

## **Cambios Ambientales y Huella Humana**

*Ingurumen-aldaketak eta Giza Aztarna*

*Environmental Changes and Human Fingerprint*



**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

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

Cada número de **CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

está constituido por las Memorias de Tesis que han sido defendidas durante ese curso académico dentro del Máster Universitario en Cuaternario:

Cambios Ambientales y Huella Humana ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) que se imparte actualmente en la Universidad del País Vasco UPV/EHU. La revista presenta trabajos de investigación inéditos en diferentes líneas centradas en la Prehistoria, la Antropología y la Geología del Cuaternario.



**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

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

**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

aldizkariaren ale bakoitzean, gaur egun UPV/EHUK eskaintzen duen “Kuaternarioa: Ingurugiro Aldaketak eta Giza Oinatza ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario))” unibertsitate-masterrean ikasturte akademiko horretan defendatutako hiru tesi-memoriak jasotzen dira. Aldizkarian, inoiz argitaratu gabeko ikerketa-lanak aurkezten dira, Kuaternarioko Geologiaren, Antropologiaren eta Historiaurrearen hainbat lerrori buruzkoak.



**CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

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

Every issue of **CKQ (Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies)**

is constituted by the MSc thesis dissertations carried out during the last academic course within the Master in Quaternary: Environmental Changes and Human Fingerprint

([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) taught presently at the University of the Basque Country (UPV/EHU). The journal includes different works dedicated to variable research lines focusing on Prehistory, Anthropology and Quaternary Geology.



UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO  
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA



**aranzadi**  
zientzia elkartea

SOCIEDAD DE CIENCIAS  
SCIENCE SOCIETY  
SOCIÉTÉ DE SCIENCES

|       |       |      |                |
|-------|-------|------|----------------|
| nº 10 | LEIOA | 2020 | 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. Alvaro Arrizabalaga: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi*  
*Dr. José Antonio Mujika Alustiza: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dra. María José Iriarte: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi*  
*Dr. Pedro Castaños: S.C. Aranzadi*

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

*Dr. Alejandro Cearreta: Universidad del País Vasco UPV/EHU - S.C. Aranzadi*  
*Dra. Ane García-Artola: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dr. Martín Arriolabengoa: Universidad del País Vasco UPV/EHU*  
*Dra. Montse Hervella: 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. Juanxo 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 Elkarte*  
*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*





## Máster en Cuaternario

### Cambios Ambientales y Huella Humana

#### RESPONSABLE DEL MÁSTER

- Cearreta Bilbao, Alejandro

#### COMISIÓN ACADÉMICA

- Presidente: Cearreta Bilbao, Alejandro
- Vocal: Arrizabalaga Valbuena, Alvaro
- Vocal: Concepción De la Rúa Vaca

#### PROFESORADO

| PROFESOR/A                                    | INSTITUCIÓN DE PROCEDENCIA                |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Alday Ruiz, Alfonso .....                     | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Alonso Alegre, Santos .....                   | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Alvarez Alonso, David .....                   | UNED                                      |
| Alvarez Fernandez, Esteban .....              | Universidad de Salamanca                  |
| Alvarez Gonzalez, Irantzu .....               | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Aranburu Artano, Arantza .....                | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Arostegi Garcia, Jose Javier .....            | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Arriolabengoa Zubizarreta, Martin .....       | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Arriortua Marcaida, Maria Isabel .....        | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Arrizabalaga Valbuena, Alvaro .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Astibia Ayerra, Humberto .....                | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Baceta Caballero, Juan Ignacio .....          | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Badiola Kortabitarte, Ainara .....            | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Barandiarán Maestu, Ignacio .....             | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Bazan Blau, Begoña del Pilar .....            | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Bao Casal, Roberto .....                      | Universidad de A Coruña                   |
| Bermúdez de Castro Risueño, José María .....  | CENIEH                                    |
| Berrocal Rangel, Luis .....                   | Universidad Autónoma de Madrid            |
| Bodego Aldasoro, Arantza .....                | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Cearreta Bilbao, Alejandro .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| De la Rúa Vaca, Concepción .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Díez Martín, Fernando .....                   | Universidad de Valladolid                 |
| Domingo Martínez Rafael .....                 | Universidad de Zaragoza                   |
| Domingo Sanz Inés .....                       | Universitat Autònoma de Barcelona         |
| Eguiluz Alarcón, Luis .....                   | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Etxeberria Gabilondo, Francisco .....         | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Fernandez Eraso, Javier María .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| García Artola, Ane .....                      | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| García Díez, Marcos .....                     | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| García Ibaibarriaga, Naroa .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Garrido Pena Rafael .....                     | Universidad Autónoma de Madrid            |
| Gómez Olivencia, Asier .....                  | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| González Sáinz, César .....                   | Universidad de Cantabria                  |
| Herrero Rubio, Jose Miguel .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Hervella Afonso Montserrat .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Irabien Gullas, Maria Jesús .....             | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Iriarte Aviles, Eneko .....                   | Universidad de Burgos                     |
| Iriarte Chiapusso, María José .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Izagirre Arribalzaga, Neskuts .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Larrañaga Varga, Aitor .....                  | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| López Horgue, Miguel Angel .....              | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Morales Mateos, Jacob .....                   | Universidad de Las Palmas de Gran Canaria |
| Mujika Alustiza, José Antonio .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Murelaga Bereikua, Javier .....               | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Ochoa Fraile, Blanca .....                    | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Ortega Cuesta, Luis Angel .....               | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Parés Casanova Josep María .....              | CENIEH                                    |
| Pascual Cuevas, Ana María .....               | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Payros Agirre, Aitor .....                    | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Pizarro Sanz, José Luis .....                 | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Portillo Ramírez, Marta .....                 | Universitat de Barcelona                  |
| Quirós Castillo, Juan Antonio .....           | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Rodríguez Lázaro, Julio Manuel .....          | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Sáenz de Buruaga Blázquez, José Antonio ..... | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Santos Zalduegui, José Francisco .....        | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Tarriño Vinagre, Andoni .....                 | CENIEH                                    |
| Urtiaga Greaves, Miren Karmele .....          | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |
| Yusta Arnal, Iñaki .....                      | Universidad del País Vasco UPV/EHU        |

## PRESENTACIÓN DEL DIRECTOR

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

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

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

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

## ZUZENDARIAREN AURKEZPENA

Kuaternarioa gure planetaren historiaren azken 2,6 milioi urteko aro geologikoaren aldia da. Honek maizko oszilazio klimatikoak, azkarrak eta handiak ditu ezaugarri.

Ingurumenaren muturreko aldaketa hauekin batera, aro honetan giza espezieak Biosferan agertzen eta garatzen dira, bizi garen ingurua eraldatzeko, gero eta ahalmen handiagoa lortuta.

Marko zientifiko eta kultural honetan **Kuaternario Ikasketak** aldizkariak Kuaternarioko gaiei buruzko unibertsitate ikerketako argitalpen serie bat hasi du.

UPV/ Euskal Herriko Unibertsitateko Kuaternario Masterraren barnean eta Giza Aztarna, ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) kurtso akademiko horretan defendatutako tesien memoriak osatzen dute urteko ale bakoitza.

**Kuaternario Ikasketak** aldizkaria Aranzadi Zientzi Elkarteak ([www.aranzadi-zientziak.org](http://www.aranzadi-zientziak.org)) argitaratzen du Gradu-ondoko (Master eta Doktoretza) ikasketen 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

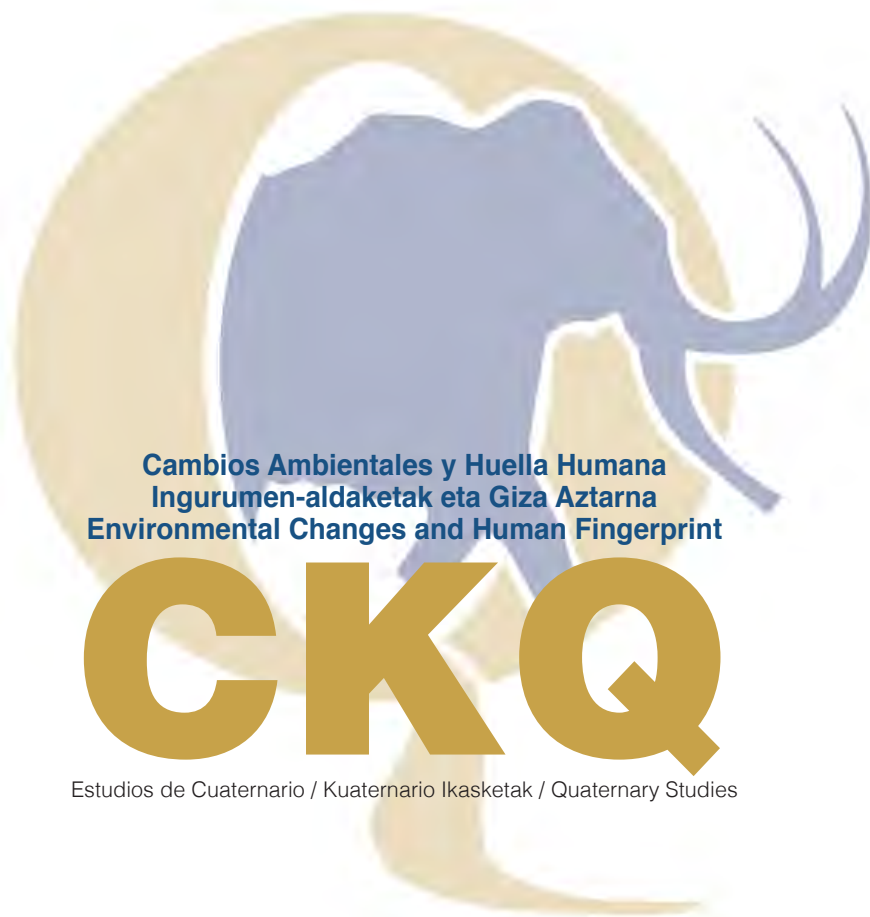
The Quaternary is the geological time period corresponding to the last 2.6 million years in our planet's history, characterized by frequent, rapid and intense climate changes. Simultaneously to these environmental variations, during this time period human species appeared in the Biosphere and evolved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

Each yearly issue is constituted by the MSc thesis dissertations carried out during the last academic course within the Master in Quaternary:

Environmental Changes and Human Fingerprint ([www.ehu.eus/mastercuaternario](http://www.ehu.eus/mastercuaternario)) taught presently at the University of the Basque Country (UPV/EHU).

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



**Cambios Ambientales y Huella Humana**  
**Ingurumen-aldaketak eta Giza Aztarna**  
**Environmental Changes and Human Fingerprint**

**CKQ**

Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies

10

2020

ISSN 2445-1282

## ÍNDICE/ AURKIBIDEA/ CONTENTS

ANA DE DIOS CUBILLAS

- Estudio de la mineralogía y estructuras de *cold seeps* y sus implicaciones astrobiológicas en el satélite Europa ..... 3-22

JON ANDER GONZÁLEZ DE HEREDIA FERNÁNDEZ DE ERIBE

- Análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados en la Estación Megalítica de Entzia-Urbasa (Álava-Navarra)..... 23-44

JAGOBA HIDALGO MASA

- Análisis de las estructuras visibles del yacimiento arqueológico de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia): aportación de las imágenes LIDAR ..... 45-60

NOEMI MERA PEÑA

- Abrigo de Socuevas de San Miguel (Rivabellosa, País Vasco): Análisis del estado de conservación y propuestas de acción preventiva..... 61-85

URKO SANTAMARIA DIAZ

- Análisis petrográfico de la cerámica neolítica del yacimiento de El Prado (Pancorbo, Burgos)..... 87-98

**Foto de portada:**

Salida de campo  
al yacimiento  
geoarqueológico de  
Atapuerca (Burgos)  
con los profesores  
J.M. Bermúdez de Castro  
y J.M. Parés (CENIEH),  
10 Octubre 2018.



|                                                                          |       |      |       |      |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|----------------|
| CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies | nº 10 | 3-22 | LEIOA | 2020 | ISSN 2245-1282 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|----------------|

# Estudio de la mineralogía y estructuras de cold seeps y sus implicaciones astrobiológicas en el satélite Europa

## Study of mineralogy and structures of cold seeps and their astrobiological implications on the Europa satellite

**PALABRAS CLAVES:** Astrobiología, Chimenea carbonatada, Clatratos de gas, Cold seeps, Satélite Europa.

**KEY WORDS:** Astrobiology, Carbonate chimney, Gas clathrate hydrates, Cold seeps, Europa.

ANA DE DIOS CUBILLAS<sup>(1)</sup>

### RESUMEN

El satélite joviano Europa es un mundo oceánico con actividad geológica reciente. Las erupciones de plumas indican la existencia de fuentes de energía. En teoría, la interacción manto-océano podría aportar los compuestos y la energía necesarios para mantener un ambiente habitable y posibilitar el desarrollo de una vida quimiosintética, situación similar a la de los cold seeps de nuestros océanos. Además, las condiciones físicas del fondo marino podrían favorecer la formación de clatratos de gas a partir de los volátiles producidos tras las reacciones gas-agua-roca. La disociación de estos hielos podría estar detrás del origen de algunas estructuras geomorfológicas observadas en su corteza helada. En este trabajo se estudió una chimenea carbonatada de los *cold seeps* del Golfo de Cádiz como análogo terrestre para conocer los procesos asociados a la liberación de gases en un ambiente oceánico y extrapolar los resultados a Europa. Fue analizada mediante difracción y fluorescencia de rayos X, espectroscopía FT-IR y Raman y microscopía óptica. Los resultados permitieron diferenciar entre componentes alóctonos y autóctonos, ambos sujetos al proceso de emanación de fluidos. De esta manera, los fluidos constituyen una fuente de energía y de carbono y, por tanto, su presencia en Europa plantearía hipótesis sobre el posible desarrollo de los ciclos biogeoquímicos.

### ABSTRACT

Jupiter's moon Europa is an ocean world with recent geological activity. The plume eruptions indicate the existence of energy sources. In theory, mantle-ocean interaction could provide the necessary compounds and energy to sustain a habitable environment and to enable the development of chemosynthetic life, similar situation to our oceans' cold seeps. In addition, the physical conditions of the seabed could favour gas clathrate hydrate formation from volatiles produced by gas-water-rock reactions. These clathrate dissociation could be behind the origin of some geomorphological structures observed in its icy crust. A carbonate chimney from Gulf of Cadiz cold seeps was studied as terrestrial analogue so as to understand the processes associated with the gas release in an oceanic environment and extrapolate these results to Europa. The sample was analysed by X-ray diffraction and X-ray fluorescence, FT-IR and Raman spectroscopy and optical microscopy. The results allowed to distinguish allochthonous components from autochthonous, both subject to fluid emission process. In this way fluids constitute an energy source and a carbon source, and therefore their presence in Europa would hypothesize the possible development of biogeochemical cycles.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Cerca de 4,2 unidades astronómicas separan la Tierra del satélite Europa. Esta distancia no supuso un impedimento para que los astrónomos Galileo Galilei y Simón Marius se percataran de su existencia junto a Ío, Ganímedes y Calisto, enarzándose posteriormente en una disputa por la autoría del descubrimiento. Sus telescopios apuntaron a las lunas más grandes de Júpiter, siendo Europa la más pequeña de las cuatro y cuyas geomorfologías superficiales fascinaron a los científicos de las misiones Voyager 1 y 2 lanzadas en 1977. Esto motivó a la NASA a dirigir once sobrevuelos a Europa una vez que la sonda Galileo se puso en órbita joviana en 1995. Los resultados de la misión Galileo

<sup>(1)</sup> Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa (Bizkaia). E-mail: adedios003@ikasle.ehu.eus.

**Director.** José Luis Pizarro Sanz. Departamento de Mineralogía y Petrología, UPV/EHU.

**Directora.** Olga Prieto Ballesteros. Departamento de Planetología y Habitabilidad, Centro de Astrobiología CAB-CSIC-INTA.

