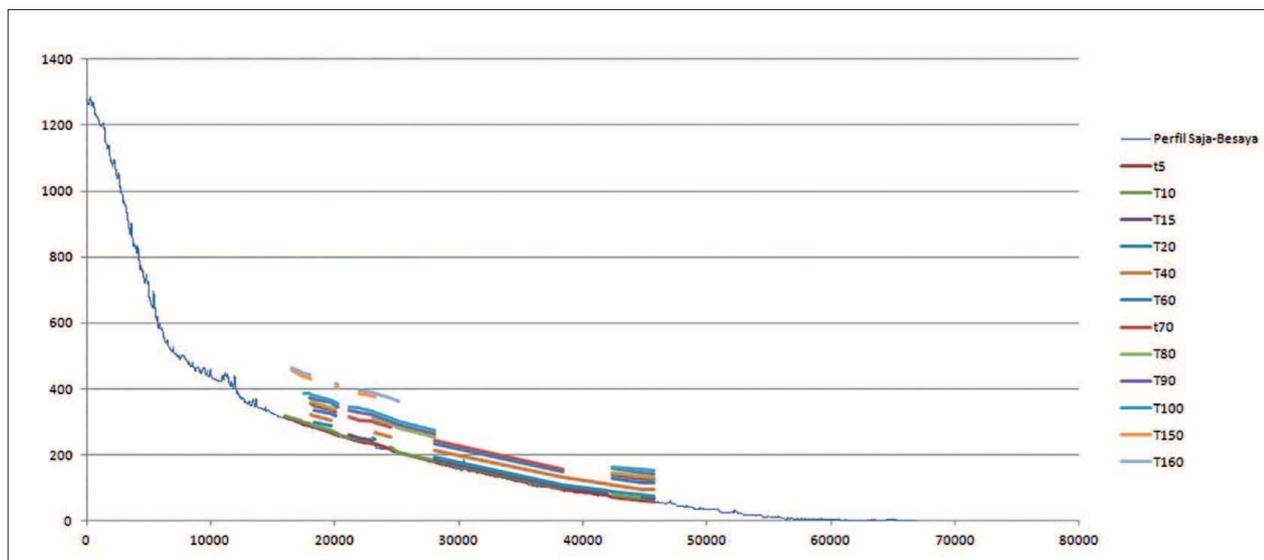
Anexo 22. Gráfico Altitud vs numero de pixeles en escala logarítmica de la cuenca del Saja-Besaya.

Annex 22. Graphic altitude vs pixel number in logarithmic scale of the Saja-Besaya basin.



Anexo 23. Gráficos de las secciones destacadas (ver Anexo III) de la cuenca del Saja-Besaya.
Annex 23. Graphic of the highlighted sections (see Annex III) of the Saja-Besaya basin.





Anexo 24. Localización de las ATPs en el perfil longitudinal del río Saja-Besaya.

Annex 24. Location of the PTA in the longitudinal profile of the Saha-Besaya river.

CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies	nº 6	137-152	LEIOA	2016	ISSN 2445-1282
--	------	---------	-------	------	----------------

Cambios paleoceanográficos mayores en el Sur del Golfo de Vizcaya durante los estadios isotópicos marinos MIS 5 y MIS 4: evidencias micropaleontológicas

Major palaeoceanographic changes in the South of Bay of Biscay during marine isotopic stages MIS 5 and MIS 4: micropalaeontologic evidences

PALABRAS CLAVES: Paleoceanografía, Paleoclimatología, Foraminíferos, Ostrácodos, S. Golfo de Vizcaya, MIS 5 y MIS 4.
KEY WORDS: Palaeoceanography, Palaeoclimatology, Foraminifers, Ostracods, South Bay of Biscay, MIS 5 and MIS 4.

Zeltia VARELA GARCÍA⁽¹⁾

RESUMEN

Los cambios paleoceanográficos mayores en el Sur del Golfo de Vizcaya durante el MIS 5 y el MIS 4, fueron estudiados mediante el análisis micropaleontológico de 26 muestras de un testigo profundo extraído a 2280 m de profundidad en el Suroeste de la plataforma de las Landas. Se analizaron las tendencias de las abundancias relativas de foraminíferos planctónicos, bentónicos y ostrácodos, y el índice de oceanidad. Se utilizaron como indicadores planctónicos semicuantitativos la presencia de *Neogloboquadrina pachyderma* sinistra y de *Orbulina* para estimar las paleotemperaturas relativas de las masas de agua superficiales, frías o cálidas, respectivamente. Como indicadores bentónicos se consideró la presencia de los foraminíferos bulimínidos, para indicar condiciones de hipoxia, y de *Cassidulina* y *Krithe* (ostrácodo) para los intervalos de enfriamiento. Los resultados, corroborados con los datos de la geoquímica, la susceptibilidad magnética y la granulometría, permiten distinguir los paleoambientes que dominaron en la cuenca durante el MIS 5 y el MIS 4. El MIS 5 fue, en general, un período cálido en el que hay constancia de la influencia de masas de agua fría superficiales, con menores batimetrías que el MIS 4. Durante el MIS 4 se produjo un enfriamiento progresivo registrándose un aumento del nivel del mar relativo.

ABSTRACT

Major palaeoceanographic changes in the South of Bay of Biscay during MIS 5 and MIS 4 were studied by micropalaeontological analyses of 26 core samples collected at 2280 m water depth in the SW Landes plateau. Trends of relative abundances of benthic and planktonic foraminifers and ostracods, as well as the oceanity index were analyzed for the microfauna. *Neogloboquadrina pachyderma* sinistral and *Orbulina* were used as semi-quantitative planktonic proxies for surface palaeotemperature of water masses, which were cold and warm, respectively. The presence of benthic proxies like the foraminifer buliminids is indicative of hypoxia, while the occurrence of *Cassidulina* and *Krithe* (ostracod) is indicative of cooling environmental conditions. The results, supported by data from geochemistry, magnetic susceptibility and grain size, allow distinguishing the palaeoenvironments that dominated in the basin during MIS 5 and MIS 4. Although there is punctual evidence of the influence of cold water surface masses, the MIS 5 was overall a warm period with bathymetries shallower than MIS 4. Meanwhile during MIS 4 there was a gradual cooling and an increase of sea level was registered in this basin.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

El Golfo de Vizcaya es una cuenca sedimentaria de margen pasivo con una extensión de aproximadamente 900000km² que alcanza profundidades de 4975m.

La cuenca está delimitada al Norte por las plataformas Armoricana y Céltica, al Este por la plataforma Aquitana, al Sur por el margen Nor-Ibérico y al Oeste se abre al océano Atlántico (Figura 1).

La circulación superficial se resume en líneas muy generales en corrientes que fluyen de Oeste a Este, salvo en el verano, que invierten su dirección (FRAGA *et al.*, 1982).

⁽¹⁾ Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea. zeltia.varela.garcia@gmail.com

Directores: Dr. Julio Rodríguez Lázaro, Dra. Ana Pascual Cuevas. Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea.



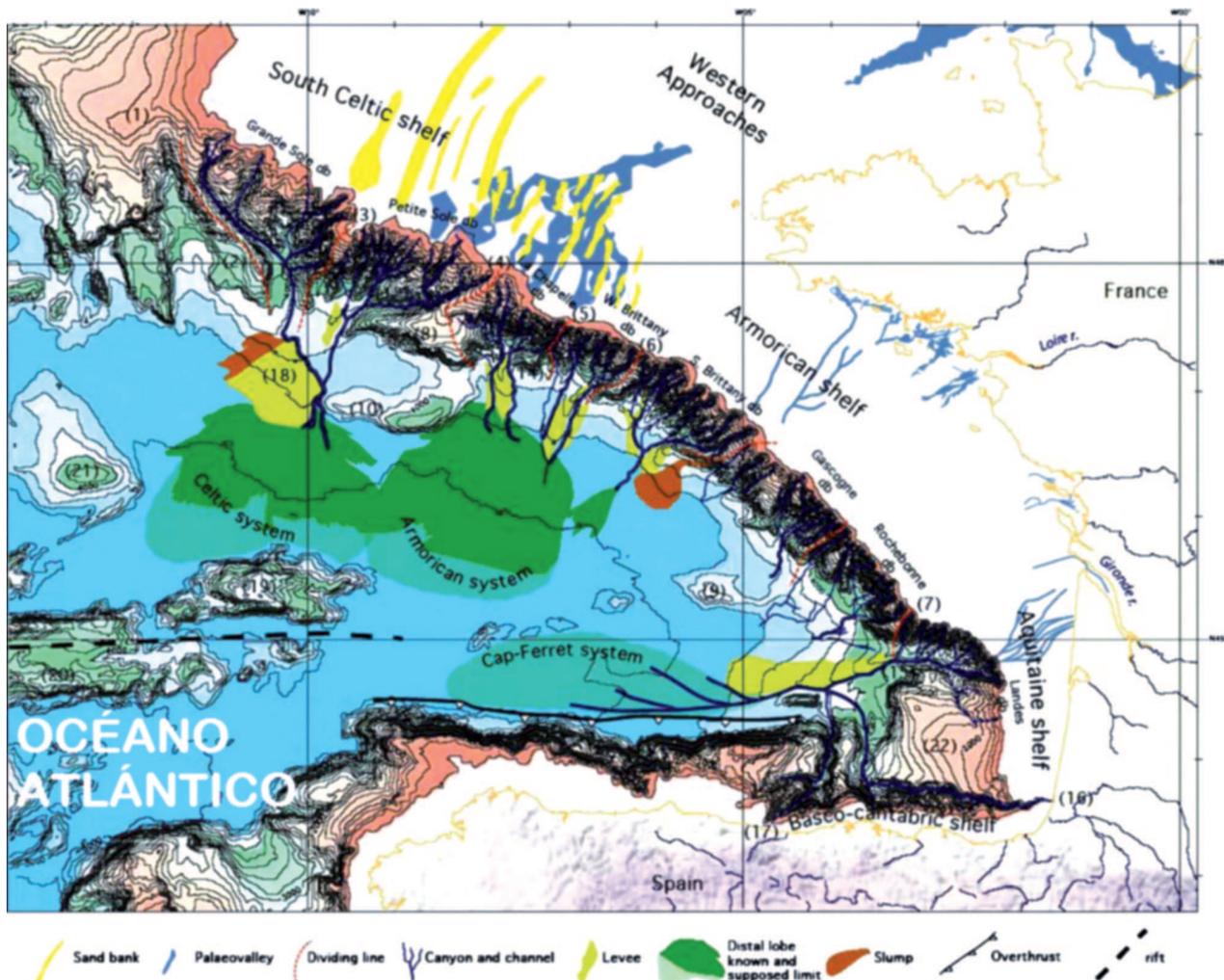


Figura 1. Localización del Golfo de Vizcaya. Modificada de BOURILLET *et al.* (2006).
Figure 1. Location of the Bay of Biscay. Modified from BOURILLET *et al.* (2006).

La circulación termohalina, se debe a la superposición de cuatro masas de agua de densidades diferentes (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1999). En la columna de agua, entre los 200 y 600m de profundidad, aparece el Agua del Atlántico Nororiental (**ENAW**), una masa de agua de baja salinidad cuyo mayor espesor se alcanza en invierno; su origen posiblemente esté relacionado con la corriente del Labrador y con el Agua Intermedia Antártica (**AAIW**) (TSUCHIYA *et al.*, 1992; DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1999). Por debajo de la **ENAW**, entre los 700 y 1300 m de profundidad encontramos el Agua de Desbordamiento Mediterránea (**MOW**), una masa de agua intermedia de elevada salinidad que fluye desde el Mediterráneo hacia el norte del Atlántico, a lo largo de la costa europea. El Agua del Mar del Labrador (**LSW**) normalmente se encuentra por debajo de los 1000 m de profundidad en la columna de agua, pero en el Golfo de Vizcaya no se suele identificar como tal, ya que suele mezclarse con la **MOW**. Así, al darse una mezcla entre las dos masas de agua, ambas se consideran masas de agua intermedias. Por debajo la **LSW** o de la mezcla entre la **MOW** y la **LSW**, fluye el Agua de Fondo (**BW**), influenciada por el Agua Profunda del Atlántico Norte (**NADW**) y por el Agua de Fondo Antártica (**AABW**).

El Cuaternario es un periodo que abarca aproximadamente los últimos 2,58 millones de años (GIBBARD *et al.*, 2010). Durante este periodo se produjo un enfriamiento generalizado que comenzó a finales del Plioceno, hace 2,75 millones de años (ROSE, 2010). Se caracteriza por un clima mayoritariamente frío. Posiblemente el motor del enfriamiento sea la tectónica de placas y esté influenciado asimismo por la circulación oceánica, que juega un papel clave en la redistribución del calor en la superficie terrestre.

Durante el Cuaternario han tenido lugar periodos fríos y no fríos (estadios glaciales e interglaciales), como el Estadio Isotópico Marino 4 (Marine Isotopic Stage 4, MIS 4) y el MIS 5, en los que a su vez se alternan episodios estadiales (fríos) e interestadiales (no fríos). Los episodios estadiales e interestadiales están regulados por tres fenómenos astrofísicos: la excentricidad, la oblicuidad y la precesión de la órbita terrestre. Estos fenómenos se conocen como Ciclos de Milankovitch, y se producen de manera cíclica cada 96000 años, 42000 años y 21000 años respectivamente. Los Ciclos de Milankovitch explican las variaciones climáticas cada 41000 años que se produjeron desde el inicio del enfriamiento hace 2,75 millones de años y que continuaron durante el Cuaternario hasta hace 900000 años (ciclos de oblicuidad, con elevada amplitud y baja frecuencia). También las variaciones climáticas cada 100000 años que se produjeron desde hace 900000 años hasta la actualidad (ciclos de excentricidad, de gran amplitud y frecuencia mucho menor) (Figura 2).

El MIS 5 y el MIS 4 son dos estadios isotópicos marinos, un periodo interglacial y un glacial respectivamente, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno superior, cuando dominaban los ciclos climáticos de 100000 años (Figura 2).

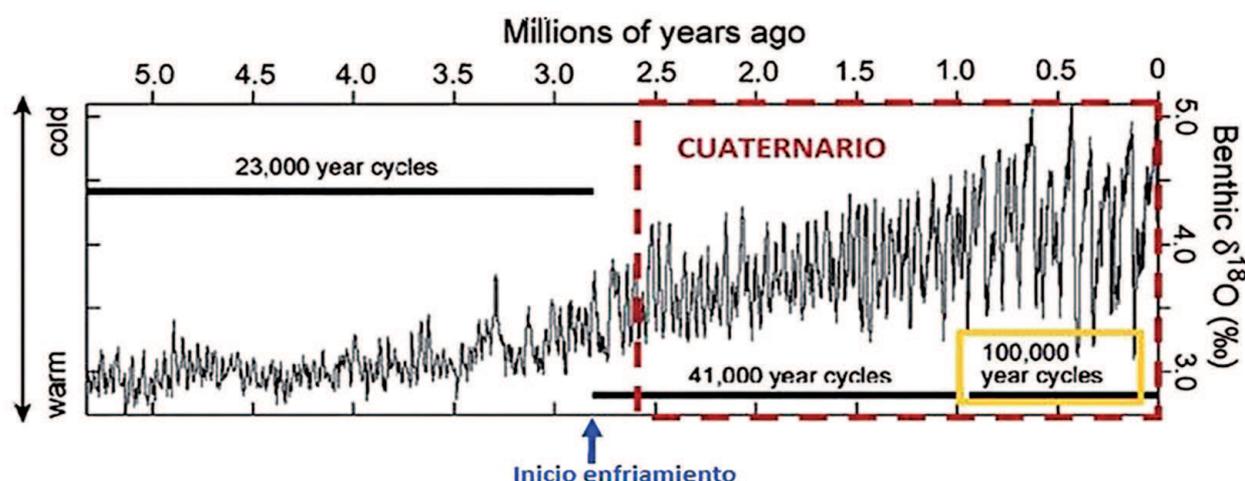


Figura 2. Efecto de los Ciclos de Milankovitch sobre el clima. En los millones de años previos al enfriamiento, se observan los efectos de los ciclos de precesión de la órbita terrestre. A partir de 2,75 millones de años, coincidiendo con el inicio del enfriamiento y hasta hace 900000 años, se observan los de la oblicuidad de la órbita cada 42000 años y desde hace 900000 años hasta la actualidad, los efectos de los ciclos de excentricidad. Los cambios en la precesión, oblicuidad y excentricidad de la órbita planetaria causan variaciones en la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre, dando lugar a estadios glaciales e interglaciales y a episodios estadiales e interestadiales (modificada de ROSE, 2010).

Figure 2. The effect of Milankovitch cycles over climate. The effects of the precession forcing cycles are observed in the million years before the cooling. From 2.75 million years, when the cooling started and until 900000 years, there are obliquity forcing cycles of the orbit every 42000 years and from 900000 years ago to the present, the effects of eccentricity forcing cycles. Changes in precession, obliquity and eccentricity of the planetary orbit cause variations in the amount of solar radiation, which reaches the Earth's surface, leading to glacial and interglacial stages and to stadials and interstadials episodes (modified from ROSE, 2010).

De acuerdo con la revisión de OTVOS (2014), el MIS 5 comenzó hace unos 132000 años y finalizó con el inicio del MIS 4 hace 71000 años. En sus más de 60000 años de duración, a pesar de caracterizarse como un interglacial, el MIS 5 está marcado por oscilaciones climáticas que dieron lugar a episodios cálidos, interestadiales y fríos, estadiales, alternos. Estas variaciones están representadas en la literatura por medio de letras; así el MIS 5 se divide en 5a, 5b, 5c, 5d y 5e (Tabla 1).

El MIS 4 es un periodo glacial que comenzó hace 71000 años y duró hasta hace 55000 años. A mediados del MIS 4 tuvo lugar una descarga masiva de icebergs en el Atlántico Norte (Eventos Heinrich, HE) debido al adelgazamiento de la plataforma de hielo en el Ártico (HEINRICH, 1988). Durante el viaje por el océano hacia el sur, los icebergs se fueron derritiendo y el material detrítico que portaban, los *Ice*

MIS 5	ESTADIAL/INTERESTADIAL	DURACIÓN
5a	INTERESTADIAL	~85-71 ka
5b	ESTADIAL	~92-85 ka
5c	INTERESTADIAL	~105-92 ka
5d	ESTADIAL	~115/112-105 ka
5e	INTERESTADIAL	~132-115/112 ka

Tabla 1. El MIS 5 se divide en 5 subestadios: 5a, 5b, 5c, 5d y 5e. Comenzó hace 132 ka con un interestadial, el 5e. Este fue el interestadial de mayor duración y el más cálido de todo el MIS 5, es considerado por algunos autores como el último interglacial en sentido estricto (OTVOS, 2014). El resto de los interestadiales, 5c y 5a, son menos cálidos y los estadiales, 5d y 5b, mucho más fríos.

Table 1. The MIS 5 is subdivided into 5 sub-stages: 5a, 5b, 5c, 5d and 5e. MIS 5 began 132 ka ago within the interstadial 5e. It was the longest and warmest interstadial of the MIS 5, and it is considered by some authors "sensu stricto" as the last interglacial stage (OTVOS, 2014). The other interstadials, 5a and 5b, are considerably less warm than the 5e and the stadials 5d and 5b, are much colder than 5e.

Rafted Debris (IRD), se depositaron en capas en el fondo del océano. Este colapso de la plataforma de hielo peri-ártica que conllevó la descarga masiva de icebergs en el MIS 4 se conoce como evento Heinrich 6 (HE6). En el Golfo de Vizcaya, esta capa, al igual que otros eventos Heinrich, está caracterizada por un incremento de la especie polar de foraminífero planctónico *Neogloboquadrina pachyderma* sin. y por el incremento de los IRD (BROCHERAY *et al.*, 2014; MOJTAHID *et al.*, 2005).

En el transcurso del MIS 5 y del MIS 4 en el Sur del Golfo de Vizcaya nos encontramos ante un ambiente marino profundo con un contexto paleoceanográfico y paleoclimático que evoluciona de un período cálido a uno frío. Tanto el paleoclima, como la circulación superficial y profunda de la cuenca variaron durante el MIS 5 al igual que en el conjunto del Atlántico Norte (CORTIJO *et al.*, 1994; OPPO *et al.*, 2001), alternando periodos interestadiales y estadales.

1.2. Antecedentes

Aspectos relativos a la paleoceanografía y la paleoclimatología de la cuenca vasca han sido estudiadas con anterioridad por MARTÍNEZ-GARCÍA *et al.* (2014a y 2014b), cuyos trabajos abarcan el Cuaternario tardío, desde el MIS 3 hasta la actualidad. Otros trabajos relativos a la oceanografía y micropaleontología de ambientes recientes, pueden consultarse en PASCUAL *et al.* (2008), JOUANNEAU *et al.* (2008) y MARTÍNEZ-GARCÍA *et al.* (2013).

1.3. Justificación, hipótesis de trabajo y objetivos

En el Sur del Golfo de Vizcaya se desconoce qué paleoambientes concretos hubo durante el MIS 5 y MIS 4. Este trabajo constituye por tanto la primera aportación al estudio micropaleontológico en la zona para estos estadios isotópicos marinos. Estos resultados pueden ser el comienzo para posteriores investigaciones más complejas que nos brinden mayor información acerca de las condiciones paleoambientales de esta área.