\* Mención especial a la Memoria de Trabajo Fin de Máster más relevante del curso 2018-2019 concedida por la Comisión Académica del Máster en Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana.



hicieron que a partir de entonces el interés por esta luna incrementara al mismo nivel que el del popular Marte.

La interpretación de las mediciones gravimétricas y magnéticas de la Galileo mostraron una luna estructurada en tres capas: un núcleo pequeño y denso de Fe o algo más grande y ligero de FeS, un manto silicatado y una corteza de hielo de agua (KIMURA, 2019). Sin embargo, no toda esta corteza está congelada al existir un océano en su parte inferior que se mantiene líquido gracias al calor derivado de la influencia del campo gravitatorio de Júpiter (KRISTJÁNSDÓTTIR, 2010) y de la desintegración radiactiva de elementos del manto. Lo que resalta de Europa sobre otros satélites con océanos es la posible interacción entre el manto de roca silicatada, que podría poseer actividad térmica, y el océano de agua líquida. De hecho, se ha propuesto que las reacciones de serpentinización que puedan tener lugar por el contacto del agua con el manto rocoso podrían contribuir al aporte del calor total, concretamente el 1% del calor radiogénico (VANCE *et al.*, 2007; HUSSMANN *et al.*, 2010).

Probablemente el océano es de composición salada, lo cual por un lado, explicaría la inducción del campo magnético producto de corrientes eléctricas detectado por la interacción con el intenso campo magnético joviano (KHURANA *et al.*, 1998), y por otro lado, concordaría con la señal de los espectros infrarrojos de las sales hidratadas de  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tomados de la superficie por la Galileo (MUÑOZ-IGLESIAS *et al.*, 2014). Recientemente, TRUMBO *et al.*, (2019) han conseguido identificar la presencia de halita (NaCl) analizando los datos espectroscópicos en el rango del visible adquiridos por el telescopio espacial Hubble.

A diferencia de nuestro satélite, Europa puede ser geológicamente activa. Su actividad reciente queda manifestada en: 1) el bajo número de cráteres, lo que evidencia un reciclado de su corteza, a la que se ha asignado una edad relativamente joven, entre los 40 y 90 M.a (JOHNSON *et al.*, 2017); 2) las plumas que parecen emerger de la franja ecuatorial y sur lunar (JIA *et al.*, 2018; ARNOLD *et al.*, 2019). Aunque fueron vistas por primera vez por Hubble en 2012, la Galileo ya las registró como anomalías durante sus mediciones. Los últimos estudios han permitido correlacionar entre sí la trayectoria de la sonda con las señales registradas, a partir de simulaciones en el laboratorio; 3) las estructuras geomorfológicas que caracterizan el modelado de su superficie: a) estructuras lineales como *troughs*, *ridges*, bandas y *cycloids*, b) llanuras, c) estructuras *lenticulae* y d) terrenos caóticos. Estas dos últimas y los *ridges* destacan por su posible origen endógeno asociado a criomagmatismo (KATTENHORN y HURFORD, 2009; MUÑOZ-IGLESIAS, 2014; LEONARD *et al.*, 2018), es decir, procesos magmáticos a muy baja temperatura donde el magma, de composición fundamentalmente acuoso, se enfriaría y solidificaría rápidamente junto a otros gases a hielos, incluso en fase de clatrato de gas, si el régimen de presión y temperatura lo permite. El criomagma sería otra consecuencia del ya mencionado calentamiento mareal.

Se ha propuesto que la corteza es heterogénea al asumir en ella la presencia de cámaras criomagmáticas (MUÑOZ-IGLESIAS *et al.*, 2014). Los criomagmas ascienden hasta su extrusión a través de dos vías, que pueden combinarse. La más extendida en la literatura es por despresurización al conectarse con fracturas propias de la corteza o aquellas producto de la sobrepresión del criomagma sobre las paredes de la cámara al ir cristalizando (LESAGE *et al.*, 2018). La otra opción se debe al descenso de la densidad del magma gracias a la incorporación de volátiles procedentes de la desgasificación de la luna, y ocasionalmente por la disociación de capas de clatratos de gas, bien por una disminución de la presión litostática o una mayor salinidad que reduce la temperatura de descomposición (PRIETO-BALLESTEROS, 2004; MUÑOZ-IGLESIAS, 2014).

Los clatratos, también denominados hidratos de gas, son cristales moleculares de agua en cuyos intersticios se alojan gases que quedan enlazados mediante fuerzas de van der Waals y de dispersión de London (KE *et al.*, 2018). Aparte de los efectos anteriormente ocasionados por la disociación de los clatratos de gas, la baja conductividad térmica de estos podría tener implicaciones a escala planetaria ya que ayudarían a retener el calor interno junto a las sales hidratadas (DURHAM *et al.*, 2010). Se ha propuesto la presencia de capas de clatratos de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  en la corteza y océano europeo, cuya densidad les confiere una neutra o negativa flotabilidad. Serían dos las fuentes de producción de estos volátiles huéspedes. Los dos primeros oxidantes ( $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{O}_2$ ) se generarían por radiólisis del agua de su superficie, mientras que el resto (junto a otros gases no

detectados durante las misiones) emanarían del interior del satélite por desgasificación y reacciones de serpentización (KARGEL *et al.*, 2000; PRIETO-BALLESTEROS *et al.*, 2005; MUÑOZ-IGLESIAS *et al.*, 2014).

La posible presencia de estos clatratos en el fondo marino de Europa, así como las plumas de gases observadas en su superficie, podrían sugerir la existencia de sistemas de *cold seeps*. En estas áreas, condicionadas en la Tierra a los episodios de formación-disociación de clatratos, inestabilidad tectónica y otros factores geofísicos, es donde podría producirse de manera discontinua la expulsión de fluidos ricos en metano, sulfuro de hidrógeno (entre otros compuestos gaseosos) y elementos como hierro, tras migrar desde reservorios sedimentarios hasta finalmente ser descargados a la columna de agua. Al igual que en la Tierra, la emisión de estos fluidos formaría diferentes estructuras (volcanes de fango, *pockmarks* o cráteres), lo que determinaría la geomorfología del fondo marino local y la naturaleza de los diferentes depósitos sedimentarios (montículos, costras y chimeneas carbonatadas), así como su mineralogía.

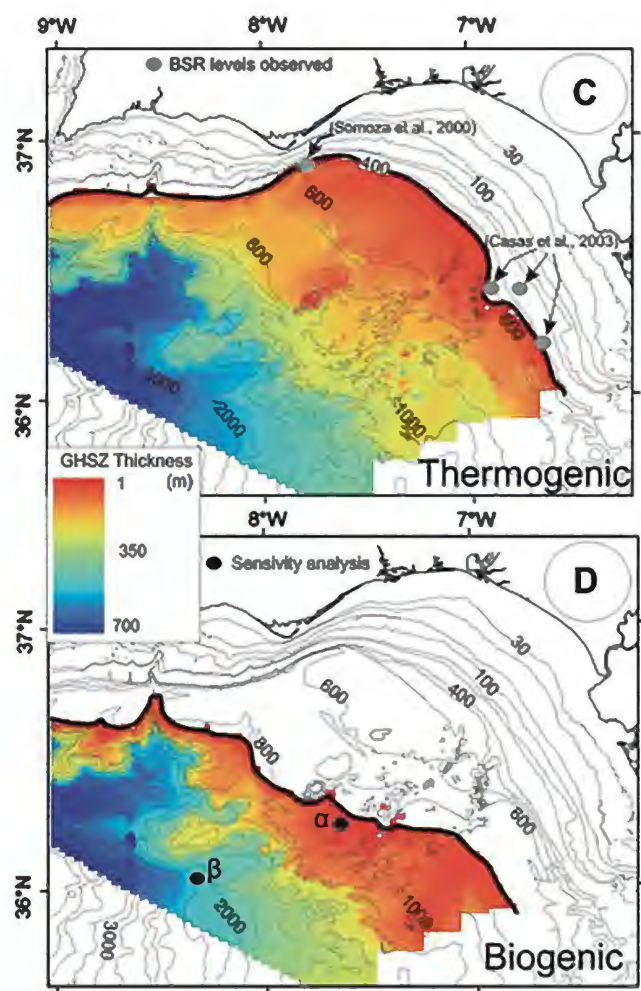
Un método para estudiar los procesos y materiales planetarios es a través de sus análogos terrestres. En los fondos oceánicos de la Tierra se producen emanaciones de gases, producto de la actividad geotermal o del escape del contenido en sedimentos. En estos ambientes precipitan carbonatos a partir de gases como CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. Si la presión es adecuada, los gases liberados pueden formar clatratos, que si se disocian y precipitan in situ, pueden formar a su vez otros carbonatos, denominados clatrattitas. En el fondo oceánico de nuestro planeta la precipitación de los carbonatos es bioinducida por arqueas metanotróficas y bacterias reductoras de sulfato que oxidan anaeróbicamente el metano, como parte de su metabolismo, y hacen aumentar la alcalinidad del agua oceánica (GREINERT *et al.*, 2010). Análogamente, los fluidos procedentes de las fuentes hidrotermales y *cold seeps* podrían jugar un papel muy importante en la habitabilidad del océano de Europa, ya que aportarían nutrientes al sistema y jugarían un papel importante del ciclo biogeoquímico de los elementos que necesita la vida, tal y como la conocemos.

El objetivo de este trabajo es caracterizar una muestra natural de ambientes de *cold seep* para entender los procesos asociados a la liberación de gases en un ambiente oceánico, como parte del ciclo de elementos químicos esenciales para la habitabilidad planetaria (CHONPS) y extrapolar los resultados al satélite Europa.

De la misma manera que en el satélite Europa y en el análogo de la costa oeste de los Estados Unidos se dan las condiciones en sus respectivos ambientes para la formación de clatratos de gas, el Golfo de Cádiz no está exento de ello. El estudio de sus yacimientos de clatratos de gas coincidió con la entrada del nuevo siglo XXI y se llevó a cabo paralelamente a la identificación y estudio de las principales estructuras de fondo marino asociadas a la emisión de fluidos. A finales de la primera década, LEÓN *et al.*, (2009) publican en su artículo dos mapas regionales del Golfo de Cádiz en la que representan la distribución y el espesor de los yacimientos de clatratos de gas para las composiciones de gas termogénico y biogénico (Fig. 1).

Al considerar los cold seeps como candidatos análogos a los posibles ambientes existentes en Europa se planteó el estudio y comparación de las dos clases de carbonatos autigénicos formadas en estos lugares de emisiones de gases, en referencia a si proviene o no de la precipitación *in situ* de la desestabilización de clatratos de gas.

Por tanto, para el presente trabajo se utilizó una chimenea carbonatada del margen continental del Golfo de Cádiz (Fig. 2), facilitada por el Dr. Luis Carlos Gago Duport de la Universidad de Vigo. Se ha caracterizado petrológica, mineralógica y geoquímicamente la muestra con el fin de averiguar el papel de los clatratos en el ambiente oceánico del análogo y, por ende, en Europa.



**Figura 1.** Mapas batimétricos regionales del margen sudibérico del Golfo de Cádiz (imágenes C y D). Se representan la distribución y el espesor de la zona de estabilidad de los clatratos de gas para las composiciones de gas termogénico (C) y biogénico (D) a partir de la detección del nivel BSR en los datos sísmicos. Con una línea gruesa de color negro se marca el límite superior de la zona de estabilidad de los clatratos de gas, situada a 450 y 770 m de profundidad para el gas termogénico y biogénico respectivamente (Tomado de LEÓN *et al.*, 2009).

**Figure 1.** Regional bathymetric maps of the South Iberian margin of the Gulf of Cadiz (images C and D). The distribution and thickness of the gas hydrate stability zone for thermogenic (C) and biogenic (D) gas are represented from detection of the BSR level in seismic data. Upper limit of the gas hydrate stability zone is marked with thick black line, which is located at 450 m and 770 m depth for thermogenic and biogenic gas, respectively (Taken from LEÓN *et al.*, 2009).



**Figura 2.** Muestra de la chimenea submarina del Golfo de Cádiz. Se aprecia una diferencia de tonalidad entre la parte interna y media.

**Figure 2.** Carbonate chimney sample from the Gulf of Cadiz. It is observed a difference in tonality between the inner part and middle.

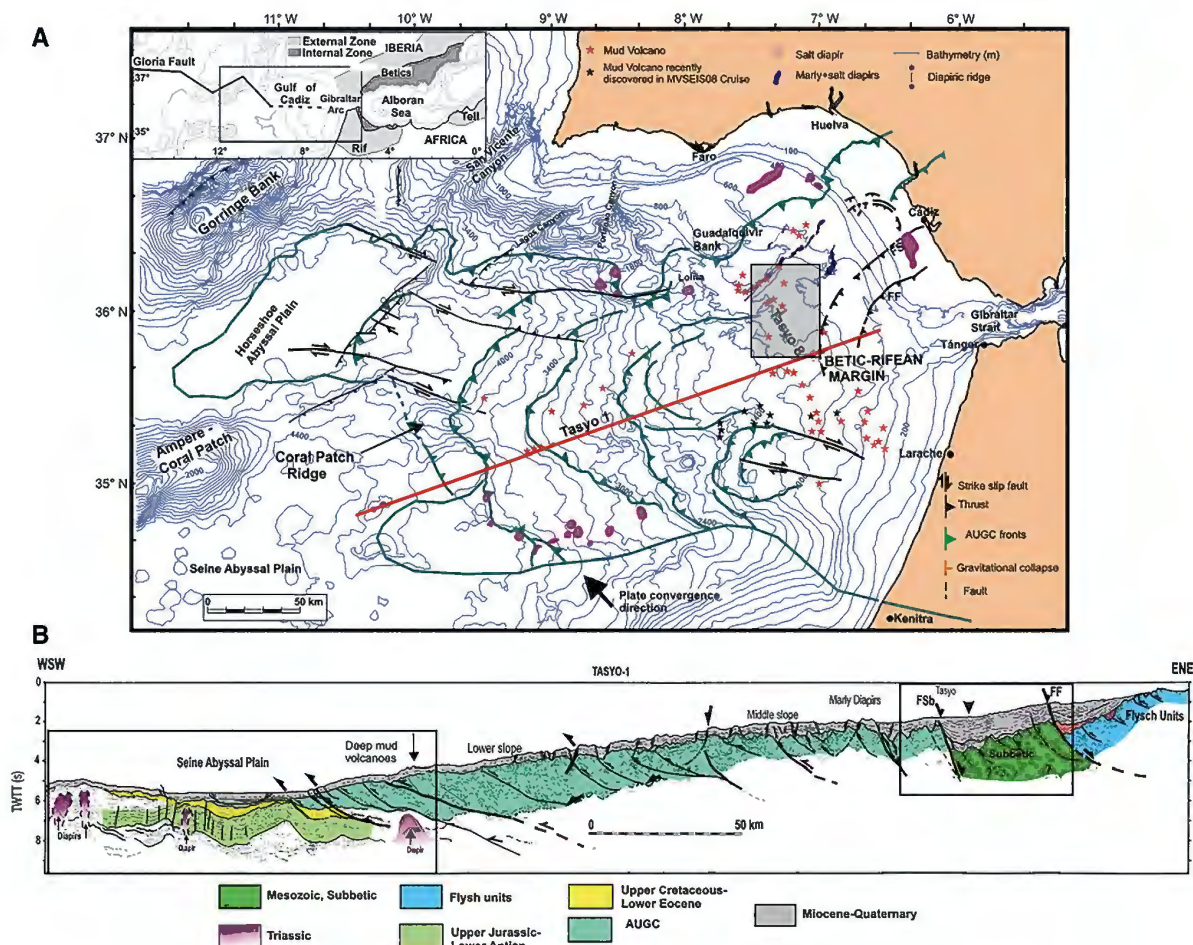


## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Contexto geológico de los cold seeps del Golfo de Cádiz

El Golfo de Cádiz se localiza en la convergencia oblicua-transpresiva entre las placas de África y Eurasia, concretamente al oeste del cinturón orogénico Bético-Rifeño. Su origen se remonta al *rifting* del Atlántico Central entre África y América durante el Triásico Superior-Jurásico Inferior de la cual hereda su asimetría. La actividad tectónica operante en la región desde el Oligoceno medio hasta la actualidad es la principal responsable de los rasgos fisiográficos y morfoestructurales que la caracterizan (MEDIALDEA, 2004; MEDIALDEA *et al.*, 2008).

El Golfo de Cádiz forma parte del margen pasivo atlántico que va desde el cabo San Vicente hasta la Cuenca del Rharb en Marruecos, por lo que comprende una plataforma continental, un amplio talud y una llanura abisal compartimentada por los montes submarinos de Ampere-Coral Patch en dos zonas: la Llanura Abisal de la Herradura y la del Sena. Los campos de *cold seeps* se localizan, sobre todo, en la parte media del talud, vinculados a la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz (UAGC), donde se hace más potente, y a los depósitos contorníticos arenosos suprayacentes. Ambas unidades sísmoestratigráficas, que actúan como almacenes de gas (BARRANCO, 2003; MEDIALDEA, 2004), están relacionadas respectivamente con el levantamiento y colapso gravitacional del orógeno Bético-Rifeño (Fig. 3).



**Figura 3.** A) Mapa batimétrico del Golfo de Cádiz donde se representan el límite y los frentes de la Unidad Alóctona (AUGC, en inglés) y la posición de los volcanes de fango, diapiros salinos y margo-salinos. El área de color gris señala la localización del campo TASYO donde fue recogida la muestra. B) Corte del perfil sísmico multicanal TASYO-1 que cruza la región del Golfo de Cádiz con dirección ENE-WSW realizado durante la campaña TASYO-2000 (Modificado de MEDIALDEA *et al.*, 2009).

**Figure 3.** A) Bathymetric map of the Gulf of Cádiz in which limit and fronts of the Allochthonous Unit (AUGC) and mud volcanoes, salt and mud-salt diapirs are represented. Grey-coloured area marks the location of the TASYO field where the sample was collected. B) Cross-section of the multichannel seismic profile TASYO-1 that crosses the Gulf of Cádiz region from ENE to WSW made during TASYO-2000 campaign (Modified from MEDIALDEA *et al.*, 2009).



La UAGC se desarrolló entre el Mioceno medio y superior, cuando la microplaca de Alborán colisionó con los márgenes sudibérico y norteafricano, al formar parte de la cuña orogénica del Arco de Gibraltar. De ahí que esté formada por un sistema de cabalgamientos imbricados enraizada en la unidad triásica y compuesta de una mezcla de evaporitas triásicas, calizas cretácicas y paleógenas y arcillas y margas miocenas ricas en hidrocarburos gaseosos (GONZÁLEZ *et al.*, 2006; MEDIALDEA *et al.*, 2008). La deformación que acompañó al emplazamiento de la UAGC favoreció la formación de diapiros margo-salinos, y con ello, la migración de fluidos (MEDIALDEA, 2004; MARTÍN-PUERTAS *et al.*, 2006). Poco después, la propia evolución geodinámica del orógeno propició el cierre del Estrecho de Gibraltar y su posterior apertura a finales del Messiniense, coincidiendo además con el colapso extensional de la cuña. Numerosos procesos contorníticos plio-cuaternarios cuyos depósitos cubrieron la UAGC tuvieron lugar, al mismo tiempo, que eran afectados por diversas fallas lítricas. Estas fallas, enraizadas en la UAGC, conectarían con los diapiros margo-salinos permitiendo la generación de yacimientos de gas metano libre o hidratos de gas en dichos depósitos contorníticos que son la fuente de los *cold seeps*. La zona de estabilidad de los hidratos de gas (GHSZ, en inglés) la controla la presión y la temperatura, que depende de la tectónica, el espesor de la capa de agua que se haya por arriba y la variabilidad de la masa de agua mediterránea y atlántica (BARRANCO, 2003; MEDIALDEA, 2004; MARTÍN-PUERTAS *et al.*, 2006).

En el límite de ambas corrientes se localiza el campo TASYO (36° 15'N 7°O y 35° 45'N 7° 30'O) de donde fue recogida la chimenea carbonatada estudiada durante la campaña del Proyecto TASYO (Transporte tecto-sedimentario desde el margen continental del Golfo de Cádiz hacia las llanuras abisales atlánticas) en el marco del Programa Nacional I+D de Ciencias y Tecnologías Marinas (CYT-MAR). El campo TASYO, que se extiende a lo largo de la zona central del talud medio entre los 750 y 1000 m de profundidad, agrupa a cinco volcanes de fango, entre los que destaca el Hespérides por su mayor tamaño. En esta zona, el límite superior de la GHSZ está acotado a 680 m cuando está influenciado por la corriente atlántica y a los 850 m por la corriente mediterránea (BARRANCO, 2003).

## 2.2. Técnicas de análisis

Los análisis de la muestra se llevaron a cabo en dos centros diferentes. En el Centro de Astrobiología del CSIC-INTA se efectuó la difracción de rayos X y la espectroscopía FT-IR, culminando el estudio con la microscopía óptica de luz transmitida y reflejada, fluorescencia de rayos X y la espectroscopía Raman en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

### 2.2.1. Difracción de rayos X

Permitió identificar las fases cristalinas y adquirir una visión de conjunto de la composición mineral de la muestra. Dada la disimilitud en la coloración de la parte interna y media de la muestra de chimenea carbonatada del Golfo de Cádiz, siendo esta última de una tonalidad más clara, se pulverizó por separado cada parte. Se emplearon diferentes morteros en base al volumen de muestra obtenido. Para la parte interna se empleó el mortero de ágata *FRITSCH Mortar Grinder PULVERISETTE 2*, mientras que para la parte media el mortero de circonio *FRITSCH Vibrating Cup Mill PULVERISETTE 9*. Posteriormente, ambas muestras fueron caracterizadas con un difractómetro D8 *Advance ECO* de la empresa *Bruker*. Con radiación CuK $\alpha$  y con un voltaje de 40 Kv y 25 mA de intensidad se realizó un barrido en el intervalo 5-60° (2 $\theta$ ) y con un paso de 0,05° por segundo. Los difractogramas resultantes fueron interpretados con la base de datos PDF-2 2002 para identificar las fases cristalinas presentes.

### 2.2.2. Espectroscopía FT-IR

La difícil caracterización de ciertos minerales por difracción debido a su baja proporción en la muestra llevó a utilizar la espectrometría infrarroja como técnica complementaria a esta, pudiendo entonces ser identificados a través de sus grupos moleculares junto a otros posibles compuestos. En el compartimento del espectrómetro *FT-IR Thermo Scientific Nicolet iS50* se colocó la fracción pulverizada de la parte interna y media de la chimenea carbonatada del Golfo de Cádiz. Se trabajó en las

regiones de frecuencias espectrales del infrarrojo medio ( $4.000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ , MIR) y del cercano ( $0.9\text{--}2.5\text{ }\mu\text{m}$ , NIR) para las que se requirió el uso de detectores DTGS KBr con divisores de haces de xt-KBr y cuarzo respectivamente.

### **2.2.3. Microscopía óptica de luz transmitida y reflejada**

Se realizaron dos láminas delgadas para realizar el estudio de microscopía óptica de las muestras: una con tinción rojo de alizarina (luz transmitida) y otra pulida (luz reflejada). El objetivo consistió en caracterizar los procesos que han dado lugar a la formación de la chimenea mediante la descripción de sus componentes mineralógicos y las relaciones texturales entre ellos. Para realizar el estudio se utilizaron dos microscopios petrográficos disponibles en el Departamento de Mineralogía y Petrología (UPV/EHU).

### **2.2.4. Espectroscopía Raman**

Se empleó el microscopio confocal Raman Renishaw inVia con el criterio de caracterizar aquellos compuestos que no fueron detectados con las técnicas anteriores. Las medidas se realizaron sobre un taco pulido de muestra que fue irradiado con el láser rojo ( $785\text{ nm}$ ) para así atenuar los fenómenos de fluorescencia ocasionados por la propia naturaleza química del material.

### **2.2.5. Fluorescencia de rayos X**

Para una diferenciación a nivel elemental entre la parte interna y media de la chimenea se elaboraron dos perlas de vidrio borado mediante fusión en un microhorno de inducción, mezclando el fundente *Spectromelt A12* de la casa *Merck* y la muestra en proporciones aproximadas de 20:1. Con el espectrómetro *PANalytical*, modelo *AXIOS*, dotado con un tubo de Rh y tres detectores (flujo gaseoso, centelleo y sellado de Xe) se analizó cada perla en atmósfera de vacío. Además, se ha calculado la pérdida por calcinación (LOI) de las muestras tras someter una porción alícuota de cada una de ellas a  $1050^\circ\text{C}$  durante una hora en un horno mufla.

## **3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Difracción de rayos X**

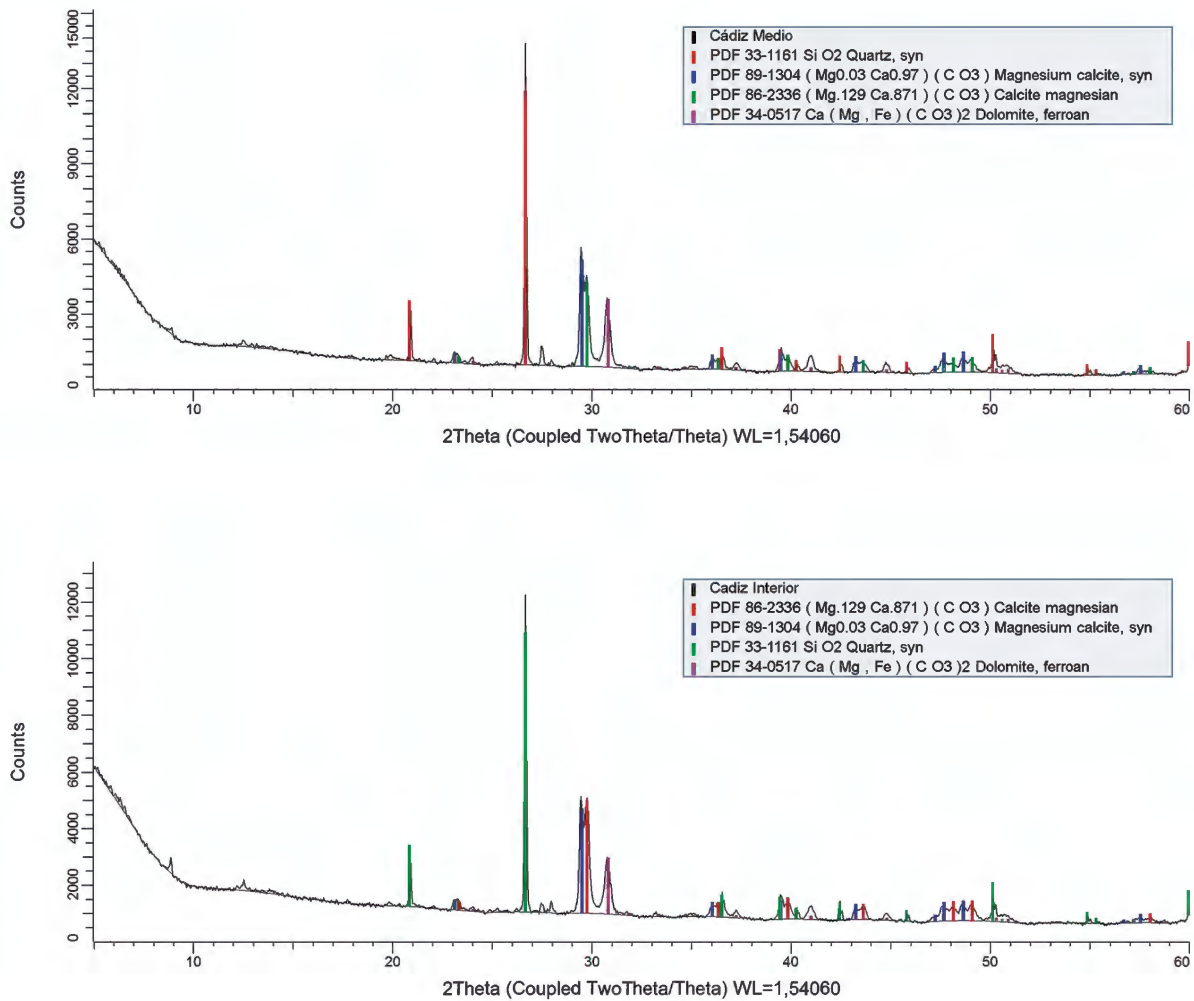
Los difractogramas de rayos X revelan que la mineralogía principal de ambas muestras la conforman el cuarzo junto a la calcita, calcita magnesiana y dolomita ferrosa (Fig. 4). Hay un predominio de la calcita sobre la dolomita, aunque la procedencia de ambos tipos de fases difiere. Mientras la calcita (más cercana a una composición pura) y la dolomita son autigénicas, la calcita magnesiana estaría indicando la presencia de restos esqueléticos en las muestras, dado que los organismos biomineralizan en calcita de alto contenido en magnesio y/o aragonito (TUCKER y WRIGHT, 2009).

Las fases minerales minoritarias de la muestra no pudieron ser identificadas debido a que sus picos de difracción presentan muy baja intensidad. Significaría indirectamente que su proporción es inferior al 1%, que es el límite de detección para esta técnica.

Además, se observa una disminución general en la intensidad en el difractograma de la parte interna con respecto al de la parte media, lo que podría estar relacionada con una mayor oxidación de la parte interna. Es decir, los fluidos que emanan de la chimenea pudieron generar pequeños defectos en la estructura de los minerales sin llegar a distorsionarlos ya que no se observa un aumento de la anchura de los picos.

La composición calcítica no es usual en los carbonatos autigénicos. De hecho, en el margen continental del Golfo de Cádiz lo más común es encontrar pavimentos aragoníticos y chimeneas dolomíticas y ankeríticas (MERINERO, 2008; MAGALHAES *et al.*, 2019) lo que demuestra su vinculación a las diferentes condiciones biogeoquímicas locales. La precipitación de un tipo de mineral carbonático

(Tabla I) vendrá determinada fundamentalmente por la concentración de sulfato en el medio, lo que a su vez refleja la velocidad de reducción bacteriana de sulfatos. Además, también influyen las condiciones de presión y temperatura en las que son estables las fases y la relación Mg/Ca existente en el medio de formación: altas concentraciones en Mg inhiben la precipitación de calcita e incluso de dolomita si esta es aún mayor (MERINERO, 2008; TUCKER y WRIGHT, 2009; GABITOV *et al.*, 2019). En nuestra muestra no se han encontrado sulfatos.



**Figura 4.** Diagramas de difracción de rayos X de la parte media (parte superior) e interna (parte inferior) de la chimenea carbonatada analizada.  
**Figure 4.** X-ray diffraction diagrams of the middle part (top) and inner (bottom) of the analysed carbonate chimney.