El MIS 5 es el interglacial más parecido al que nos encontramos actualmente, mientras que con el MIS 4 se inició el penúltimo estadio glacial. Aportar nuevos datos acerca de estos intervalos nos ayudará a conocer lo que nos puede deparar el clima futuro.

Los objetivos que se plantean en este trabajo son la reconstrucción de los cambios paleoceanográficos mayores que tuvieron lugar en esta región en el MIS 5 y el MIS 4, aportando así información útil para la reconstrucción paleoambiental de la cuenca durante estos estadios isotópicos marinos.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se analizaron 26 muestras obtenidas de un testigo profundo sondeado al Sur del Golfo de Vizcaya, 43°58,91N y 03°14,02W, a 2280m de profundidad (Figura 3). El testigo PP10-17 (Figura 4), de 1792cm de longitud, se extrajo mediante un *Calypso long-piston core*, en el buque *R/V Pourquoi Pas?* durante la campaña oceanográfica SARGASS, llevada a cabo por la Universidad de Burdeos en el año 2010. Las muestras estudiadas se encuentran en el intervalo del sondeo comprendido entre los 1781 y 1171cm, que estratigráficamente se corresponden con el MIS 5 y el MIS 4.

El sondeo fue abierto en el laboratorio EPOC (*Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux*) de la Universidad de Burdeos (Figura 5). La granulometría, susceptibilidad magnética y geoquímica (Ti, Al, Fe, Ca, Mn, Si) se procesaron en ese laboratorio y el estudio micropaleontológico (foraminíferos, ostrácodos), se realizó en el laboratorio de Estratigrafía y Paleontología de la UPV/EHU.

2.1. Estudio micropaleontológico

Las muestras fueron levigadas recogiendo la fracción superior a 63µm. Posteriormente, se procedió a la separación de los microfósiles, foraminíferos planctónicos (FP), bentónicos (FB) y ostrácodos (O) de dicha fracción.

Los foraminíferos y ostrácodos son organismos que poseen mayoritariamente una concha calcárea que se preserva abundantemente en el registro sedimentario, lo que les permite ser buenos indicadores paleoambientales. Para la elaboración de los resultados se ha tenido en cuenta las abundancias re-

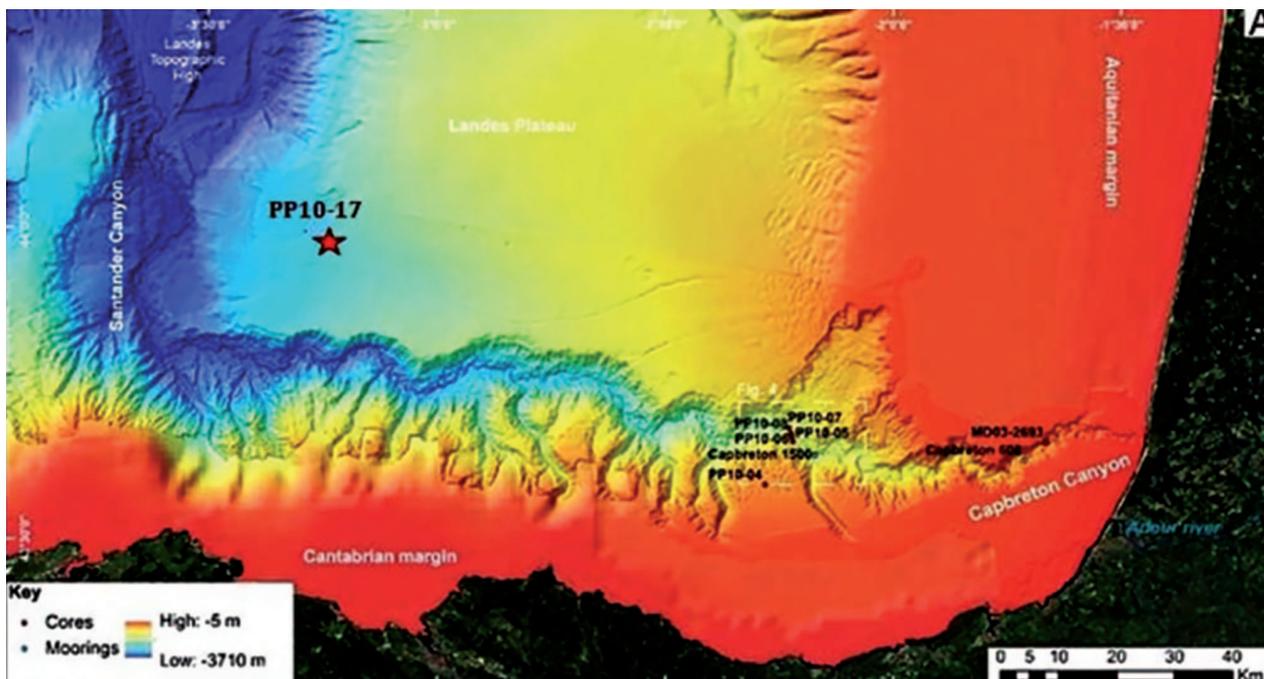


Figura 3. Localización del sondeo de estudio PP10-17 y de otros sondeos utilizados por el grupo de trabajo (modificada de BROCHERAY *et al.*, 2014).
Figure 3. Location of PP10-17 study core and other cores used by the working team. (modified from BROCHERAY *et al.*, 2014).

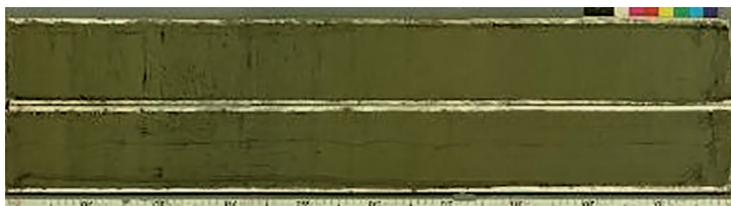


Figura 4. Aspecto del testigo PP10-17. Este fragmento de 1 m presenta un color gris oliva y un tamaño de grano fino; mayoritariamente formado por limos y arcillas (foto cedida por Julio Rodríguez Lázaro).

Figure 4. Aspect of core PP10-17. This 1 m fragment presents an olive grey color and fine grain size. It is mostly composed of silts and clays (image courtesy of Julio Rodríguez Lázaro).

lativas de ostrácodos, foraminíferos bentónicos, foraminíferos planctónicos y la presencia de grupos, géneros y especies características de ambientes concretos.

Se han utilizado como indicadores semi-cuantitativos planctónicos la presencia/ausencia de la especie *Neogloboquadrina pachyderma* sin., que indica la entrada de aguas frías y del género *Orbulina*, cuya presencia indica la entrada de aguas cálidas. Respecto a los foraminíferos bentónicos se ha considerado la presencia/ausencia de *Cassidulina*, miliólidos, bulimínidos, biseriados y las distintas asociaciones de ostrácodos, en particular la presencia del género criofílico *Kriithe*. Para las interpretaciones paleoecológicas de los foraminíferos se han utilizado los trabajos de MURRAY (1991, 2006) para bentónicos y PUJOL (1980) para los planctónicos. Las generalidades de los ostrácodos se encuentran en RODRÍGUEZ-LÁZARO y RUIZ-MUÑOZ (2012).



Figura 5. Parte del sondeo PP10-17, dividida cada cm para realizar el estudio micropaleontológico. Foto tomada en la Universidad de Burdeos, EPOC, UMR 5805, 33400 Talence, France (foto cedida por Julio Rodríguez Lázaro).

Figure 5. Part of the core PP10-17. It is divided each cm for the micropaleontological study. The photo was taken at the University of Bordeaux, EPOC, UMR 5805, 33400 Talence, France (image courtesy of Julio Rodríguez Lázaro).

2.2. Metodología

Tras el levigado de las 26 muestras, la fracción de sedimento superior a 63µm se guardó en bolsas individuales debidamente etiquetadas con el nombre del testigo (PP10-17) y la profundidad de sondeo con la que se correspondían.

La separación de foraminíferos y ostrácodos fue realizada bajo un microscopio binocular siguiendo el método clásico para la separación de microfósiles. De cada muestra a analizar se separaron y contabilizaron un total de 300 individuos (FP+FB+O). Para completar el análisis micropaleontológico se realizó una segunda separación de microfósiles. Utilizando un tamiz de luz de malla de 150µm, se recogió dicha fracción y se separaron los foraminíferos planctónicos junto con los ostrácodos presentes. Estos contajes fueron recogidos en una base de datos con las muestras localizadas estratigráficamente (ver Anexo I).

Tras el recuento de individuos se realizó, también bajo el microscopio binocular, la separación semicuantitativa de grupos, géneros y especies que caracterizan ambientes concretos.

2.3. Geoquímica (Fe, Si, Ti, Al, Mn y Ca), granulometría, susceptibilidad magnética y datación

Los elementos Ti, Fe, Ca, Mn, Si y Al se midieron con una resolución de centímetro. El tamaño de grano fue analizado con MalvernTM Supersizer 'S', y la resolución utilizada fue de 10cm (BROCHERAY *et al.*, 2014).

Para el intervalo del testigo estudiado, de edad superior a 30000 años, el modelo de edad está basado en una correlación de datos con sondeos de referencia próximos (BROCHERAY *et al.*, 2014), obteniéndose 3 dataciones: 110790 años cal BP, 90950 años cal BP y 73910 años cal BP. Este modelo revela un patrón de características coincidentes con subeventos del MIS 5 (MARTINSON *et al.*, 1987; LISIECKI y RAYMO, 2005).

Para el procesamiento estadístico de los resultados, los datos fueron tratados con el programa PAST (*PAleontological STatistics*) (HAMMER *et al.*, 2001), con el que se realizaron tanto las gráficas como los análisis estadísticos multivariantes, incluidos los análisis de grupos y de correspondencia.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el MIS 5 y el MIS 4, los foraminíferos planctónicos son mucho más abundantes que los foraminíferos bentónicos y los ostrácodos (Figura 6).

En el transcurso del MIS 5 no se observan grandes variaciones en las abundancias relativas de los foraminíferos, pero sí dos ligeros cambios de tendencia. El punto de inflexión de este cambio de comportamiento lo marca el MIS 5c. Hasta el MIS 5c, se produce un descenso en el número de FP y un aumento en el de FB. Del MIS 5c en adelante, el número de FP aumenta y el de FB disminuye.

La abundancia de los FP a lo largo de todo el MIS 5 es alta. Presenta indicadores planctónicos de aguas cálidas como el género *Orbulina* en todas las muestras excepto en 1661, 1521, 1421 (ver Anexo II) y de aguas frías como la especie *N. pachyderma* sin. en las muestras 1721, 1671, 1661 (PUJOL, 1980). Respecto a los indicadores bentónicos tiene interés en nuestro estudio el grupo de los bulimínidos, muy abundantes en todo el estadio exceptuando las muestras 1631, 1481, 1471, en las que prácticamente está ausente este grupo. Su presencia y abundancia están relacionadas con condiciones de hipoxia de las aguas (MURRAY, 1991).