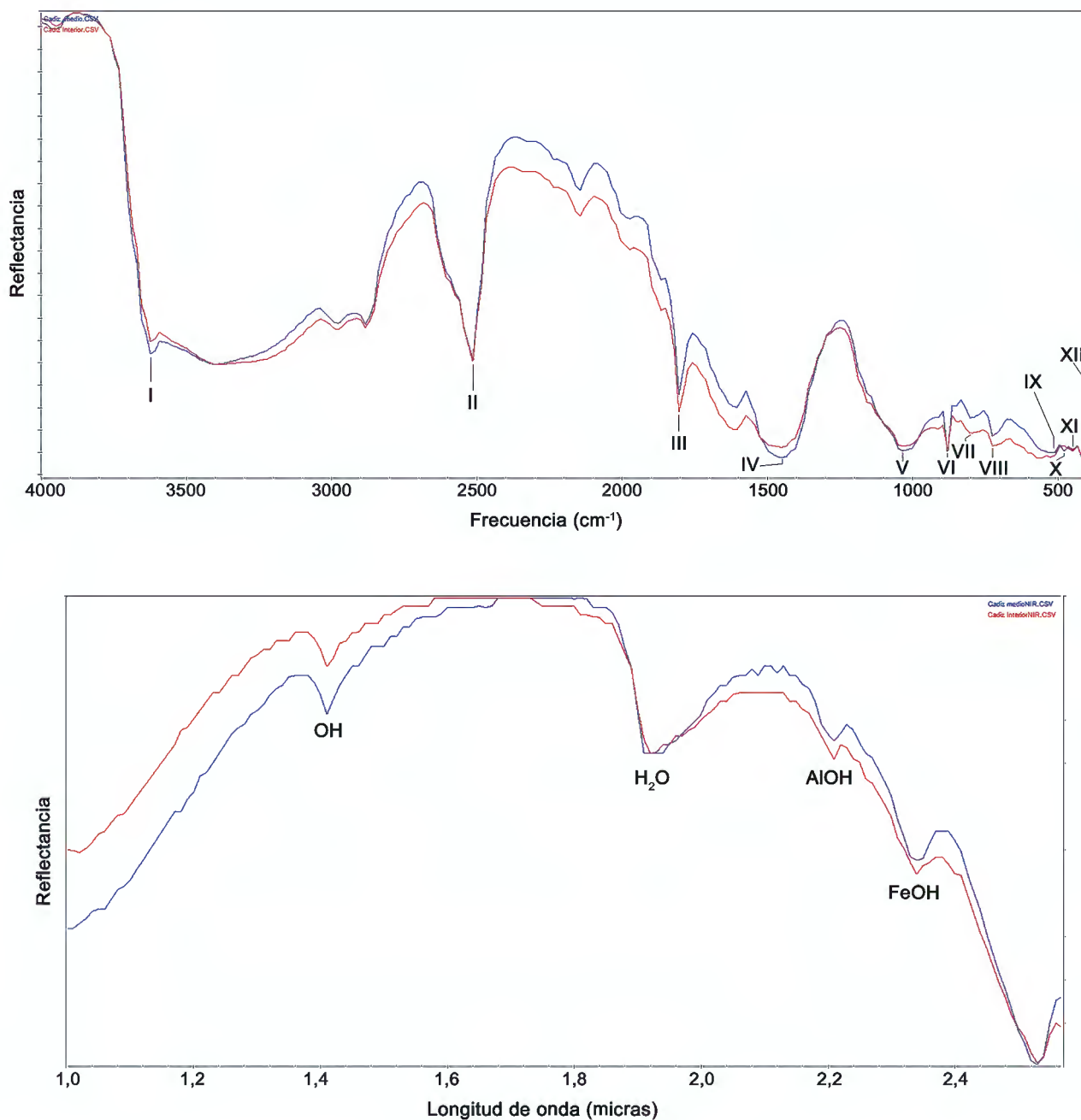
| DOLOMITA | CALCITA                                                 |     | ARAGONITO |
|----------|---------------------------------------------------------|-----|-----------|
|          | HCM                                                     | LCM |           |
| —        | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> →                         |     | +         |
| +        | Velocidad de reducción de sulfatos →                    |     | —         |
| ↑ Mg/Ca  | ↓ Mg/Ca                                                 |     | ↑↑ Mg/Ca  |
|          | > 4 moles MgCO <sub>3</sub> < 4 moles MgCO <sub>3</sub> |     |           |
| ↑↑ T     | ↑ T                                                     |     | ↓ T       |
| ↑ P      | ↓ P                                                     |     | ↑ P       |

**Tabla 1.** Relación entre las condiciones biogeoquímicas y la dolomita, calcita con alto y bajo contenido en magnesio (HMC y LMC) y aragonito.  
**Table 1.** Relation between biogeochemical conditions and dolomite, high magnesian calcite (HCM), low magnesian calcite (LMC) and aragonite.

### 3.2. Espectroscopía FT-IR

Los espectros del MIR y NIR de las partes interna y media fueron representados en transmitancia frente al número de ondas, expresado en  $\text{cm}^{-1}$  y  $\mu\text{m}$  respectivamente (Fig. 5). Las posiciones casi idénticas de las bandas de ambos espectros muestran que están constituidas por las mismas fases minerales.

Las frecuencias cercanas de las vibraciones moleculares de algunas de estas fases se reflejan en la anchura de las bandas del MIR, doce de las cuales fueron seleccionadas y enumeradas para su posterior comparación con espectros de referencia: I ( $3619 \text{ cm}^{-1}$ ), II ( $2518 \text{ cm}^{-1}$ ), III ( $1801 \text{ cm}^{-1}$ ), IV ( $1452$  y  $1451 \text{ cm}^{-1}$ ), V ( $1031 \text{ cm}^{-1}$ ), VI ( $880$  y  $879 \text{ cm}^{-1}$ ), VII ( $806$  y  $795 \text{ cm}^{-1}$ ), VIII ( $719$  y  $718 \text{ cm}^{-1}$ ),



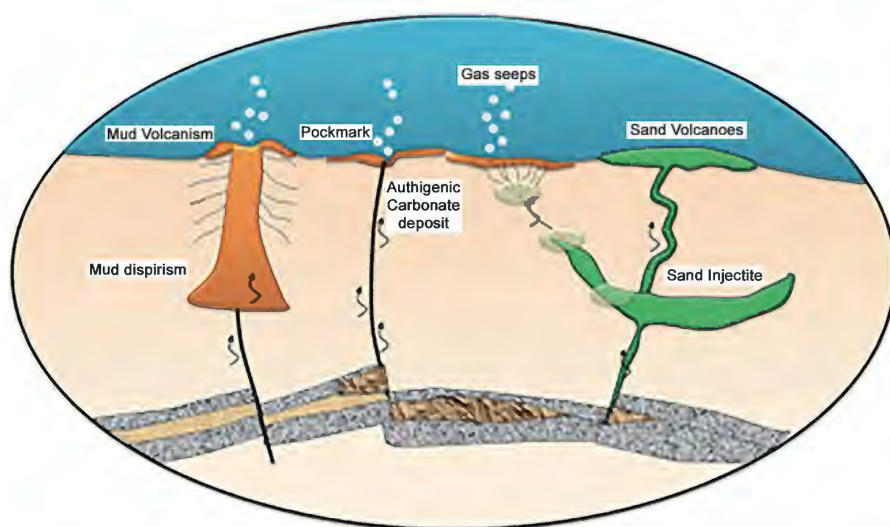
**Figura 5.** Espectros de infrarrojo medio, MIR, (parte superior) y cercano, NIR, (parte inferior). Los espectros correspondientes a la parte interna se representan en rojo, mientras que los de la parte media en azul.

**Figure 5.** Mid-infrared spectra, MIR, (top) and near-infrared spectra, NIR, (bottom). Spectrums corresponding to the inner part are represented in red, whereas those the middle part in blue.



IX (525 y 522  $\text{cm}^{-1}$ ), X (476  $\text{cm}^{-1}$ ), XI (451 y 449  $\text{cm}^{-1}$ ) y XII (418 y 413  $\text{cm}^{-1}$ ). Mientras que los picos II, III, IV, VI y VIII corresponden a una combinación de carbonatos de calcita-dolomita-ankerita (JONES y JACKSON, 1993; CHUKANOV, 2014), el resto pertenecen a fases de composición silicatada con la excepción de dos posibles minerales opacos. Dada sus intensidades, el pico I sería indicativo de una de las bandas intensas de montmorillonita y moscovita, V de cuarzo, moscovita, glauconita y montmorillonita, VII de cuarzo, IX de moscovita, montmorillonita y hematites, X de montmorillonita, XI de cuarzo, hematite y glauconita (CHUKANOV, 2014) y XII de pirita (FARMER, 1974).

El espectro NIR es característico de la montmorillonita (BISHOP *et al.*, 2002). Este tipo de esmectitas con capacidad de hidratación pueden jugar un papel relevante en las emisiones de gas. MARTÍN-PUERTAS *et al.* (2007) se percataron de que en los volcanes de fango —estructuras equivalentes a las chimeneas carbonatadas en los *cold seeps* por su función como vía de escape de gas (Fig. 6)— el grupo principal de arcilla extruida era el de las esmectitas. Estas fueron propuestas como marcadoras de fuentes de gas, puesto que tres años antes GUGGENHEIM y VAN DER GROOS (2003) lograron sintetizar hidratos de metano en la interlámina de una montmorillonita rica en Na, demostrando lo que otros autores teóricamente ya plantearon tras los estudios estructurales de estos filosilicatos 2:1.



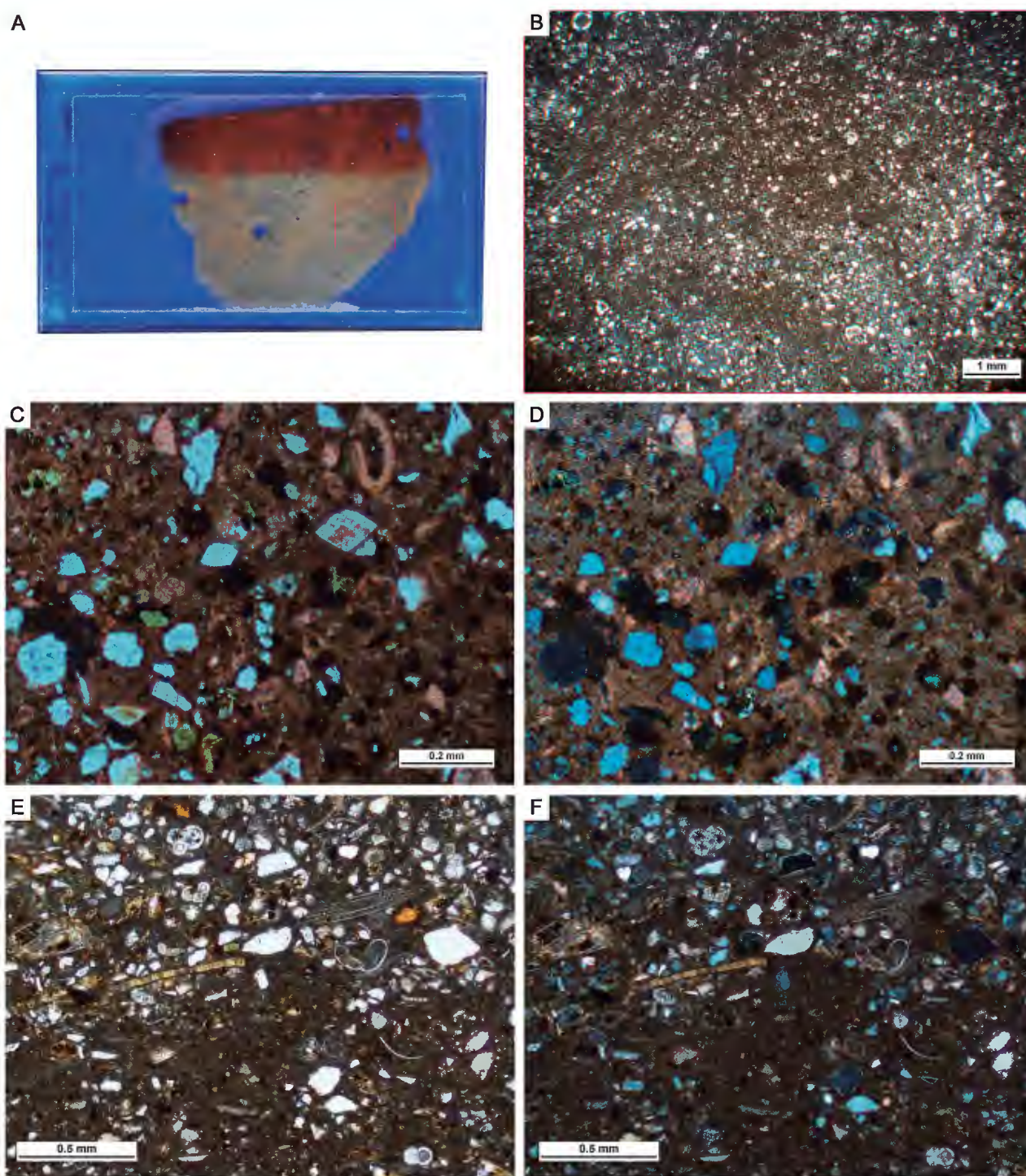
**Figura 6.** Esquema de las principales estructuras de fondo marino asociadas a emisión de fluidos ricos en metano u otros hidrocarburos: volcanes de fango, *pockmarks*, carbonatos autógenos (chimeneas, costras, etc.) y volcanes de arena (Tomado de RAJPUT y THAKUR, 2016). Si la emisión se produce a la suficiente profundidad, los gases pueden pasar por la fase de clatratos.

**Figure 6.** Scheme of main seabed features related to methane-rich or other hydrocarbon-rich fluid emissions: mud volcanoes, authigenic carbonates (chimney, crusts, etc.) and sand volcanoes (Taken from RAJPUT and THAKUR, 2016). If gas escape occurs at sufficient depth, gases can go into the hydrate phase.

### 3.3. Microscopía óptica de luz transmitida y reflejada

A escala visu la fracción teñida de la lámina indica que la calcita es el mineral mayoritario de la muestra. Se observa una elevada microporosidad y una relativa alternancia algo caótica de bandas curvas más claras y porosas con otras más oscuras y de menor porosidad (Fig. 7). Al microscopio las primeras corresponden a niveles de textura *mudstone*, mientras que las segundas son más clásticas, adquiriendo una textura *grainstone*. La porosidad es de tipo vug, móldica e intrapartícula. Algunos de los poros se hallan rellenos de microesparita, esparita y cristales framboidales de pirita.

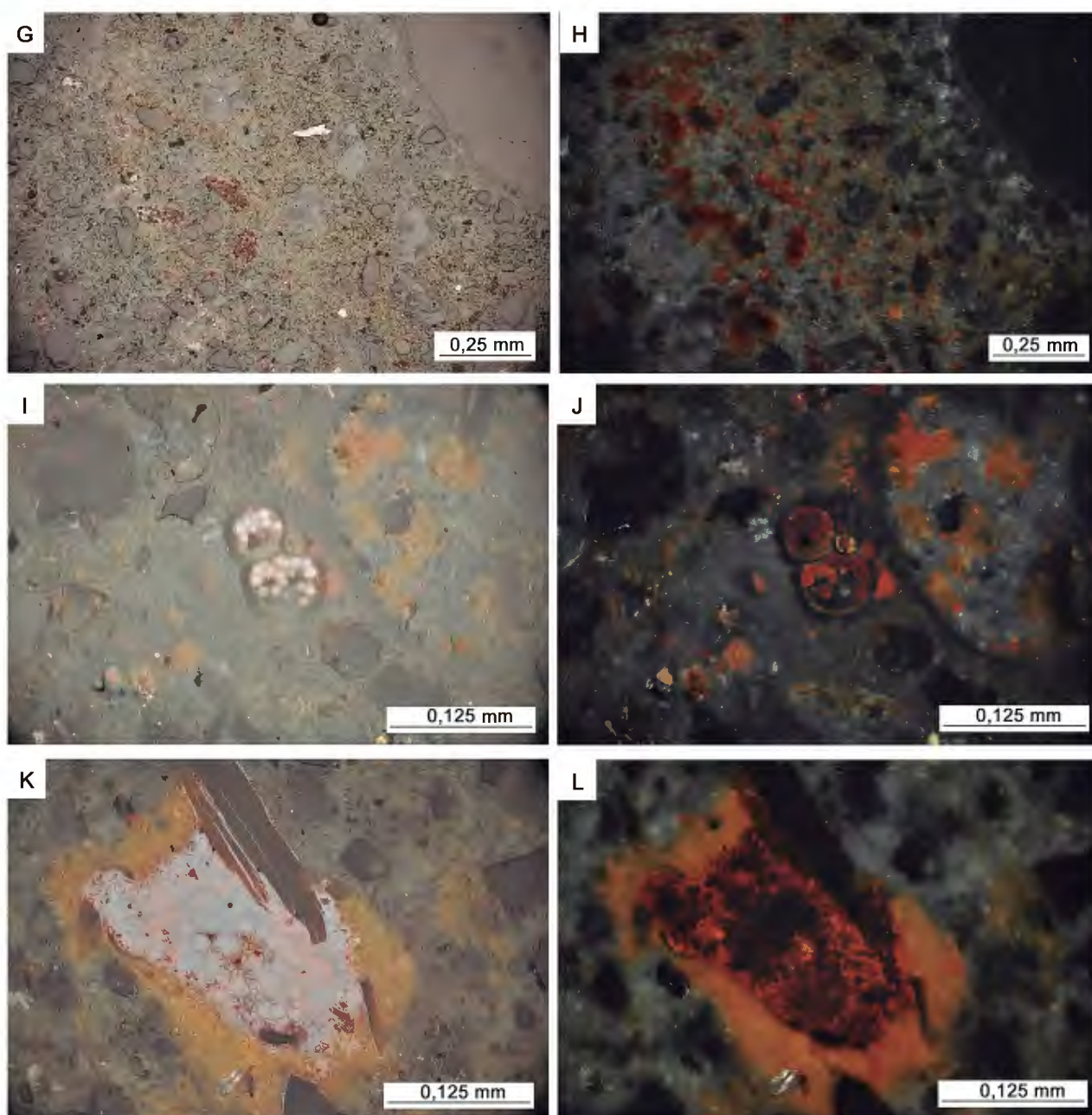
Sobre una matriz microesparítica se distribuyen clastos de diversa composición y cuyos ejes largos se encuentran orientados indicando las direcciones preferentes de flujo. Se distinguen cuatro tipos de clastos: a) minerales de calcita, dolomita, desdolomita, abundante cuarzo y puntuales granos de moscovita y glauconita. Los granos de cuarzo son monocristalinos de subidiomorfos a alotriomorfos, aunque también hay policristalinos; b) componentes no esqueléticos como peloides, intraclastos y oolitos con envueltas concéntricas de calcita esparítica; c) bioclastos de foraminíferos bentónicos y planctónicos con buena preservación, fragmentos de bivalvos reconocidos por su microestructura foliar, gasterópodos y algas verdes; y d) minerales opacos como hematites, goethita y oxihidróxidos de hierro que marcan la oxidación de la muestra, la cual es más intensa en los bordes de la chimenea y alrededor de los poros de mayor tamaño. Además, la oxidación afecta distintamente a los granos de pirita: mientras los bordes de algunos son oxidados a hematites y goethita, aquellos que son framboidales bien presentan un halo de goethita a su alrededor o son ya pseudomorfos de hematites (Fig. 8).



**Figura 7.** Fotos de la lámina delgada realizadas con microscopio de luz transmitida en nícoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha). A) Lámina delgada de una sección transversal de la muestra de chimenea carbonatada, de manera que su borde externo e interno se sitúan respectivamente a la izquierda y derecha de la imagen. Realmente lo que se muestra es una imagen escaneada de la lámina delgada realizada sobre un papel de celofán azul, con el fin de resaltar la alta porosidad de la muestra y mejorar la visualización de la alternancia de bandas curvas más oscuras y poco porosas con otras más claras y de mayor porosidad. B) Alternancia de niveles más micríticos (textura *mudstone*) con otros más clásticos (textura *grainstone*). C y D) Doloesparita parcialmente dedolomitizada. E y F) Se observa la porosidad de tipo vug y la orientación de los clastos.

**Figure 7.** Photomicrographs of thin section were taken by transmitted light microscopy with parallel (left) and crossed nicols (right). A) Thin section of transverse section of the carbonate chimney sample so that its external and inner border are located at the left and right sides of the image, respectively. What it is really shown is a scanned image of the thin section made on a blue cellophane paper in order to highlight the high porosity of the sample and to improve the display of the alternation of darker and less porous curve bands with lighter and more porous other ones. B) Alternation of more micritic levels (mudstone) with more clastic other ones (grainstone). C and D) Dolosparite partially dedolomitized. E and F) It is shown vug porosity and the clast orientation.





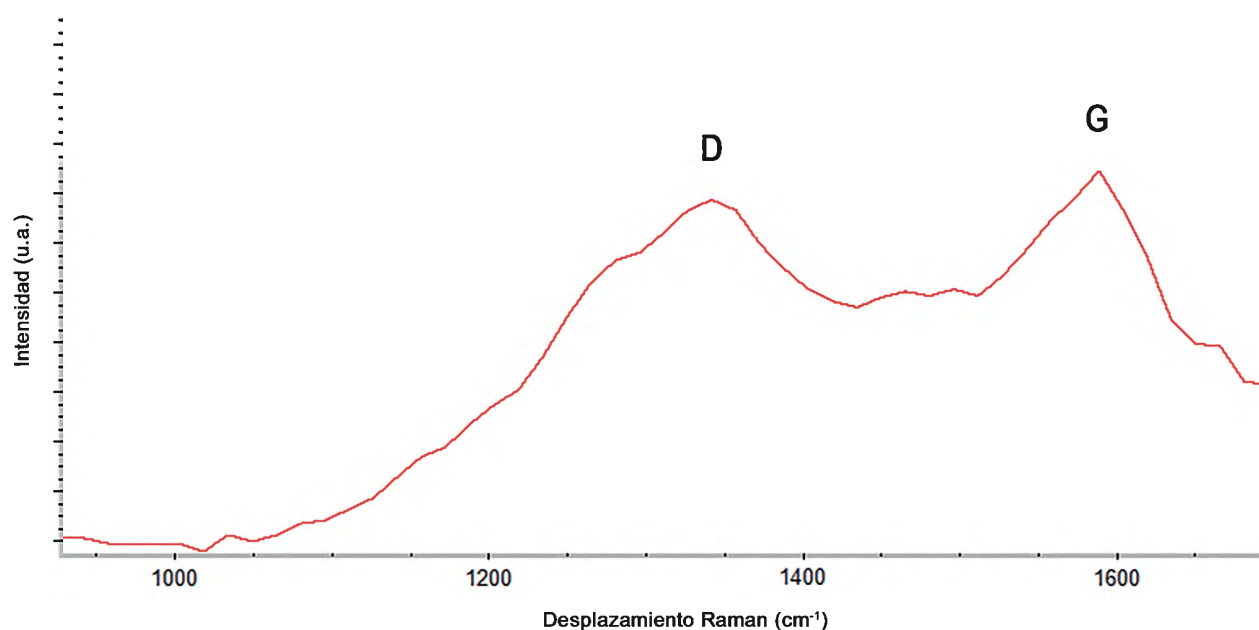
**Figura 8.** Fotos de la lámina pulida realizadas con microscopio de luz reflejada en nículos paralelos (izquierda) y cruzados (derecha). G y H) Alrededor del poro de mayor tamaño se observa dos bandas de oxidación. La primera banda caracterizada por tonos amarillentos presenta mayor cantidad de oxihidróxidos de hierro, mientras que la segunda destaca por un predominio de hematites y goethita. I y J) Cristales de pirita framboidal relleno de la cavidad de un foraminífero, que a su vez está cementado por calcita esparítica. Los bordes de estos cristales están oxidados a goethita. K y L) En la parte central de la imagen se muestra un grano compuesto alotriomorfo rodeado por oxihidróxidos de hierro (tono amarillento). Está constituido por un conjunto de pseudomorfos framboidales de hematites después de pirita. Los bordes de algunos de estos cristales están oxidados a goethita. A juzgar por la morfología del grano y la escasez de restos esqueléticos, este se debió formar a partir de la descomposición de un alga, actuando el propio resto orgánico y la moscovita como fuentes de hierro.

**Figure 8.** Photomicrographs of polished thin section were taken by reflected light microscopy with parallel (left) and crossed nicols (right). G and H) Two oxidation bands are observed around the largest pore. The first band characterized by yellowish colours contains a greater amount of iron oxyhydroxides, whereas the second one stands out a predominance of hematite and goethites. I and J) Pyrite framboids filling the interior of a foraminifera test which in turn is cemented by sparite. These grain boundaries are oxidized to goethite. K and L) There is an allotropic micritised grain surrounded by iron oxyhydroxides (yellowish colours) in the central part of the image. It is composed of a set of pseudomorphs after pyrite framboids. Boundaries of some of these grains are oxidized to goethite. Judging by grain morphology and the scarcity of skeletal remains, this grain must have been formed from decomposition of alga, acting the organic matter itself and muscovite as iron sources.

La relación entre los diferentes componentes que constituyen la muestra describe el ambiente en el que se generó. La precipitación de minerales carbonáticos indica un medio con pH alto, concordante con la presencia de oolitos ya que se generan en aguas sobresaturadas en carbonatos. El que el ambiente se caracterice por una baja tasa de sedimentación lo indica la glauconita, que junto con los peloides, estarían asociados a procesos de bioturbación y desintegración y degradación microbiana de la materia orgánica (GALÁN *et al.*, 1989; MERINERO, 2008). Además, el alto contenido de componentes esqueléticos deja constancia de la riqueza de nutrientes existentes en el medio, lo que es un indicador de la presencia de una importante comunidad bacteriana. Las arqueas metanotróficas y bacterias reductoras de sulfato, que incrementan la alcalinidad del medio y producen  $\text{HS}^-$  induciendo la precipitación de calcita y pirita respectivamente (MERINERO, 2008), reflejan que la composición de los fluidos principales que emanan de la chimenea son metano y sulfuro de hidrógeno. El ascenso de estos fluidos provocaría en la muestra: i) la orientación de los clastos, ii) la porosidad de tipo vug, iii) cristales de dolomita dedolomitizados relacionados con la circulación de fluidos sobresaturados, y iv) la presencia de componentes terrígenos como el cuarzo y la moscovita, puesto que derivan del sedimento donde tiene lugar la emanación de los gases y son arrastrados hasta superficie durante el ascenso de los mismos (ROBERTS *et al.*, 2010). El aporte de terrígenos es un indicador de que la velocidad de emisión de fluidos es considerable (MERINERO, 2008) pero discontinua en el tiempo dada la distribución de los clastos. La gran porosidad de la muestra parece indicar que hay más de una vía de salida de flujo, aparte del orificio central de la chimenea estudiada. La reactivación del *seepage* provocaría la ordenación de los clastos y terrígenos transportados en antiguas emanaciones, dando lugar a los bandeados, y al mismo tiempo, transportaría nuevos terrígenos orientándolos en la dirección de flujo.

### 3.4. Espectroscopía Raman

Mediante esta técnica se ha detectado que la muestra contiene carbón (Fig. 9). Gracias a sus dos bandas características del espectro Raman, banda G ( $\sim 1587 \text{ cm}^{-1}$ ) y banda D ( $\sim 1342 \text{ cm}^{-1}$ ), se ha clasificado según su rango en la ASTM como carbón bituminoso alto en volátiles tipo B y A (ULYANOVA *et al.*, 2014). Este carbón, al igual que el cuarzo y la moscovita, es alóctono porque para su formación la materia orgánica tuvo que transformarse a temperaturas entre  $60\text{-}80^\circ\text{C}$  (HUNT, 1979), pero la temperatura de los fluidos que emanan de la chimenea es prácticamente similar a la del ambiente oceánico local (KIEL y TYLER, 2010).



**Figura 9.** Espectro de Raman del carbón detectado en la muestra de la chimenea carbonatada analizada.  
**Figure 9.** Raman spectra of coal identified in the analyzed carbonate chimney sample.

### 3.5. Fluorescencia de rayos X

Los resultados del análisis de Fluorescencia de rayos X (Tabla II) evidencian, al igual que el infrarrojo y los rayos X, que no hay grandes diferencias entre la parte interna y media de la chimenea. Geoquímicamente, la parte interna es algo más rica en hierro. Cuando a partir de estos valores se abordó el cálculo de la composición mineralógica teórica basada en la Norma C.I.P.W. se detectó que había un déficit en magnesio, teniendo en cuenta que dicha cantidad debía repartirse entre la calcita magnesiánica y dolomita.

| Elementos mayores (expresados en porcentaje en peso) |                  |                                |                                  |      |      |       |                   |                  |                  |                               |      |       |
|------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------|-------|
| MUESTRA                                              | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T | MNO  | MGO  | CAO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SRO  | LOI   |
| CADIZ_I                                              | 20,91            | 3,82                           | 5,72                             | 0,04 | 5,47 | 29,72 | 0,38              | 0,70             | 0,25             | 0,42                          | 0,07 | 32,20 |
| CADIZ_M                                              | 21,73            | 3,90                           | 4,18                             | 0,03 | 5,97 | 29,48 | 0,37              | 0,71             | 0,24             | 0,42                          | 0,07 | 32,05 |

NOTA: El contenido en hierro se ha expresado como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total.

**Tabla 2.** Se muestra la geoquímica de elementos mayores de la parte interna (CADIZ\_I) y media (CADIZ\_M) de la chimenea carbonatada estudiada.

**Table 2.** It is shown major elements geochemistry of the inner part (CADIZ\_I) and middle (CADIZ\_M) of the studied carbonate chimney.

### 3.6. Aplicación al contexto oceánico de Europa

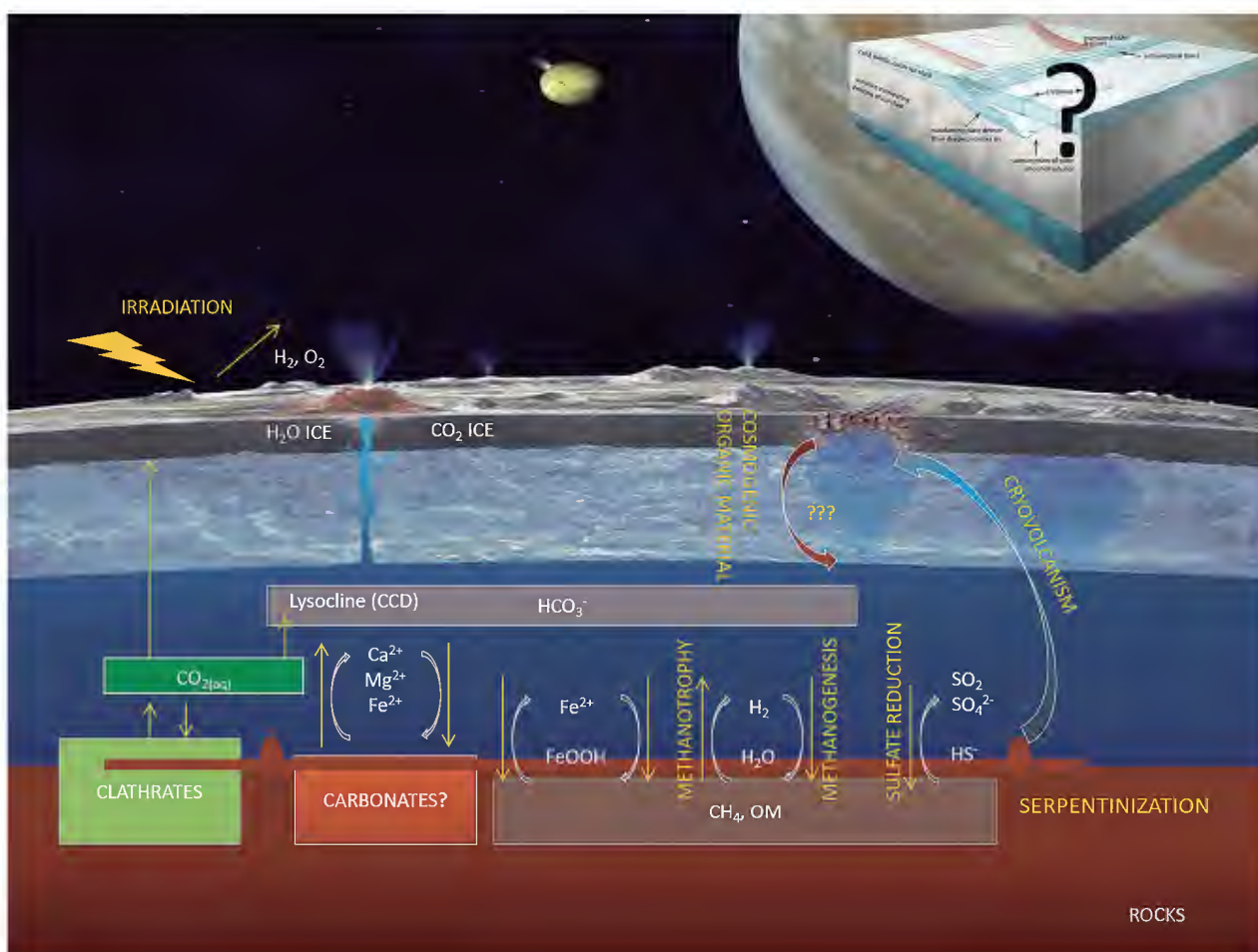
Según los datos indirectos sobre la estructura de esta luna, se pueden hacer comparaciones entre los océanos de la Tierra y Europa. En Europa alcanzaría al menos la centena de kilómetros de profundidad, mientras que en la fosa de las Marianas se sitúa a unos 11.000 m. No obstante, las presiones en ambos entornos rondarían los 100-200 MPa (HORNECK y RETTBERG, 2007; VANCE *et al.*, 2014). Si se tiene en cuenta que el cold seep más profundo conocido por el momento se localiza en la fosa de Japón a 7.500 m de profundidad (ARAKAWA *et al.*, 2005), las emisiones de gases de los fondos marinos de Europa y la Tierra podrían estar ocurriendo en condiciones físicas similares.