El MIS 4 presenta una tendencia de aumento respecto a los FP y de disminución respecto a los FB que se agudiza a medida que transcurre el estadio isotópico hasta el HE6. Finalizado éste, se aprecia un ligero cambio en las tendencias, el número de FP comienza a descender y el de FB a ascender (Figura 6). En el Sur del Golfo de Vizcaya el MIS 4 se caracteriza por un enfriamiento progresivo de las aguas superficiales que alcanza su máximo durante el HE6. Esto último se confirma por el incremento de *N. pachyderma* sin. Los picos en sus abundancias se utilizan como indicador o "proxy" del HE6 (Figura 7) (BROCHERAY *et al.*, 2014).

En aguas profundas destacan asociaciones típicas de aguas frías con biseriados y grandes rotálidos en las muestras 1241, 1221, 1191, *Cassidulina*, en 1281, 1271 y pocos bulimínidos (MURRAY, 1991). Los bulimínidos solamente tienen una representación importante en muestras previas al HE6 (1341, 1321, ver Anexo II).

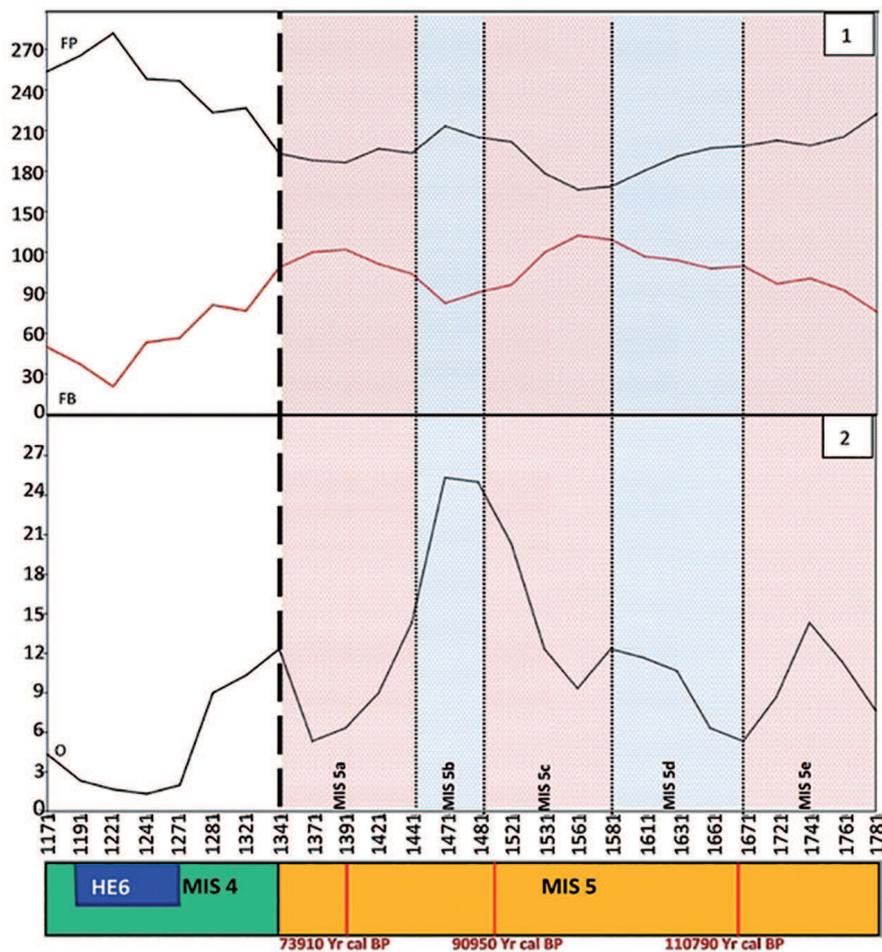


Figura 6. 1. Evolución a lo largo del sondeo estudiado del número de ejemplares de foraminíferos planctónicos (FP) y foraminíferos bentónicos (FB) que se separaron en el análisis micropaleontológico. Se observan las abundancias relativas y la tendencia anticovariante entre FP y FB, durante el MIS 5 y el MIS 4. En la gráfica 2 está representado el número de ostrácodos (O). Los O cuentan con baja representación numérica, pero los cambios de tendencia son importantes. Los O tienden a aumentar hasta el MIS 5b, a partir de este subestadio, la tendencia cambia y los ostrácodos descienden. Además de la tendencia anticovariante entre FP y FB, se observa una clara diferencia entre la señal planctónica (FP) y la señal bentónica (FB+O).

Figure 6. 1. Evolution through studied core samples of the number of planktonic (FP) and benthic (FB) foraminifera, which were separated during the micropaleontological analysis. Relative abundances and anti-covariant trend between FP and FB are observed during MIS 5 and MIS 4. The number of ostracods (O) is represented in figure 2. Despite the low numerical representation of ostracods, the changes in its trend are important. Up to MIS 5b, the ostracods trend is of increasing. From this substage, ostracods decrease. In addition to the anti-covariant trend between FP and FB, a clear difference between planktonic (FP) and benthic (FB+O) signal is observed.

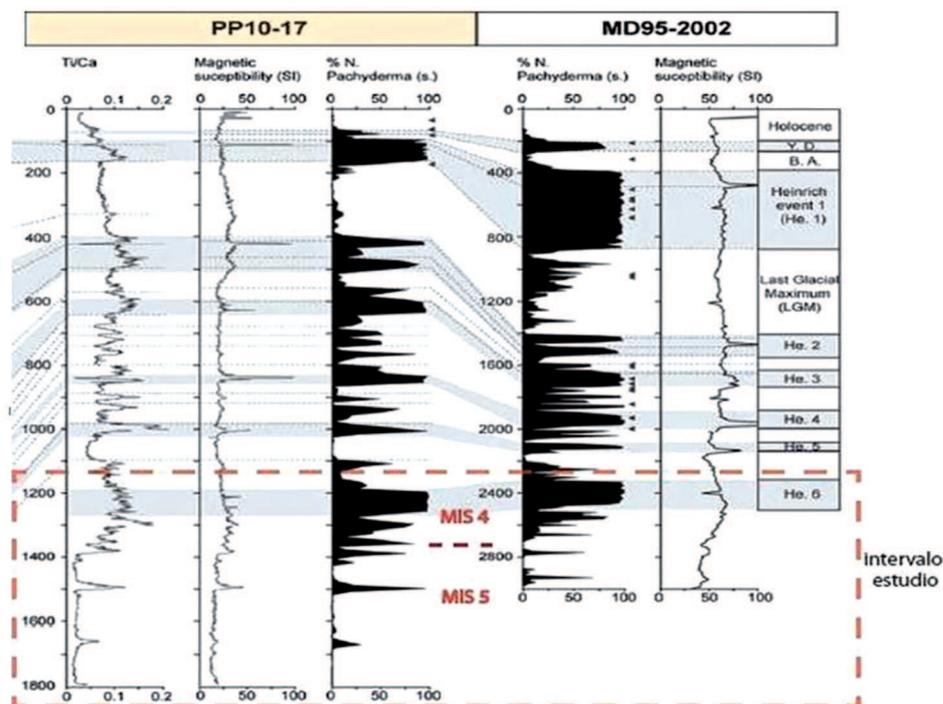


Figura 7. Porcentaje de *N. pachyderma* sin., susceptibilidad magnética y relación entre Ti y Ca a lo largo del testigo PP10-17. También está representado el porcentaje de *N. pachyderma* sin. y la susceptibilidad magnética el testigo MD95-2002, referencia estratigráfica para el Golfo de Vizcaya localizado en la terraza Meriazdeck. Durante el MIS 4 se aprecia una tendencia de aumento del porcentaje de *N. pachyderma* sin. hasta el HE6. En el MIS 5 se identifican picos, que indican la influencia de masas de agua polares durante el interglacial (modificada de BROCHERAY *et al.*, 2014).

Figure 7. Percentage of *N. pachyderma* sin., magnetic susceptibility and Ti/Ca ratio along core PP10-17. It is also represented the *N. pachyderma* sin. percentage and the magnetic susceptibility from core MD95-2002, a stratigraphic reference for the Biscay Bay located on the Meriazdeck terrace. From the beginning of MIS 4 up to HE6, an increase in *N. pachyderma* sin. percentage is observed. During the MIS 5 some peaks are identified, indicating the influence of polar water masses during interglacial (modified from BROCHERAY *et al.*, 2014).

La representación numérica de los ostrácodos a lo largo del testigo (ver Figura 6) es baja, aun así, siguen una tendencia ascendente desde el MIS 5e hasta el MIS 5b, donde se observa una mayor presencia del ostrácodo criofílico *Kriithe*, marcando el intervalo frío, y otra descendente desde el MIS 5b hasta el final del HE6.

Los FP y los FB pueden relacionarse por medio del índice de oceanidad (IO) (MURRAY, 1976). Su variación nos permite estimar la paleobatimetría de la cuenca.

El MIS 5 y el MIS 4 presentan índices de oceanidad distintos. Mientras que en el interglacial, el IO se mantiene relativamente estable, presentando pequeñas variaciones, durante el MIS 4 el IO aumenta progresivamente hasta finales del HE6, cuando comienza a descender (Figura 8).

Según lo indicado, durante el MIS 5 se produjeron pequeños cambios en la paleobatimetría de la cuenca, ligeros ascensos y descensos del nivel del mar relativo, mientras que desde el inicio del MIS 4 hasta la última fase del HE6, la profundidad relativa de la cuenca aumentó. A pesar de estas diferencias en el índice de oceanidad, durante el MIS 5 y el MIS 4 el Sur del Golfo de Vizcaya constituyó una cuenca de ambiente marino profundo.

Las diferencias en las abundancias relativas y cambios en las tendencias de FP, FB y O, la presencia/ausencia de grupos, géneros y especies indicadores de condiciones frías, cálidas e hipóxicas, así como los cambios en la paleobatimetría de la cuenca, nos permiten distinguir el MIS 5 del MIS 4.

El MIS 5 fue en general un periodo cálido que experimentó pequeñas variaciones en el nivel del mar. Los indicadores utilizados para las aguas superficiales, *Orbulina* y *N. pachyderma* sin., con el dominio del primero, indican la influencia predominante de masas de agua superficiales cálidas. Aunque hay evidencias puntuales de masas de agua frías, ya que *N. pachyderma* sin. está presente en algunas muestras (1661, 1671, 1721, ver Anexo II). En general los bulminidos están presentes en la mayoría de las muestras, lo que indica el dominio de condiciones de hipoxia en aguas profundas.