Mientras en el Golfo de Cádiz el metano tendría un origen biogénico y/o termogénico (DÍAZ-DEL-RÍO *et al.*, 2003), en Europa procedería principalmente del proceso de la serpentinización y desgasi-ficación magmática. Su producción sería mucho mayor que la generada en la Tierra mediante estos procesos. KIMURA (2019) sostiene que las interacciones entre el manto de roca silicatada y el agua líquida del océano podrían extenderse hasta los 25 km de profundidad, cuatro veces más de lo que sucede en la Tierra. A partir de estas reacciones se formaría: i) por un lado, las serpentinitas cuya posterior alteración podría resultar en la formación de filosilicatos 2:1 tales como montmorillonitas, vermiculitas, saponitas, etc. (HAZEN *et al.*, 2013) y, ii) por otro lado, se liberaría H<sub>2</sub> que al reaccionar con gases de carbono como CO<sub>2</sub> y CO provenientes del manto generaría metano (ETIOPE y SHERWOOD LOLLAR, 2013; ETIOPE y SCHOELL, 2014). Este metano, junto a otros gases, en su ascenso a la superficie podría ser secuestrado en forma de clatratos y/o capturado en la interlámina de las arcillas secundarias y/o en la fábrica clástica del sedimento. Estos depósitos no solo actuarían como reservorios de distintos gases, sino que también ejercerían un control sobre la descarga de estos al océano europeo.

Cuando el sedimento con clatratos se viera afectado por procesos geológicos, pequeñas variaciones en las condiciones de P-T y/o alteraciones en su fábrica, los clatratos de gas, fuera de sus condiciones de formación, se desestabilizarían y disociarían. El escape de estos gases tendría dos consecuencias principales en el fondo marino y océano de Europa (Fig. 10).

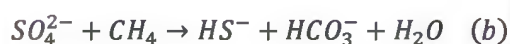
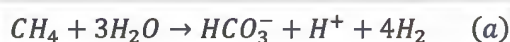
La primera consecuencia, desde el punto de vista astrobiológico y siguiendo el ejemplo de los cold seeps de la Tierra como fuentes de gas y de carbono, sería su implicación en el desarrollo de supuestas comunidades microbianas quimiolitótrofas, dando comienzo a los ciclos biogeoquímicos y sus reacciones redox. Las arqueas metanotróficas oxidarían el metano aumentando la alcalinidad del agua (reacción a). Sin embargo, podría no darse la precipitación de carbonatos, incluso habiéndose retirado los principales inhibidores de estos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HS<sup>-</sup>) a través de la actividad de las bacterias reductoras (b) y la consiguiente precipitación de minerales como piritita tras la reducción del sulfato (c), pues en este entorno las altas presiones podrían jugar un papel inhibitor.





**Figura 10.** Recreación de la estructura interna de Europa. Se representan los ciclos biogeoquímicos que tendrían lugar como resultado de la interacción entre el manto de roca silicatada y el océano de agua líquida (PRIETO-BALLESTEROS, comunicación personal por publicar).

**Figure 10.** A conceptual model of the Europa's internal structure. It is represented biogeochemical cycles which take place as a result of interaction between silicate rocky mantle and ocean of liquid water (PRIETO-BALLESTEROS, personal communication to be published).



(Zolotov y Shock, 2004).

Al igual que en el análogo de la chimenea del Golfo de Cádiz, la expulsión de gases como  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , etc. es el precursor para que se desarrolle un ecosistema a su alrededor, a partir del nicho ecológico de quimiolitótrofos, organismos que constituyen la base de una cadena trófica en la que participan foraminíferos, bivalvos y gasterópodos. Del mismo modo que en Europa pudieran existir metanótrofos, también podrían existir metanógenos que transformarían la materia orgánica hasta reducirla a gas metano. De esta manera, la metanogénesis y el producto liberado de la metanotrofia, el bicarbonato probablemente soluble en el océano europeo, completarían el ciclo del carbono.

Quedarían completados otros dos ciclos, como el del hierro y el azufre, puesto que la actividad de los *cold seeps* impulsaría la mineralización y a la vez favorecería su oxidación. Esto es observable en la muestra de la chimenea estudiada, donde se tiene precipitación de pirita, a partir del  $\text{Fe}^{2+}$  y sulfuro

de hidrógeno expelido durante los *seepage* y la intervención de bacterias sulfato reductoras productoras de  $\text{HS}^-$ , y su posterior oxidación a hematite, goethita y oxihidróxidos de hierro.

La segunda consecuencia tendría su alcance a escala planetaria. Aquella fracción de gases que no hubiera sido consumida durante el metabolismo de hipotéticos microorganismos, o en ausencia de estos, pasarían directamente a formar parte de la dinámica oceánica. A lo largo de los distintos niveles de profundidad del océano, si las condiciones de P-T y salinidad lo permitiesen, podría darse el proceso de clatrificación. Continuando con lo comentado en la introducción, no solo podrían formarse capas de clatratos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  que se estabilizarían a distintas profundidades en función de su flotabilidad, sino que además sus volátiles podrían ser esenciales en la extrusión de criomagmas, permitiendo de esta forma el transporte de materiales del interior a la superficie de Europa, ocasionando por ejemplo erupciones de plumas.

#### 4.- CONCLUSIONES

Ciertos ambientes terrestres, que por su geología y propiedades físico-químicas guardan similitud con algunos cuerpos planetarios, son considerados análogos. Su estudio puede ser abordado desde diferentes perspectivas: a la pregunta clave de si hay vida más allá de la Tierra el estudio del entorno estará dirigido a evaluar las condiciones de habitabilidad, comprender los ciclos biogeoquímicos e identificar los bio y geomarcadores. Las conclusiones permitirán diseñar y definir los objetivos de las nuevas misiones espaciales. Además, el mismo análogo terrestre se convierte en el lugar idóneo para el desarrollo y prueba de nuevas tecnologías para su posterior incorporación en la instrumentación de los próximos landers o sondas, así como su aplicación en la sociedad civil.

Aunque la instrumentación en la exploración planetaria para la caracterización de la geología es aún limitada, ha ido evolucionando y sofisticándose con el tiempo, desde el espectrómetro infrarrojo cercano de la sonda Galileo, pasando por el difractor de rayos X CheMin del Curiosity al microscopio y espectrómetro Raman (posiblemente estos últimos serán incluidos en la instrumentación del Europa Lander en la misión a Europa). Estas mismas técnicas fueron aplicadas al estudio de la chimenea carbonatada del Golfo de Cádiz, a partir de las cuales se pudo realizar una primera identificación de la mineralogía y geoquímica de la muestra analizada. La microscopía óptica de la lámina delgada y pulida proporcionó una información adicional. Aparte de comprobar la identificación mineral realizada previamente con las técnicas citadas permitió visualizar la gran influencia que tienen los fluidos en la formación de la chimenea y su relación con los distintos componentes que la constituyen. Sin embargo, destacar que, esta técnica no resulta ventajosa en las misiones espaciales porque requiere de una mayor preparación de la muestra. Por último, se concluye que:

- a) La mineralogía carbonática de la chimenea es un indicativo de las condiciones de presión, temperatura y pH locales del medio sedimentario, además, de la hidroquímica al estar vinculada a la relación Mg/Ca y la concentración de sulfatos, condicionadas, estas últimas, a la velocidad de reducción de sulfato por parte de la actividad bacteriana.
- b) La presencia de materiales alóctonos da cuenta de la energía puesta en juego en los ambientes de formación de las chimeneas. Además, es una forma indirecta de reflejar el trayecto seguido de los fluidos en su ascenso a la superficie a través de la estratigrafía del subsuelo. Por ejemplo, el hallazgo de carbón evidenciaría niveles ricos en materia orgánica, mientras que un mayor porcentaje de cuarzo con respecto a otros componentes indicaría capas sedimentarias ricas en cuarzo con una relativa alta madurez composicional.
- c) La coexistencia de cristales de pirita junto a los productos de su oxidación, hematites, goethita y oxihidróxidos de hierro, es una evidencia directa de la existencia de reacciones redox, esenciales para la vida al promover el desarrollo de los procesos bioquímicos.
- d) Los gases libres, así como los atrapados en la estructura interna de los clatratos, son la fuente de carbono para el desarrollo de una vida quimiosintética en el fondo marino de Europa. Por tanto, el importante papel que juegan los *cold seeps* en la Tierra como generador de ambientes de soporte de ecosistemas podrían darse también en la luna Europa, actuando como nichos de generación de actividad biológica.

## 5.- AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor, José Luis Pizarro Sanz, por la ayuda prestada en la realización del trabajo y el acceso a los diferentes equipos de la UPV/EHU para el análisis de la muestra. A Olga Prieto Ballesteros igualmente por la ayuda prestada en este trabajo, facilitarme el primer contacto con el campo de la Geología Planetaria al aceptar la co-dirección del trabajo y brindarme la oportunidad de realizar una estancia en el Departamento de Planetología y Habitabilidad del Centro de Astrobiología CSIC-INTA. A los Servicios Generales e Investigación SGIker (UPV/EHU / FEDER, EU) por el apoyo técnico y humano recibido. Por último, agradezco a Luis Carlos Gago Duport la prestación de la chimenea carbonatada, aportación fundamental sin la que no hubiera sido posible realizar este trabajo.

## 6.- BIBLIOGRAFIA

- ARAKAWA, S., MORI, M., LI, L., NOGI, Y., SATO, T., YOSHIDA, Y., USAMI, R. y KATO, C.  
2005 Cold-seep microbial communities are more abundant at deeper depths in the Japan Trench land slope. *Journal of Japanese Society for Extremophiles*, 4, 2: 50-55.
- ARNOLD, H., LIUZZO, L. y SIMON, S.  
2019 Magnetic Signatures of a Plume at Europa During the Galileo E26 Flyby. *Geophysical Research Letters*, 46, 3: 1149-1157.
- BARRANCO, E.L.  
2003 *Análisis morfosedimentario y estratigráfico de los depósitos contorníticos del Golfo de Cádiz: implicaciones paleoceanográficas*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz. Cádiz.
- BISHOP, J., MADEJOVÁ, J., KOMADEL, P. y FRÖSCHL, H.  
2002 The influence of structural Fe, Al and Mg on the infrared OH bands in spectra of dioctahedral smectites. *Clay Minerals*, 37: 607-616.
- CHUKANOV, N.V.  
2014 *Infrared spectra of mineral species: extended library*. Springer Science & Business Media.
- DIAZ-DEL-RIO, V., SOMOZA, L., MARTINEZ-FRIAS, J., MATA, M.P., DELGADO, A., HERNANDEZ-MOLINA, F.J., LUNAR, R., MARTIN-RUBI, J., MAESTRO, A. y FERNÁNDEZ-PUGA, M.  
2003 Vast fields of hydrocarbon-derived carbonate chimneys related to the accretionary wedge/olistostrome of the Gulf of Cádiz. *Marine Geology*, 195, 1-4: 177-200.
- DURHAM, W.B., PRIETO-BALLESTEROS, O., GOLDSBY, D.L. y KARGEL, J.S.  
2010 Rheological and thermal properties of icy materials. *Space Science Reviews*, 153, 1-4: 273-298.
- ETIOPE, G. y SCHOELL, M.  
2014 Abiotic gas: atypical, but not rare. *Elements*, 10, 4: 291-296.
- ETIOPE, G. y SHERWOOD LOLLAR, B.  
2013 Abiotic methane on Earth. *Reviews of Geophysics*, 51, 2: 276-299.
- FARMER, V.C.  
1974 *The infrared spectra of minerals*. Mineralogical Society. London.
- GABITOV, R., BORRELLI, C., BUETTNER, J., KIRKLAND, B., SKARKE, A., TRAIL, D., GARNER, B., TESTA, M., WAHIDI, M. y HOFF, C.  
2019 Characterization of Carbonate Crust from a Recently Discovered Methane Seep on the North Atlantic Continental Margin of the USA. *Minerals*, 9, 138: 1-15.
- GALÁN, E., GONZÁLEZ, I., MAYORAL, E. y VÁZQUEZ, M.  
1989 Caracterización y origen de la facies glauconítica de la cuenca del Guadalquivir. *Estudios geológicos*, 45, 3-4: 169-175.

- GONZÁLEZ SANZ, F.J., SOMOZA, L., LUNAR, R., MARTÍNEZ-FRÍAS, J., MARTÍN RUBÍ, J. y DÍAZ DEL RÍO, V.  
2006 Nódulos de hierro-manganeso: el nuevo descubrimiento del Golfo de Cádiz. *Boletín Geológico y Minero*, 117: 491-497.
- GREINERT, J., BIALAS, J., LEWIS, K. y SUESS, E.  
2010 *Methane seeps at the Hikurangi Margin, New Zealand*. Marine Geology.
- GUGGENHEIM, S. y VAN GROOS, AFK.  
2003 New gas-hydrate phase: Synthesis and stability of clay-methane hydrate intercalate. *Geology*, 31, 7: 653-656.
- HAZEN, R.M., SVERJENSKY, D.A., AZZOLINI, D., BISH, D.L., ELMORE, S.C., HINNOV, L. y MILLIKEN, R.E.  
2013 Clay mineral evolution. *American Mineralogist*, 98, 11-12: 1-96.
- HORNECK, G. y RETTBERG, P.  
2007 *Complete course in astrobiology*. John Wiley & Sons.
- HUNT, J.M.  
1979 *Petroleum geochemistry and geology*. W.H. Freeman, 7: 79-99.
- HUSSMANN, H., CHOBLET, G., LAINEY, V., MATSON, D.L., SOTIN, C., TOBIE, G. y VAN HOOLST, T.  
2010 Implications of rotation, orbital states, energy sources, and heat transport for internal processes in icy satellites. *Space science reviews*, 153, 1-4: 317-348.
- JIA, X., KIVELSON, M.G., KHURANA, K.K. y KURTH, W.S.  
2018 Evidence of a plume on Europa from Galileo magnetic and plasma wave signatures. *Nature Astronomy*, 2, 6: 459-464.
- JOHNSON, B.C., SHEPPARD, R.Y., PASCUZZO, A.C., FISHER, E.A. y WIGGINS, S.E.  
2017 Porosity and salt content determine if subduction can occur in Europa's ice Shell. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 122, 12: 2765-2778.
- JONES, G.C. y JACKSON, B.  
1993 *Infrared Transmission Spectra of Carbonate Minerals*. Springer Science & Business Media.
- KARGEL J.S., KAYE J.Z., HEAD J.W., MARION G.M., SASSEN R., CROWLEY J.K., PRIETO-BALLESTEROS O., GRANT S.A. y HOGENBOOM D.L.  
2000 Europa's crust and ocean: origin, composition, and the prospects for life. *Icarus*: 148, 226-265.
- KATTENHORN, S.A. y HURFORD, T.  
2009 Tectonics of *Europa*. In: Europa. Robert T. Pappalardo, William B. McKinnon y Krishan K. Khurana (Eds.): 129-236. University of Arizona Press Tucson. Arizona.
- KE, W., SVARTAAS, T.M. y CHEN, D.  
2018 A Review of Gas Hydrate Nucleation Theories and Growth Models. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 61: 169-196.
- KHURANA, K., KIVELSON, M., STEVENSON, D., SCHUBERT, G., RUSSELL, C., WALKER, R. y POLANSKEY, C.  
1998 Induced magnetic fields as evidence for subsurface oceans in Europa and Callisto. *Nature*, 395, 6704: 777-780.
- KIEL, S. y TYLER, P.A.  
2010 Chemosynthetically-driven ecosystems in the deep sea. In: *The Vent and Seep Biota*. Steffen Kiel (Ed.): 1-14. Springer. Dordrecht.
- KIMURA, J.  
2019 Active Surface and Interior of Europa as a Potential Deep Habitat. In: *Astrobiology: From the Origins of Life to the Search for Extraterrestrial Intelligence*. Akihiko Yamagishi, Takeshi Kakegawa and Tomohiro Usui (Eds.): 383-397. Springer. Singapore.



KRISTJÁNSDÓTTIR, S.

2010 *Evidence for a subsurface ocean on Europa*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad de Islandia. Reikiavik.

LEÓN, R., SOMOZA, L., GIMENEZ-MORENO, C., DABRIO, C.J., ERCILLA, G., PRAEG, D., DÍAZ-DEL-RÍO, V. y GOMEZ-DELGADO, M.

2009 A predictive numerical model for potential mapping of the gas hydrate stability zone in the Gulf of Cadiz. *Marine and Petroleum Geology*, 26, 8: 1564-1579.

LEONARD, E.J., PAPPALARDO, R.T. y YIN, A.

2018 Analysis of very-high-resolution Galileo images and implications for resurfacing mechanisms on Europa. *Icarus*, 312: 100-120.

LESAGE, E., MASSOL, H. y SCHMIDT, F.

2018 Cryomagma ascent on Europa. *Icarus*, 335: 1-18.

MAGALHAES, V.H., BUFFETT, B., ARCHER, D., MCGUIRE, P.C., PINHEIRO, L.M. y GARDNER, J.M.

2019 Effects of oceanographic changes on controlling the stability of gas hydrates and the formation of authigenic carbonates at mud volcanoes and seepage sites on the Iberian margin of the Gulf of Cadiz. *Marine Geology*, 412: 69-80.

MARTÍN-PUERTAS, C., FERNÁNDEZ-PUGA, M., MATA, M., VÁZQUEZ GARRIDO, J., DÍAZ DEL RÍO, V. y SOMOZA, L.

2006 Naturaleza de la brecha fangosa de volcanes de fango del Golfo de Cádiz: sistema diapírico del Guadalquivir y zona Tasyo. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19, 3-4: 257-270.

MARTÍN-PUERTAS, C., MATA, M., FERNÁNDEZ-PUGA, M., DEL RÍO, V.D., VÁZQUEZ, J. y SOMOZA, L.

2007 A comparative mineralogical study of gas-related sediments of the Gulf of Cádiz. *Geo-Marine Letters*, 27, 2-4: 223-235.

MEDIALDEA, T.

2004 *Estructura y evolución tectónica del Golfo de Cádiz*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

MEDIALDEA, T., SOMOZA, L., VÁZQUEZ, T., LEÓN, R., FERNÁNDEZ-PUGA, M., VEGAS, R. y DÍAZ-DEL-RÍO, V.

2008 Volcanes de fango y tectónica en el Golfo de Cádiz. *Geo-Temas* (10): 639-642.

MEDIALDEA, T., SOMOZA, L., PINHEIRO, L., FERNÁNDEZ-PUGA, M., VÁZQUEZ, J.T., LEÓN, R., IVANOV, M., MAGALHAES, V., DÍAZ-DEL-RÍO, V. y VEGAS, R.

2009 Tectonics and mud volcano development in the Gulf of Cádiz. *Marine Geology*, 261, 1-4: 48-63.

MERINERO, R.

2008 *Procesos mineralógicos y geoquímicos en chimeneas submarinas de carbonatos metanógenos del Golfo de Cádiz: biogeo-marcadores framboidales de sulfuros y oxihidróxidos de hierro*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

MUÑOZ-IGLESIAS, V.M.

2014 *Efectos de la presión en la geoquímica de la corteza y del océano del satélite Europa*. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

MUÑOZ-IGLESIAS, V., PRIETO-BALLESTEROS, O. y BONALES, L.J.

2014 Conspicuous assemblages of hydrated minerals from the H<sub>2</sub>O-MgSO<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> system on Jupiter's Europa satellite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 125: 466-475.

PRIETO-BALLESTEROS, O.P.

2004 Los clatratos en el Sistema Solar: implicaciones geológicas. In: *Aproximación a las ciencias planetarias*. D. Pereira, M.A. Bárcena, I. Rubio y J. Sesma (Ed.): 153-170. Ediciones Universidad de Salamanca. España.

PRIETO-BALLESTEROS, O., KARGEL, J.S., FERNÁNDEZ-SAMPEDRO, M., SELSIS, F., MARTÍNEZ, E.S. y HOGENBOOM, D.L.

2005 Evaluation of the possible presence of clathrate hydrates in Europa's icy shell or seafloor. *Icarus*, 177, 2: 491-505.

RAJPUT, S. y THAKUR, N.K.

2016 *Geological Controls for Gas Hydrates and Unconventionals*. Elsevier.

ROBERTS, H.H., FENG, D. y JOYE, S.B.

2010 Cold-seep carbonates of the middle and lower continental slope, northern Gulf of Mexico. *Deep sea research part II: Topical Studies in Oceanography*, 57, 21-23: 2040-2054.

TRUMBO, S. K., BROWN, M. E., y HAND, K. P.

2019 Sodium chloride on the surface of Europa. *Science Advances*, 5, 6: 1-5.

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

2009 *Carbonate sedimentology*. John Wiley & Sons.

ULYANOVA, E., MOLCHANOV, A., PROKHOROV, I. y GRINYOV, V.

2014 Fine structure of Raman spectra in coals of different rank. *International Journal of Coal Geology*, 121: 37-43.

VANCE, S., BOUFFARD, M., CHOUKROUN, M. y SOTIN, C.

2014 Ganymede's internal structure including thermodynamics of magnesium sulfate oceans in contact with ice. *Planetary and Space Science*, 96: 62-70.

VANCE, S., HARNMEIJER, J., KIMURA, J., HUSSMANN, H., DEMARTIN, B. y BROWN, J.M.

2007 Hydrothermal systems in small ocean planets. *Astrobiology*, 7, 6: 987-1005.

ZOLOTOV, M.Y. y SHOCK, E.L.

2004 A model for low-temperature biogeochemistry of sulfur, carbon, and iron on Europa. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 109: 1-16.

|                                                                          |       |       |       |      |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|
| CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies | nº 10 | 23-44 | LEIOA | 2020 | ISSN 2245-1282 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|

# Análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados en la Estación Megalítica de Entzia-Urbasa (Álava-Navarra)

## Analysis of Geographic Information Systems applied to the Megalithic Station of Entzia-Urbasa (Álava-Navarra)

**PALABRAS CLAVES:** Estación Megalítica, Dolmen, Crómlech, SIG, Ordenación del territorio, Entzia, Urbasa.

**KEY WORDS:** Megalithic Station, Dolmen, Cromlech, GIS, Territorial Ordenation, Entzia, Urbasa.

**JON ANDER GONZÁLEZ DE HEREDIA FERNÁNDEZ DE ERIBE<sup>(1)</sup>**

### RESUMEN

Mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se analizarán las relaciones entre las diferentes construcciones de la particular estación megalítica de Entzia-Urbasa. Para ello aplicaremos los resultados de los SIG a lo estudiado hasta el momento, observando si las mismas tendencias también aparecen o, en cambio, presentan particularidades dentro del mismo fenómeno megalítico.

### ABSTRACT

The relationships between the different constructions of the particular megalithic station of Entzia-Urbasa will be analysed using the Geographic Information Systems (GIS). To do this, we will apply the results of the GIS to what has been studied so far, observing whether the same trends appear too or if those trends present particularities within the same megalithic phenomenon.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El significativo cambio socioeconómico provocado por la asimilación de las novedades neolíticas durante el VII milenio BP cal. tiene como culmen el fenómeno del megalitismo, cuyas dataciones más antiguas conocidas en el Alto Ebro lo sitúan en el 6.000 cal. BP, ejemplificando los casos de San Martín (FERNÁNDEZ-ERASO *et al.*, 2015), Los Llanos (VEGAS-ARAMBURU, 1986 & 1987; GALILEA, 2011) o La Chabola de la Hechicera (FERNÁNDEZ-ERASO & MUJICA-ALUSTIZA, 2013) en la Rioja Alavesa y Otsaarte, Trikuiaizti I o Igartza W en la zona de Goierri (MUJICA & EDESO-FITO, 2012b) (Anexo 1). La necesidad de mencionar dataciones de estas dos estaciones, ubicadas a unos 30 km de la estación megalítica de Entzia-Urbasa, expresa el vacío existente en cuanto a dataciones, resultando un hecho paradójico teniendo en cuenta que estamos ante una de las estaciones más grandes del norte Peninsular.

### 1.1. Contexto geográfico

La zona de estudio es el entorno donde se asienta la Estación Megalítica de Entzia-Urbasa, en la provincia de Álava y la Comunidad Foral de Navarra. Al norte tendría como límite la parte oriental de la Llanada Alavesa y la Burunda, al sur los Valles de Arana y Ameskoas, al Este los Montes de Vitoria y el límite Oeste sería el Puerto de Lizarraga.

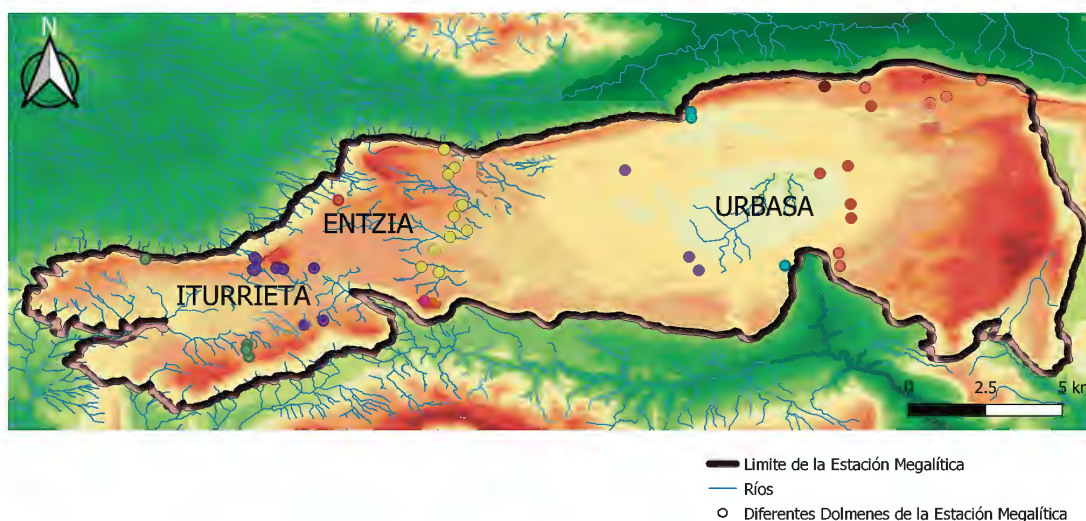
<sup>(1)</sup> Dirección universitaria: Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco. C/ Francisco Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz. jgonzalezdehere@gmail.com.

**Director.** José Antonio Mujika Alustiza. Dirección universitaria: Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco. C/ Francisco Tomás y Valiente s/n, 01006, Vitoria-Gasteiz. jgonzalezdehere@gmail.com.



Iturrieta, Entzia y Urbasa se disponen en dirección ENE-WSW, en una misma unidad geológica formada por materiales kársticos del Terciario, con zonas diferentes del Mioceno, Eoceno y del Paleoceno, los cuales están situados en un ligero sinclinal que atraviesa ambas sierras (Figura 1).

La estructura amesetada se alza sobre los lugares colindantes, siendo una formación a 950-1100 m.s.n.m. de altura, mientras que el valle norte lo ubicamos sobre los 600 m y el sur sobre los 800 m. La excepción serían los Montes de Vitoria, los cuales se encuentran sobre los 800-900 m.



**Figura 1.** Límite de la zona de investigación.

**Figure 1.** Boundary of the research area.

## 1.2. Investigaciones arqueológicas en Entzia y Urbasa

El origen de los estudios sobre el megalitismo en la zona, al igual que en todo el País Vasco, la ubicamos en el descubrimiento de Aizkomendi (Eguilaz, Álava) en 1832, como lo confirma una carta enviada por el Diputado General de Álava (ALDAY *et al.*, 1993). A lo largo del siglo XIX se irían descubriendo nuevos dólmenes, así como el cercano Sorginetxe (Arrizala).

En 1895 se encontraría el primer dolmen dentro de la misma estación megalítica, siendo éste el del Puerto de San Juan, en Entzia (APRAIZ, 1895). Posteriormente, en 1913, se encontraría el de Igorita o Larrazabal Norte (EGUREN, 1914).

Gracias a las campañas de prospección y excavaciones de T. Aranzadi, J. M. Barandiarán y E. Eguren entre los años 1919 y 1921 se descubrieron los testimonios del dolmen de Legaie y el menhir de Akarte, el cual se excavó en 1920, mismo año en el que se excavaron los dólmenes de Igorita, Urkibi e Itaida Sur, conociéndose también la existencia de Itaida Norte (ARANZADI *et al.*, 1921). No sería hasta 1921 cuando el equipo de trabajo se centró en Urbasa descubriendo los dólmenes de Artekosaro, La Cañada, Armorkora Haundia, Armorkora Txikia, Zurgaina y Puerto Viejo de Baquedano (ARANZADI *et al.*, 1923).

En 1927 Eguren publicó dos monumentos más encontrados por él mismo, el de Legaie Sur y Berjalarán Norte, y junto con Barandiarán, Elorza y Heintz los seis de Murube, Zulanzo, Arrodanza, Larrazabal Sur, Los Pocicos y Berjalarán Sur. La Guerra Civil detendría toda intervención arqueológica hasta la década de 1950.

J. Elósegui publicaría entre 1952 y 1954 los hallazgos de Etxarriko Portugaño (I y II), Santa Mariña, Agileta y Gaztanso. Por otro lado, T. López Sellés publicó en 1963 el descubrimiento de Puerto Viejo de Baquedano II. Una década después, F. de Leizaola hallará los de Obas I y II y el menhir de Mugako Arriya.

J. M. Apellaniz realizó un extenso catálogo (1973) en el que reunió todo yacimiento prehistórico con cerámica. En la misma década de los setenta iniciaría la actividad investigadora de M. T. Andrés Rupérez con algunos trabajos en los que reparó el megalitismo de la zona a investigar (1990).



Las numerosas exploraciones de J. A. Madinabeitia llevó al Instituto Alavés de Arqueología a realizar un plan sistemático de revisión arqueológica del entorno, coordinado por F. Galilea cuyos resultados se publicaron en 1981 en "Estudios de Arqueología Alavesa". Tanto Galilea como J. I. Vegas proseguirían las intervenciones de forma sistemática incrementando la zona estudiada en esa parte de la sierra.

En 1978, bajo la dirección de Vegas, se excavaron Itaida Norte, el campo tumular de Iturritxo, los túmulos de Urkibi y Burandi, los abrigos y cuevas de Itaida I y Las Lachas, menhires de Itaida y Mendiluze, los crómlech de Gaztalamendi y Mendiluze y finalmente el asentamiento al aire libre y cueva de Arrigorrista Este (VEGAS, 1985a, 1985b y 1985c).

Por otro lado, en la zona de Urbasa, también tuvo una fructífera etapa de búsquedas, como se pudo apreciar en los textos de E. Vallespí (1974), I. Tabar (1977 y 1978) o E. Redondo (BARANDIARÁN-MAESTU & VALLESPÍ, 1984) sobre numerosas colecciones de yacimientos al aire libre como balsa de Aranzaduia, fuentes de Andasarri, Regajo de los Yesos, Otsaportillo o Mugarduia Norte y Pozo Laberri.