El MIS 4 experimentó un enfriamiento gradual de las masas de agua superficiales, desde su inicio hasta el final del HE6 marcado por el incremento de *N. pachyderma* sin. (ver Figura 7). Las masas de agua profundas son también frías, en ellas abundan grandes rotálidos (*Cibicidoides*) y el género *Cassidulina*. En el transcurso del MIS 4 la cuenca experimentó una subida del nivel del mar hasta el HE6.

Los resultados de susceptibilidad magnética, granulometría y geoquímica (BROCHERAY *et al.*, 2014), apoyan los resultados micropaleontológicos, y además brindan mayor información sobre los subestadios del MIS 5. El MIS 5 y el MIS 4 presentan comportamientos granulométricos, geoquímicos y de susceptibilidad magnética diferentes (Figura 9).

El MIS 5 se caracteriza por unos valores de susceptibilidad magnética bajos, sin apenas variaciones hasta el MIS 5a. A partir del MIS 5a se produce un aumento de la susceptibilidad magnética hasta

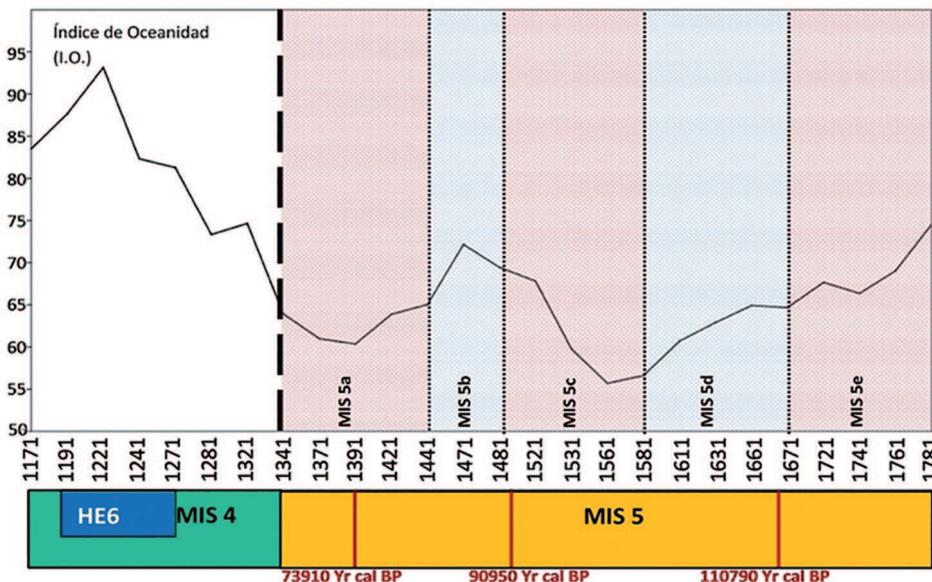


Figura 8. Índice de oceanidad de los niveles estudiados, calculado a partir de la fórmula: $IO = FP/[FP+FB] \cdot 100$, siendo FP los foraminíferos planctónicos y FB los foraminíferos bentónicos. Con la variación del IO podemos estimar la paleobatimetría de la cuenca. Durante el MIS 5 el nivel del mar relativo se mantuvo más o menos constante con pequeñas oscilaciones, subidas y bajadas, mientras que durante el MIS 4 en la cuenca se experimentó una subida constante del nivel del mar hasta el final del HE6.

Figure 8. Oceanity index of studied levels. The Oceanity index is calculated from the formula: $IO = FP/[FP+FB] \cdot 100$ (FP represents the planktonic foraminifera and FB the benthic foraminifera). The basin paleobathymetry can be estimated by the oceanity index variation. During the MIS 5, the relative sea level remained roughly constant, although with small oscillations, rise and falls of the relative sea level. However, during the MIS 4 until the end of HE6, the basing experienced a constant relative sea level rise.

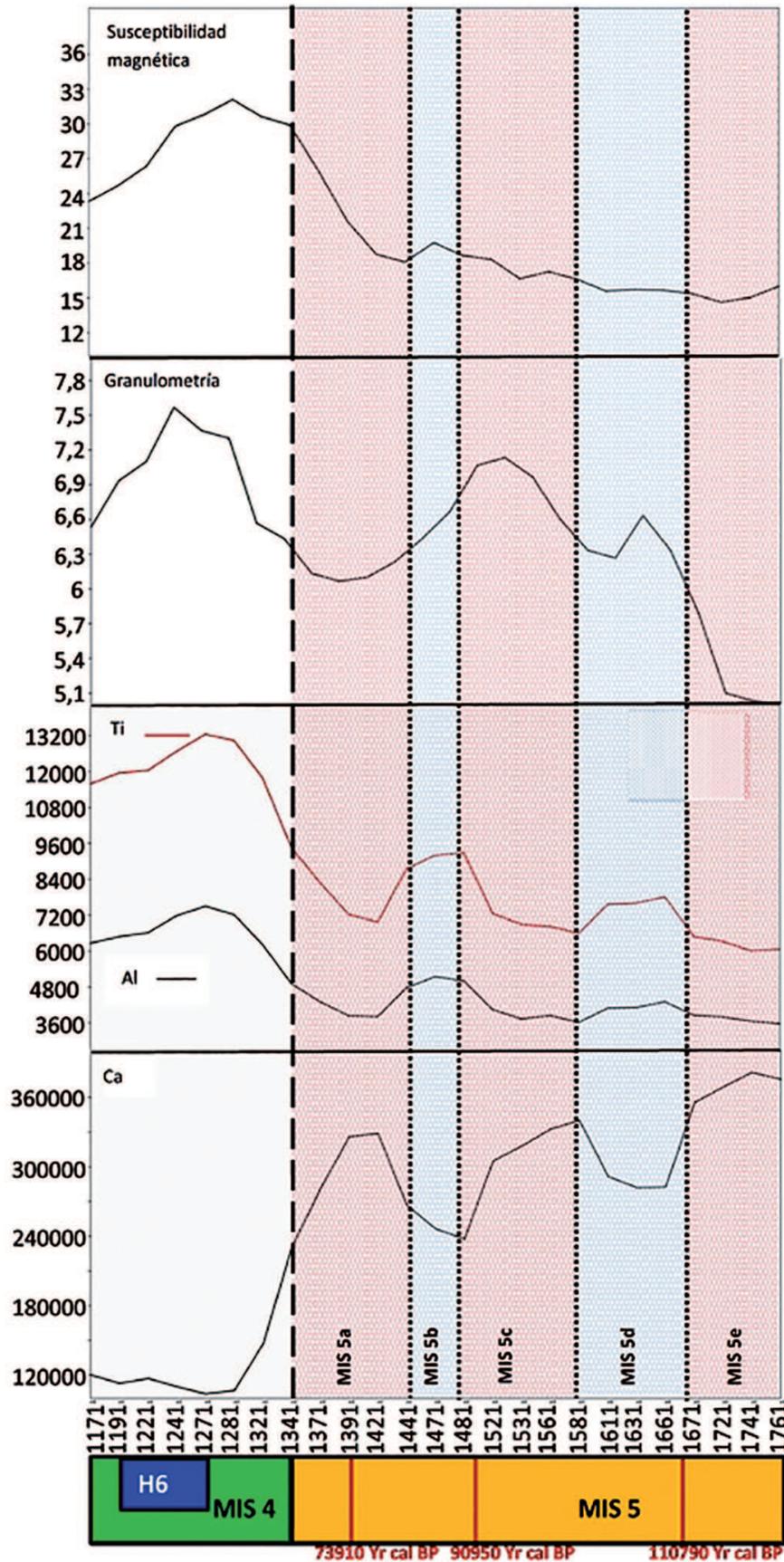


Figura 9. En la figura están representados de arriba abajo, la susceptibilidad magnética, la granulometría, el Ti y Al y el Ca de los niveles estudiados. El cambio del MIS 5 al MIS 4 es muy evidente en todas las gráficas. Los valores de susceptibilidad magnética, de la granulometría y de todos los elementos salvo el Ca, aumentan en el MIS 4 respecto al MIS 5, mientras que el Ca disminuye.

Figure 9. The figure shows from top to bottom: magnetic susceptibility, grain size, Ti, Al, Ca. In all graphics, the change MIS 5-MIS 4 is evident. During the MIS 4 and respect to the MIS 5, increase the values of magnetic susceptibility, grain size and the all elements except Ca and the latter decreases.

el HE6 y tras el evento, aquélla disminuye. Esto se debe a que la susceptibilidad magnética está relacionada con la presencia de los IRDs, que indican los eventos Heinrich y un enfriamiento de las masas de agua superficiales (HEINRICH, 1988; GROUSSET *et al.*, 2000). La susceptibilidad magnética depende de la fracción detrítica (THOUVENY *et al.*, 2000). Durante los periodos interglaciales, como el MIS 5, en el Golfo de Vizcaya hay una acusada reducción o incluso ausencia de esta fracción respecto a los periodos glaciales, lo que conlleva una disminución en la susceptibilidad magnética (MOJTAHID *et al.*, 2005). El aumento de la susceptibilidad magnética desde el MIS 5a hasta el HE6 se produce en el Sur del Golfo de Vizcaya paralelamente a un enfriamiento de las aguas superficiales.

Respecto a la granulometría (Figura 9), el testigo está conformado por sedimento de grano fino (ver Figura 4), asociado a la sedimentación hemipelágica de la cuenca (BROCHERAY *et al.*, 2014). El tamaño de grano es algo mayor en el MIS 4 que en el MIS 5, alcanzando sus mayores valores en el HE6. El tamaño de grano durante el MIS 4 y especialmente durante el HE6, está relacionado con el evento Heinrich y el aumento de los IRDs (HEINRICH, 1988) por lo que se asocia con el enfriamiento de las aguas superficiales.

Los elementos Fe, Si, Mn, Al y Ti varían de forma similar a lo largo del sondeo y mantienen una relación anticovariante con el Ca. Estos dos grupos de elementos tienen un comportamiento diferente durante el MIS 5 y el MIS 4. Para ilustrar su variación se han representado solamente el Ti, Al y Ca (Figura 9) ya que la distribución del Fe, Si y Mn es similar a la de los dos primeros.

El MIS 5 presenta valores altos de Ca y bajos de Fe, Si, Mn, Al y Ti y el MIS 4 valores bajos de Ca y altos en el resto de elementos. Durante el MIS 5 el Ca sigue una tendencia general descendente y el Fe, Si, Mn, Al y Ti ascendente. Estas tendencias están marcadas por una serie de pequeños aumentos y descensos de los elementos que se corresponden con los distintos subestadios del MIS 5. En el MIS 4 se aprecia un leve cambio en las tendencias tras el HE6. La distinta distribución de los dos grupos de elementos, puede en parte explicarse por su origen. Mientras que el Fe, Si, Mn, Al y Ti tienen un origen siliciclástico, el del Ca es mayoritariamente biogénico (MOJTAHID *et al.*, 2005; GONZÁLEZ-MORA Y SIERRO, 2007).

El Ca, el Ti y el Fe son tres elementos muy relacionados con la variabilidad climática. El Ca, cuya fuente principal es el CaCO₃ biogénico, varía en función de la temperatura de las masas de agua superficiales. Así, cuando aumenta la temperatura, aumentan los valores de Ca. Por otro lado, el Ti y el Fe, aumentan su concentración durante los períodos fríos, consecuencia directa de los aportes terrígenos continentales, ya que estos dos elementos son componentes muy comunes de gneises y esquistos (MOJTAHID *et al.*, 2005; GONZÁLEZ-MORA Y SIERRO, 2007). En los estadios glaciales los gradientes térmicos son más altos que en los estadiales de los interglaciares y generan una intensificación en la circulación atmosférica (JOUSSAUME, 2000), que genera a su vez un incremento del transporte de polvo rico en Fe. El MIS 5, que es un periodo relativamente cálido, presenta valores altos de Ca y bajos de Ti y Fe. Además durante los interestadiales, los valores de Ca aumentan y los de Ti y Fe disminuyen, mientras que en los estadiales ocurre lo contrario. En el MIS 4, los valores de Ti y Fe son mucho mayores que durante los estadiales 5d y 5b, consecuencia de que el clima era más frío.

Con el objetivo de simplificar la información contenida en las bases de datos utilizadas para elaborar los resultados, así como ver la respuesta conjunta de las diferentes variables, se realizaron dos tipos de análisis estadísticos multivariantes preliminares. Un análisis de grupos o cluster (Figura 10) y dos análisis de correspondencia canónica (Figura 11 y Figura 12).

El *cluster* de Tipo Q, agrupa las muestras en función de su proximidad paleoambiental, en este caso estimada por el conjunto de los datos geoquímicos, granulométricos, de susceptibilidad magnética y micropaleontológicos (número de FP, FB, O e índice de oceanidad) (Figura 10). El análisis agrupa las muestras en dos conjuntos diferentes, A y B. El grupo A está formado por las muestras del MIS 4 y dos muestras pertenecientes al MIS 5b y 5d. Por su parte el grupo B está formado exclusivamente por muestras del interglacial MIS 5. Por lo tanto, este análisis diferencia agrupamientos de muestras de paleoambientes con distinto carácter térmico: frío, el clúster A y relativamente cálido, el clúster B.

El clúster A agrupa las muestras en dos subconjuntos, el A1 y el A2. La presencia de *N. pachyderma* sin. en las muestras del subconjunto A1 y ausencia en las del A2 es indicador de un carácter térmico más frío en lo referente a las aguas superficiales para el primer subconjunto.

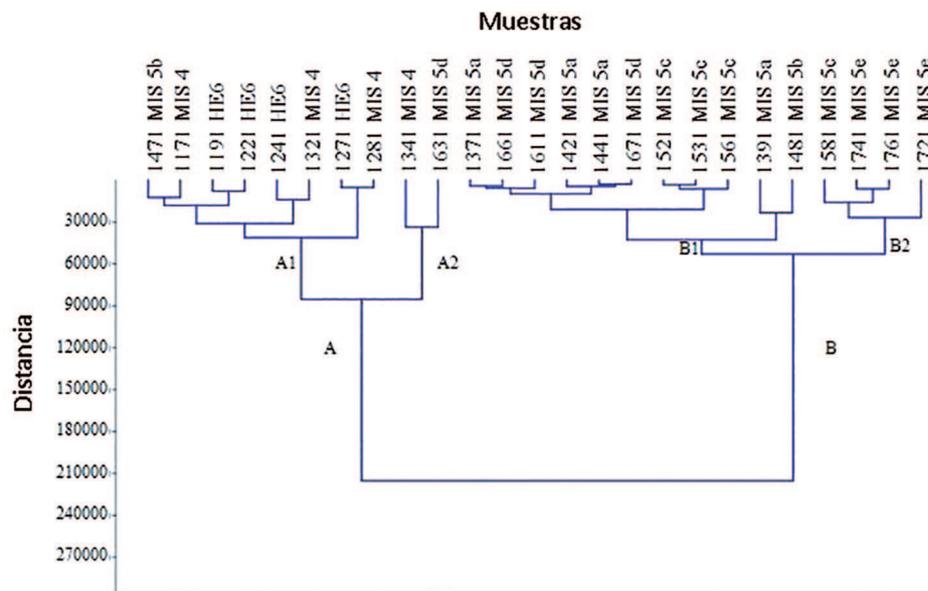


Figura 10. Análisis Cluster de Tipo Q. Se han utilizado los datos granulométricos, geoquímicos, micropaleontológicos y de susceptibilidad magnética. El análisis fue elaborado mediante el método clásico, condistancia euclídea y un coeficiente de correspondencia de 0,92.

Figure 10. Cluster analyses of Q Type. Used data are grain size, geochemical, magnetic susceptibility and micropaleontology. Classical method analysis was performed, with euclidean distance and correspondence coefficient of 0.92.

El clúster B también agrupa las muestras en 2 subconjuntos, B1 y B2. El B1 está formado por estadales e interestadales, mientras que el B2 lo conforman únicamente interestadales. Así, se vuelve a observar dos subconjuntos de carácter paleoambiental diferente, en el primero se agrupan episodios fríos y cálidos, y en el segundo únicamente episodios cálidos.

Por otro lado, se realizaron dos análisis de correspondencia canónica con el fin de ver el comportamiento de las variables O, FB, FP, IO, susceptibilidad magnética y granulometría, en función de las variables geoquímicas (Ti, Si, Al, Ca, Fe y Mn).

En el primer análisis de correspondencia canónica, se observa el comportamiento de FP, FB y O frente a las variables geoquímicas (Figura 11). Los FB, O y el Ca se encuentran en el lado positivo del eje 1, mientras que los foraminíferos planctónicos y el resto de elementos, en el cuadrante contrario. Esto se traduce en un comportamiento muy diferente entre los organismos bentónicos, que guardan una relación estrecha con el Ca y los FP, ligados al grupo de elementos siliciclásticos. Los casos están agrupados alrededor de la intersección entre los ejes, de tal modo que en los casos correspondientes con el MIS 4 (1281, 1171), el HE6 (1191, 1221, 141) y con los estadales MIS 5d (1631, 1671) y MIS 5b (1481) están en el lado negativo del eje 1 junto con los FP y los minerales siliciclásticos. El resto de los casos están agrupados en el lado positivo del eje 1. Respecto al eje 2, FP y FB están en el mismo cuadrante y presentan un comportamiento contrario a los ostrácodos dispuestos en el cuadrante opuesto. Esta señal tan diferente entre foraminíferos y ostrácodos, indica que ambos tienen una respuesta distinta ante las condiciones ambientales.

En el segundo análisis de correspondencia canónica en se observa el comportamiento del índice de oceanidad, la granulometría y la susceptibilidad magnética frente a las variables geoquímicas (Figura 12). Respecto al eje 1, la susceptibilidad magnética se comporta de manera muy diferente a la granulometría y al IO. La susceptibilidad magnética se sitúa en el mismo cuadrante que los elementos siliciclásticos, mientras que el IO, se sitúa en el mismo cuadrante negativo que el Ca y la granulometría. Esto indica una relación entre elementos siliciclásticos y la susceptibilidad magnética. Al igual que en el análisis anterior, los casos se agrupan alrededor de la intersección entre los ejes, distinguiéndose en el cuadrante positivo una mayoría de ellos correspondientes con el MIS 4 y los estadales y en el negativo con el resto del MIS 5. Respecto al eje 2, el comportamiento de la granulometría es muy diferente al de la susceptibilidad magnética y al IO. Esto puede deberse a que la variación del tamaño de grano no experimenta grandes cambios durante el MIS 5 y el MIS 4 y los otros dos parámetros sí lo hacen.

La distribución de los casos en ambos análisis respecto al eje 1 diferencia dos tipos de paleoambientes en función del carácter térmico apoyando por tanto los resultados obtenidos hasta ahora.

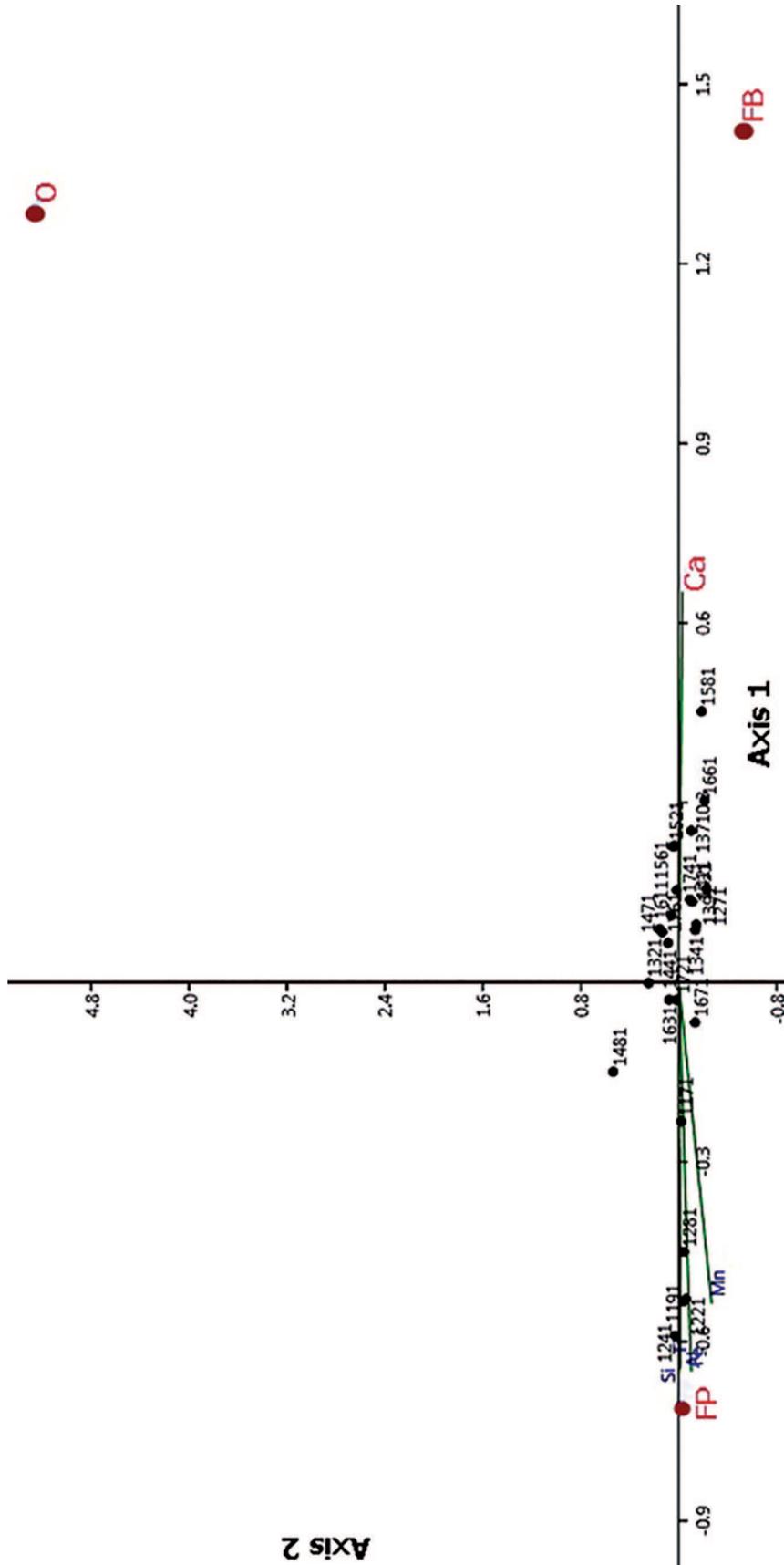


Figura 11. Análisis de correspondencia canónica en el que se observa el comportamiento de las variables foraminíferos planctónicos (FP), foraminíferos bentónicos (FB) y ostrácodos (O) frente a las variables geoquímicas (Ca, Ti, Al, Fe, Mn y Si). FB y O están en el cuadrante positivo del eje 1, por lo que presentan un comportamiento contrario respecto FP, que está en el cuadrante opuesto. Respecto a este eje, FB y O guardan relación con el Ca, mientras que FP están estrechamente ligados con los elementos siliciclásticos. Respecto al eje 2, FP y FB están en el mismo cuadrante y presentan un comportamiento contrario a los ostrácodos dispuestos en el cuadrante opuesto. Este plano factorial explica el 100% de la varianza (eje 1: 75,45%; eje 2: 24,55%).

Figure 11. Canonical Correspondence Analysis with the variables: planktonic foraminifera (FP), benthic foraminifera (FB) and ostracods (O) against the geochemical variables (Ca, Ti, Al, Fe, Mn and Si). Benthic foraminifera and ostracods are in the positive quadrant of axis 1, and thus they have the opposite behavior regarding planktonic foraminifera, which is on the opposite quadrant. About this axis, FB and O are related to the Ca, while FP are closely linked with siliciclastic elements. In axis 2, FP and FB are in the same side and exhibit a behavior contrary to the ostracods which are in the opposite plane explains the 100% of variance (axis 1: 75.45%; axis 2: 24.55%).

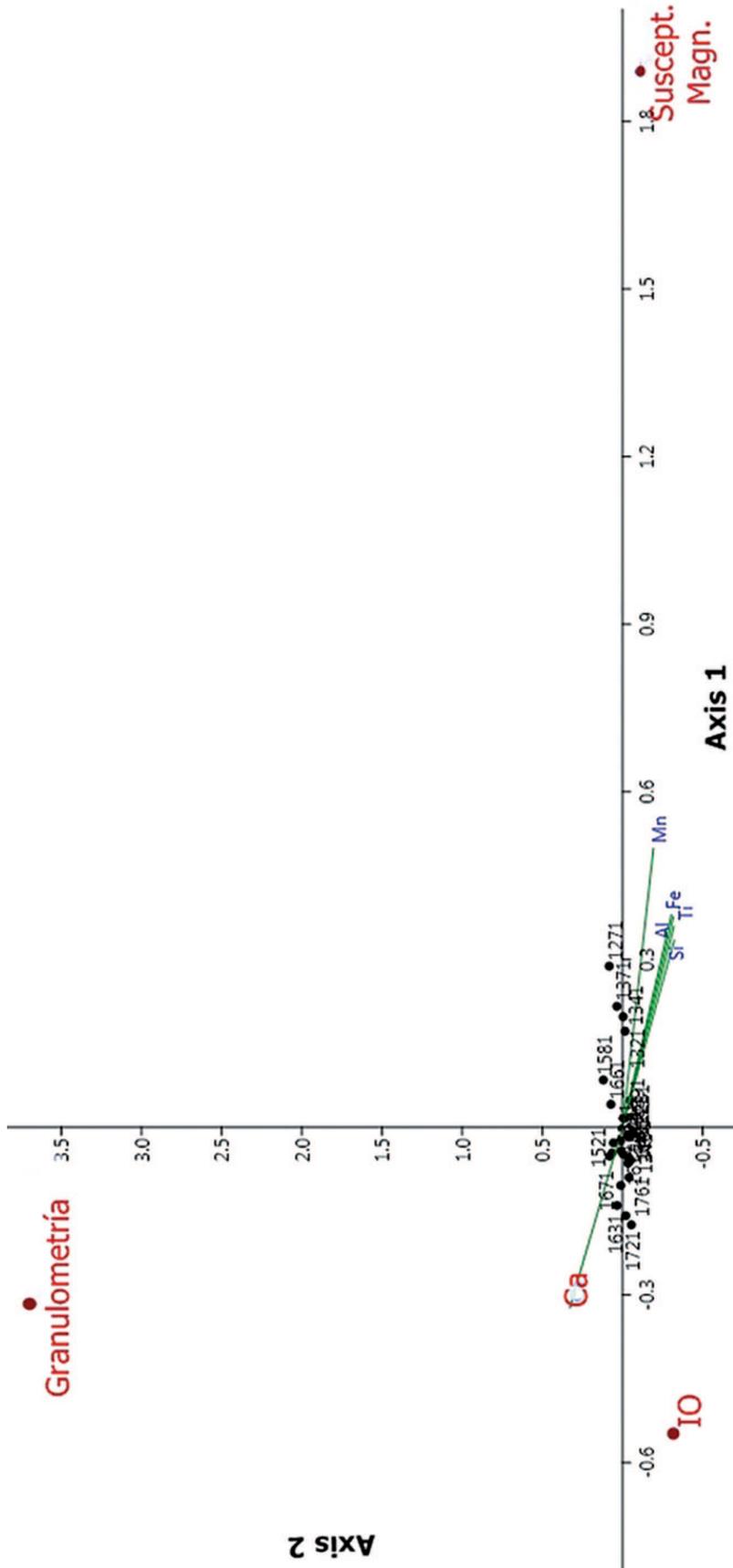


Figura 12. Análisis de Correspondencia Canónica en el que se observa el comportamiento de las variables granulometría, índice de oceanidad (IO) y susceptibilidad magnética, frente a las variables geoquímicas (Ca, Ti, Al, Fe, Mn y Si). El IO y la granulometría se agrupan en el lado negativo del eje 1, por lo que presentan un comportamiento contrario al de la susceptibilidad magnética que está en el cuadrante positivo. Respecto a este eje, el IO y la granulometría están relacionadas con el Ca, mientras que la susceptibilidad magnética es afín a los elementos siliciolásticos. Respecto al eje 2, susceptibilidad magnética e índice de oceanidad están en el cuadrante negativo, presentan mayor afinidad, y su comportamiento es diferente al de la granulometría, que se ubica en el cuadrante contrario. La susceptibilidad magnética y el IO se sitúan en el mismo cuadrante que los elementos siliciolásticos, mientras que la granulometría está en el mismo cuadrante que el Ca. El análisis explica el 100% de la varianza (eje 1: 95,35%; eje 2: 4,65%).

Figure 12. Canonical Correspondence Analysis with the variables: grain size, oceanicity index (IO) and magnetic susceptibility, against the geochemical variables (Ca, Ti, Al, Fe, Mn and Si). The IO and grain size are in the negative quadrant of the axis 1 and thus they have the opposite behavior regarding magnetic susceptibility, which is in the positive quadrant. Regarding this axis, the IO and the grain size are closely linked with Ca and the magnetic susceptibility is close linked with the siliciclastic elements. In axis 2, magnetic susceptibility and IO are in the negative quadrant, and their behavior is different than the grain size which lies in the positive quadrant. Magnetic susceptibility and IO are in the same quadrant as the siliciclastic elements, while the grain size is in the same quadrant as the Ca. This factorial plane explains the 100% of variance (axis 1: 95.35%; axis2: 4.65%).

El primer análisis (ver Figura 11) diferencia un paleoambiente de carácter extremadamente frío, marcado por los casos correspondientes a los HE6, y otro más general, que agrupa el período relativamente cálido correspondiente con el MIS 5 y algunos momentos fríos del MIS 4. El segundo análisis (ver Figura 12) que diferencia dos tipos de paleoambientes, es más general. Distingue un paleoambiente relativamente cálido, que se corresponde con el MIS 5 y otro frío, en el que se agrupan los casos del MIS 4 y de algunos estadiales del MIS 5.

4.- CONCLUSIONES

Con este estudio se aportan nuevos resultados paleoambientales relacionados con los estadios isotópicos marinos MIS 5 y MIS 4, en el Sur del Golfo de Vizcaya.

La información suministrada por los datos micropaleontológicos es corroborada y complementada por los resultados geoquímicos, granulométricos y de susceptibilidad magnética. El conjunto de datos permiten caracterizar dos grandes paleoambientes: uno cálido durante el MIS 5 (*Orbulina*) y uno frío (*N. pachyderma sin.*, *Krithe*) durante el MIS 4.

El MIS 5 es un periodo interglacial caracterizado por aguas menos profundas que el MIS 4, así como por un alto contenido en carbonato y un bajo contenido en Fe, Ti, Al, Mn y Si. Apoyándonos en las variaciones de estos elementos, podemos diferenciar los subestadios del MIS 5: a, b, c, d y e. En los estadiales el contenido en Ca es alto y el de los demás elementos bajo, mientras que en los interestadiales, el contenido en Ca es bajo y el del Fe, Ti, Al, Mn y Si, alto.

El MIS 4 es un período glacial caracterizado por aguas más profundas, bajo contenido en carbonato y alto contenido en Fe, Ti, Al, Mn. Durante el MIS 4 en la cuenca se experimenta un enfriamiento continuo hasta el HE6, a la par que un aumento en el nivel del mar relativo.

Los indicadores microfaunísticos, foraminíferos y ostrácodos, han permitido poner en evidencia cambios paleoambientales en esta cuenca entre los últimos 132-55 ka.

5.- AGRADECIMIENTOS

A los directores de este trabajo, el Dr. Julio Rodríguez Lázaro y la Dra. Ana Pascual Cuevas, profesores del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la UPV/EHU y al Dr. Cremer, investigador del laboratorio EPOC de la Universidad de Burdeos.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el MINECO (proyecto OPERA, CTM2013- 48639).

6.- BIBLIOGRAFÍA

- BOURILLET, J.F., MULDER, T., y ZARAGOSI, S.
2006 The French Atlantic margin and deep-sea submarine systems. *Geo-Marine Letters*, 26: 311-315. DOI 10.1007/s00367-006-0042-2
- BROCHERAY, S., CREMER, M., EYNAUD, L., GILLET, H., ROSSIGNOL, L., y SCHMIDT, S.
2014 2000 years of frequent turbidite activity in the Capbreton Canyon (Bay of Biscay). *Marine Geology*, 347: 136-152.
- CORTIJO, E., DUPLESSY, J.C., LABEYRIE, L., LECLAIRE, H., DUPRAT, J., y VAN WEERING, T.C.E.
1994 Eemian cooling in the Norwegian Sea and North Atlantic Ocean preceding continental ice-sheet growth. *Nature*, 372: 446-449.
- DURRIEU DE MADRON, X., CASTAING, P., NYFFELER, F., y COURP, T.
1999 Slope transport of suspended particulate matter on the Aquitanian margin of the Bay of Biscay. *Deep-Sea Research II*, 46: 2003-2027.
- FRAGA, F., MOURIÑO, C., y MANRÍQUEZ, M.
1982 Las masas de agua de las costas de Galicia: junio-octubre. Resultados. *Expediciones Científicas*, 10: 51-77.

GIBBARD, P.L., HEAD, M.J., WALKER, M.J.C., y THE SUBCOMISION ON QUATERNARY STRATIGRAPHY

2010 Formal ratification of Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25: 96-102.

GONZÁLEZ-MORA, B., y SIERRA, F.J.

2007 Caracterización geoquímica de las capas ricas en materia orgánica registradas durante el estadio isotópico marino 7 en el Mar de Alborán (Mediterráneo occidental). *Geogaceta*, 43: 111- 114.

GROUSSET, F.E., PUJOL, C., LABEYRIE, L., AUFFRET, G., y BOELAERT, A.

2000 Were the North Atlantic Heinrich Events triggered by the behavior of the European ice sheets? *Geology*, 28: 123–126.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., y RYAN, P.D.

2001 *PAST*: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 9pp.

HEINRICH, H.

1988 Origin and Consequences of Cyclic Ice Rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the Past 130000 years. *Quaternary Research* 29: 142-152.

JOUANNEAU, J.M., WEBER, O., CHAMPILOU, N., CIRAC, P., MUXIKA, I., BORJA, A., PASCUAL, A., RODRÍGUEZ-LÁZARO, J., y DONARD, O.

2008 Recent sedimentary study of the shelf of the Basque country. *Journal of Marine Systems*, 72: 397-406.

JOUSSAUME, S.

2000 *Climat d'hier à demain*. CEA/CNRS editions. Paris.

LISIECKI, L.E., y RAYMO, M.E.

2005 A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic δ 18O records. *Paleoceanography*, 20: 1–17.

MARTÍNEZ-GARCÍA, B., PASCUAL, A., RODRÍGUEZ-LÁZARO, J., y BODEGO, A.

2013 Recent benthic foraminifers of the Basque continental shelf (Bay of Biscay, northern Spain): oceanographic implications. *Continental Shelf Research*, 66: 105-122.

MARTÍNEZ-GARCÍA, B., RODRÍGUEZ-LÁZARO, J., PASCUAL, A., y MENDICOA, J.

2014a The “Northern guests” and other palaeoclimatic ostracod proxies in the late Quaternary of the Basque Basin (S Bay of Biscay). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 419: 100-114. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.06.032.

MARTÍNEZ-GARCÍA, B., BODEGO, A., MENDICOA, J., PASCUAL, A., y RODRÍGUEZ-LÁZARO, J.

2014b Late Quaternary (Marine Isotope Stage 3 to Recent) sedimentary evolution of the Basque shelf (southern Bay of Biscay). *Boreas*: 1-16. DOI: 10.1111/bor.12079. ISSN 0300-9483.

MARTINSON, D.G., PISIAS, N.G., HAYS, J.D., IMBRIE, J., MOORE, JR., T.C., y SHACKLETON, N.J.

1987 Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 27: 1–29.

MOJTAHID, M., BOURILLET, J.-F., EYNAUD, F., GARLAN, T., SCOURSE, J., y ZARAGOSI, S.

2005 Palaeoclimatology and palaeohydrography of the glacial stages on Celtic and Armorican margins over the last 360000 yrs. *Marine Geology*, 224: 57-82.

MONTADERT, L., ROBERTS, D. G., DE CHARPAL, O., y GUENNOG, P.

1979 Rifting and subsidence of the northern continental margin of the Bay of Biscay. In: *Initial reports of the Deep Sea Drilling Project*. L., Montadert, L., Roberts (Eds.), 48: 1025-1061. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

MURRAY, J.W.

1976 A method of determining proximity of marginal seas to an ocean. *Marine Geology*, 22: 103-119.

1991 *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific and Technical. London.

2006 *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press. Cambridge.

OPPO, D.W., KEIGWIN, L.D., MCMANUS, J.F., y CULLEN, J.L.

2001 Persistent suborbital climate variability in marine isotope stage 5 and Termination II. *Paleoceanography*, 16: 280–292.

OTVOS, G.E.

2014 The Last Interglacial Stage: Definitions and marine highstand, North America and Eurasia. *Quaternary International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.010>

PASCUAL, A., RODRÍGUEZ-LÁZARO, J., MARTÍN-RUBIO, M., JOUANNEAU, J.M., y WEBER, O.

2008 A survey of the benthic microfauna (foraminifera, ostracoda) on the Basque shelf, southern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 72: 35-63.

PUJOL, C.

1980 *Les Foraminifères planctoniques de l'Atlantique Nord au Quaternaire: Ecologie, Stratigraphie, Environnement*. Memoria de Tesis Doctoral, Université Bordeaux 1. Talence.

RODRÍGUEZ-LÁZARO, J., y RUIZ-MUÑOZ, F.

2012 A general introduction to ostracods: morphology, distribution, fossil record and applications. In: *Developments in Quaternary Sciences*, 17, *Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change*. D. J. Horne, J. A. Holmes, J. Rodríguez-Lázaro, F. A. Viehberg (Eds.): 1-14. Elsevier, Amsterdam.

ROSE J.

2010 Quaternary climates: a perspective for a global warming. *Proceedings of the Geologists Association*, 121: 334-333.

THOUVENY, N., MORENO, E., DELANGHE, D., CANDON, L., LANCELOT, Y., y SHACKLETON, N.J.

2000 Rock magnetic detection of distal ice-rafted debris: clue for the identification of Heinrich layers on the Portuguese margin. *Earth Planetary Science Letters*, 180: 61-75.

TSUCHIYA, M., TALLEY, L.D., y MCCARTNEY, M.S.

1992 An eastern Atlantic section from Iceland Southward across the Equator. *Deep-Sea Research Part a -Oceanography Research Papers*, 39: 1885-1917.

7.- ANEXOS

Cm	Forams Planct. (/300)	Forams Bent. (/300)	Ostrácodos total	Índice Oceanidad (IO)
1171	240	63	6	79
1191	281	24	1	92
1221	275	25	0	92
1241	290	13	4	96
1271	180	122	0	60
1281	270	35	2	89
1321	220	86	25	72
1341	190	109	4	64
1371	169	131	8	56
1391	205	120	4	63
1421	185	115	7	62
1441	200	99	16	67
1471	195	98	20	67
1481	245	50	40	83
1521	175	123	15	59
1531	185	115	6	62
1561	175	122	16	59
1581	139	160	6	46
1611	192	106	15	64
1631	210	85	14	71
1661	171	151	3	53
1671	210	88	2	70
1721	215	90	11	70
1741	183	112	13	62
1761	199	100	19	67
1781	234	64	2	79

Anexo I. Contajes de los microfósiles estudiados a lo largo de las muestras del sondeo (cm). Se indica asimismo el índice de Oceanidad (IO).

Appendix I. Number of microfossils studied in core samples (cm). Oceanity index (IO) is also indicated.

Cm	Foraminíferos Planctónicos	Ostrácodos
1781	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1761	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1741	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1721	↓ <i>Orbulina</i> ↑ <i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krite</i> <i>Argilloecia</i>
1671	↓ <i>Orbulina</i> ↑ <i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krithe</i>
1661	<i>N. pachyderma</i> sin.	Poca representación
1631	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i> <i>Echinocythereis</i>
1611	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i> <i>Echinocythereis</i> <i>Argilloecia</i> <i>Cytherella</i>
1581	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1561	↑↑↑ <i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i> <i>Argilloecia</i>
1531	↓↓ <i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1521		<i>Krithe</i> <i>Argilloecia</i>
1481	↓ <i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1471	↑ <i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1441		
1421		<i>Krithe</i> <i>Echinocythereis</i>
1391	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i>
1371	<i>Orbulina</i>	<i>Krithe</i> <i>Argilloecia</i>
1341	↓↓↓ <i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krithe</i>
1321	<i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krithe</i> spp.
1281	↑ <i>N. pachyderma</i> sin.	
1271	↑ <i>N. pachyderma</i> sin.	
1241	<i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krithe</i>
1221	<i>N. pachyderma</i> sin.	<i>Krithe</i>
1191	<i>N. pachyderma</i> sin.	
1171	↓ <i>N. pachyderma</i> sin.	

Anexo II. Algunos indicadores paleoambientales de los foraminíferos planctónicos y ostrácodos.

Appendix II. Some planktonic foraminifers and ostracods palaeoenvironmental proxies.



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 **Kortesenabari** 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 **Kortesenabari**. A través del mismo también se quiere socializar la cultura científica.



Estudios de Cuaternario
Kuaternario Ikasketak
Quaternary Studies
N.º 06 - 2016

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

BARBARA CASAS VALLADOLID

Arquitectura deposicional y evolución de la playa de sedimentos antrópicos de Azkorri (Getxo, Bizkaia)

AMAIA CASTRESANA PALMA

Implicaciones biomédicas y evolutivas de los marcadores sanguíneos en las sociedades humanas

MIKEL GARCIA-MADARIAGA

Los materiales colorantes del yacimiento arqueológico de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias, España): adquisición, transformación y uso

AINTZANE GOFFARD

Registro geológico del impacto humano en el estuario del Urola (Geoparque de la Costa Vasca) durante el Antropoceno

AITOR JUARISTI

Debagoienako (Gipuzkoa, Euskadi) fosa komunak: Gerra Zibileko testuinguruan kokatuz

IMANOL LÓPEZ DÍAZ

Evolución ambiental reciente de los sedimentos de la Ría de Bilbao: evidencias micropaleontológicas y geoquímicas del proceso de recuperación

MARTA PÉREZ ANGULO

Configuración espacial de los monumentos megalíticos de la Rioja a través de sistemas de información geográfica

ISMAEL PÉREZ BLANQUER

Utilización del MDT como instrumento de análisis geomorfológico en valles fluviales del margen Cantábrico

ZELTIA VARELA GARCIA

Cambios paleoceanográficos mayores en el Sur del Golfo de Vizcaya durante los estadios isotópicos marinos MIS 5 y MIS 4: evidencias micropaleontológicas



ARANZADI

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