Vallespí y Barandiarán, a partir de 1975, realizaron un trabajo sistemático de Urbasa, basándose en prospecciones anteriores donde se desarrollarían una serie de intervenciones estratigráficas. Un nuevo proyecto surgiría en 1981 bajo la dirección de I. Barandiarán, sondeándose los lugares de Bioiza, Balsa de Aranzaduia y Mugarduia Norte. En 1982 trabajarían en los campos tumulares de Eulate/Ostalaza, Aranzaduia y el supuesto dolmen de Juakosoro, Portugain entre 1984 y 1985 y Mugarduia Sur entre 1982 y 1987 (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

A raíz de la "Beca Don José Miguel de Barandiaran Arqueología 1982/1983", se formó un nutrido equipo de colaboradores bajo la dirección de I. Barandiaran y J. I. Vegas que durante cuatro años se dedicó al estudio de la estación megalítica. Al mismo tiempo, mientras se realizaban estas investigaciones, se publicaría la "Carta Arqueológica de Álava" bajo la supervisión de A. Llanos (1987). En ésta se reunirían todos los datos hasta 1984 sobre el territorio histórico.

Finalmente, hasta el año 2009 no se realizarían nuevos trabajos por parte de F. Galilea (2009 y 2011), el primero aplicando la geoestadística al fenómeno megalítico, y el segundo, sobre el Megalitismo Alavés, por un lado, hablando sobre este fenómeno en general y añadiendo las novedades de los últimos treinta años y por el otro, realizando un catálogo de monumentos.

### 1.3. Objetivo

Mediante esta investigación intentaremos profundizar en la ubicación de los elementos megalíticos teniendo en cuenta factores relacionados con el mismo emplazamiento y los pasos y rutas tradicionales, partiendo de que éstos no corresponden a una distribución fortuita como ya se apreció en el trabajo de Galilea (2009), el cual aplicó diferentes técnicas geoestadísticas.

## 2.- MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 2.1. Estación Megalítica de Urbasa-Entzia

El número total de estructuras megalíticas que contemplamos para este trabajo es de 48 dólmenes (25 en Álava y 23 en Navarra, Anexo 2), 57 menhires (29 en Álava y 28 en Navarra), 1 crómlech y 1 círculo de piedras. La cantidad de túmulos también es elevada, pero teniendo en cuenta los problemas de identificación y atribución cronológica que conllevan los campos tumulares se ha decidido descartarla del análisis salvo en los casos excepcionales (se desarrolla en el apartado 3.5).

La gran concentración la encontramos en una estación con más de 20 km de distancia entre el límite occidental y el oriental, pero su distribución no es uniforme por el territorio. Estos se encuentran en los bordes de la sierra, tanto en la subida como en lo alto de los puertos, aunque también aparecen en las inmediaciones a los caminos que unen estos puntos. Al norte, fuera de la sierra, en la Llanada Alavesa, tenemos los dólmenes de Aizkomendi y Sorginetxe, los cuales están en relación con los pasos ya mencionados y conducirían a otros del área de los Montes de Alzania, así como Apota,

Atabarrate, Mokor o San Adrián (BEORLEGI, 1995). Dentro de la Llanada también entrarían Berjalaran Norte y Sur, situado en la falda norte de la sierra a pocos kilómetros de los dos anteriores.

Dentro de la sierra los dólmenes varían mucho en su tamaño, con túmulos de entre los 6 y 25 m de diámetro, siendo los del occidente los que tienden a ser más grandes (GALILEA, 2011). Estos últimos también son los que tienen una cámara de mayor tamaño, como por ejemplo San Juan con 7 m<sup>2</sup> de superficie. El resto tienden a tener aproximadamente 1 o 2 m<sup>2</sup>. En cuanto a la tipología, son dólmenes simples de planta rectangular con la única excepción de Legaie Sur que tiene corredor.

Por otra parte, los menhires normalmente están posicionados en áreas dolménicas. Es curioso el caso de las Campas de Legaie, situado al norte de la sierra, donde 14 menhires rodean el perímetro de la zona. Esta tendencia también se repite en las Campas de Itaida donde los dólmenes y túmulos limitan la zona (GALILEA, 2009).

Como ya hemos señalado, la cronología de la sierra presenta algunos problemas. De forma relativa, si relacionamos la primera fase del megalitismo (GALILEA, 2011) con la aparición de geométricos, podemos adscribir cronológicamente los dólmenes de Berjalaran Norte, Itaida Norte y Burandi, así como los asentamientos al aire libre de Argutxi I, Igurita, Raso de Zatola, Aranzadua, Fuente de Andasari, Regajo de los Yesos y Fuente de Evis, aunque el que realmente cuenta con un lote considerable (85 geométricos) es Kilómetro 2 de la Carretera de Limitaciones (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990). Teniendo en cuenta que el primero se sitúa en la Llanada se afirma la contemporaneidad del megalitismo de montaña y valle (GALILEA, 2011).

Contamos con cinco dataciones absolutas. Una de ellas en hueso quemado procedente del túmulo de Urkibi, una sobre carbones del túmulo de Burandi, en el crómlech de Mendiluze y, finalmente, una del círculo de Gastalamendi. Como se muestra en la Tabla I, solo tenemos dos dataciones antes de Cristo. Mendiluze coincide con las dataciones de otros crómlech (Ondarre I, Apatesaro 5, Mehatze 5, Millagata 5 y Mehatze 11) (MUJICA *et al.*, 2016), por lo que de momento la tenemos en cuenta como la única datación relevante del conjunto.

| Nombre       | Tipo de Estructura  | Ref. Lab.  | Dataciones |              |              | Bibliografía              |
|--------------|---------------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------------------|
|              |                     |            | BP         | cal BP (68%) | cal BC (68%) |                           |
| URKIBI       | Túmulo              | I. 11365   | 2345 ± 95  | 2424 ± 182   | 474 ± 182    | Barandiaran y Vegas, 1990 |
| BURANDI      | Túmulo              | I. 12523   | 1560 ± 80  | 1460 ± 78    | -            |                           |
| MENDILUZE    | Cromlech (cista)    | CISC - 694 | 2700 ± 60  | 2822 ± 47    | 872 ± 47     | Vegas, 1988               |
|              | Cromlech (exterior) | CISC - 695 | 1230 ± 50  | 1167 ± 71    | -            |                           |
| GASTALAMENDI | Círculo de piedras  | I. 12086   | 510 ± 80   | 553 ± 68     | -            | Barandiaran y Vegas, 1990 |

**Tabla 1.** Dataciones realizadas en la estación megalítica.

**Table 1.** Dating made at the megalithic station.

## 2.2. Metodología

La principal herramienta que se utiliza en este trabajo será el Sistema de información geográfica llamado QGIS, acompañado de las pertinentes reseñas bibliográficas necesarias para el objetivo propuesto.

En primer lugar, se recopiló la bibliografía de los diferentes elementos megalíticos del entorno, planteándose dudas sobre la tipología o el mismo ser de algunos de éstos.

Por otro lado, más allá de la base de datos reunida a nivel bibliográfico, se han centrado los esfuerzos en las investigaciones del mismo mundo funerario dolménico, observando así las relaciones con el entorno y hábitos que podrían incidir en la ubicación de estas estructuras.

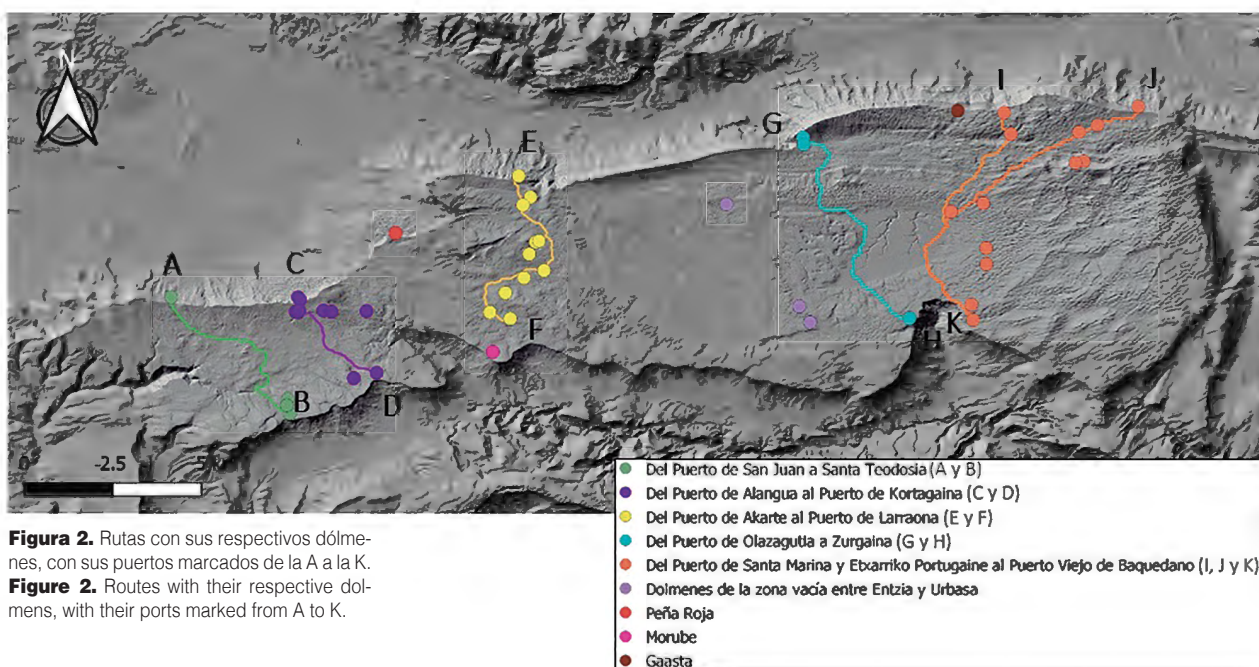
Se planteó la posibilidad de realizar un Análisis de Cuencas Visuales, pero al concluir que la visibilidad entre megalitos es dependiente de conocer el emplazamiento de éstos, idea ya anteriormente conocida (MUJICA-ALUSTIZA & EDESIO-FITO, 2012a), no se ha añadido al trabajo.

Gracias a los datos LIDAR obtenidos por el Instituto Geográfico Nacional (Mapas MDT: 113, 114, 139 y 140, tanto del Gobierno Vasco (Geoeuskadi), como de la Comunidad Foral (IDENA)) se han efectuado los análisis sobre el emplazamiento y posicionamiento de los dólmenes, teniendo en cuenta su distancia, distribución y relación entre las diferentes ubicaciones, para después comparar los resultados obtenidos a la literatura reunida sobre el megalitismo y su relación con el mundo del pastoreo.

### 3.- RESULTADOS

#### 3.1. Posición topográfica

Encontramos los megalitos ubicados en los pasos tradicionales y sus praderas circundantes, tal y como fue observado por F. Galilea (2009) (Figura 2). Los 48 dólmenes identificados se encuentran a una media de 999,3 m de altura, aunque hay diferencias entre la vertiente norte y el sur de la sierra.



Por un lado, la vertiente norte oscila sobre los 1094 m de altitud, con la cota más baja en 888 m (Sorosgain) y la más alta en 1109 m (el menhir de Atau). En cambio, el límite sur de la sierra tiene una media de 1024 m, oscilando desde los 925 m (Zurgaina) hasta 1108 m (Portillo de Kortagaina) (Anexo 3). Por lo tanto, se observa cierta homogeneidad.

Algunos de estos dólmenes no los encontramos en el mismo puerto, sino a unos pocos metros de él, como es el caso de Santa Marina, situados a tan solo 300 m del límite de la sierra (GALILEA, 2009).

Otros dólmenes se disponen alineados a lo largo de la sierra, de norte a sur y con cierta regularidad en algunos casos, en las inmediaciones de rutas que cruzan la sierra, como veremos más tarde en el apartado 3.3.

La sierra, siendo un lugar de alta pluviosidad, tiene un número reducido de riachuelos secos en verano y balsas resultado de la presencia de estratos impermeables en el karst. Algunas fuentes de la sierra coinciden con los mismos rasos o zonas abiertas, aunque no son las únicas (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

Las aperturas del arbolado se dan donde las calizas se encuentran muy gelifracionadas (lapiaz) o donde, por el contrario, los suelos margosos no permiten el drenaje dando lugar a zonas de humedal. En estas últimas, por poca hidratación o por falta de nutrientes en los suelos, no se desarrolla el hayedo (FLORISTAN, 1978; BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

### 3.2. Orientación

De los 48 dólmenes que estudiamos, sólo disponemos de la orientación precisa de 22 casos (GALILEA, 2009 y 2011). Los restantes están principalmente orientados con precisión difusa hacia el sureste o simplemente no dan opción a especificarla con seguridad, como ya señaló J. J. Vivanco (1981). Los datos de los que disponemos nos abren un amplio abanico en el que se aprecian dos grupos principales entre los 90-105° (E) y los 120-125° (S-E).

Interesante resulta que estas orientaciones coincidan con determinados ortos solares del año (GALILEA, 2011). En primer lugar, la orientación 90° (E) coincide con los equinoccios de primavera y otoño y es hacia donde se dirigen los ejes de la mayoría de los ejemplos conocidos (Tabla II). Solo contamos con un dolmen con una cifra inferior a 90°, Arantzadia (Arzeiturrieta), lo que corresponde a una orientación de fechas primaverales-veraniegas, la cual no es para nada común en la zona. En el caso que nos ocupa, la mitad de los monumentos se encuentran en este marco, entre 90-105°.

| NOMBRE DEL DOLMEN              | GRADOS | ORIENTACIÓN ORTOSOLAR          | NOMBRE DEL DOLMEN                 | GRADOS | ORIENTACIÓN ORTOSOLAR                      |
|--------------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------------------------------|
| Arantzadia (Arzeiturrieta)     | 70     | Primaveral-Veraniega           | Larrazabal N                      | 121    | Solsticial de Invierno<br>(sobre los 122°) |
| Itaia N                        | 90     | Equinoccial<br>(sobre los 90°) | Portillo de Kortagaina            | 122    |                                            |
| Aseki                          | 94     |                                | San Juan                          | 122    |                                            |
| Itaia S                        | 95     |                                | Arrigorrista I                    | 124    |                                            |
| Armorkora haundi               | 95     |                                | Larragorri                        | 125    |                                            |
| Aizkomendi                     | 97     |                                | Sorginetxe                        | 130    | Otros                                      |
| Puerto de Alangua I            | 97     |                                | Legaire S                         | 139    |                                            |
| Armorkora txiki                | 100    |                                | Portillo de las Majadas de Eulate | 147    |                                            |
| Etxariko portugañe 1 mendealde | 100    |                                | Legaire N                         | 162    |                                            |
| Ergibil (Juakosoro)            | 100    |                                |                                   |        |                                            |
| Gaasta                         | 102    |                                |                                   |        |                                            |
| Obas 1 ekialde (Lubierri)      | 104    |                                |                                   |        |                                            |

**Tabla 2.** Orientaciones de los 22 dólmenes. Datos de Galilea, 2009 y 2011.

**Table 2.** Orientations of the 22 dolmens. Data from Galilee, 2009 and 2011.

Sobre los 122° se orientan hacia el solsticio de invierno, grupo también considerable en el que la estación megalítica reúne 5 dólmenes. Finalmente, tenemos 4 estructuras restantes que tienen una orientación que va desde los 130° hasta los 162°.

Algunos pueblos antiguos tenían calendarios en los que señalaban el solsticio de invierno, al igual que en el euskera la palabra *eguberri* marcaba el nacimiento del sol (BARANDIARÁN, 1934). Investigaciones recientes sobre la arqueoastronomía de los dólmenes parece confirmar que aquellos constructores eran conocedores de la duración del año solar (GIL-MERINO *et al.*, 2018), aunque el solsticio de invierno en nuestra estación dolménica no resulta ser la orientación predominante. Por otro lado, en el mundo dolménico del occidente europeo son frecuentes estas desviaciones del solsticio (122°) hacia valores equinocciales (90°) (HOSKIN, 2008).

### 3.3. Distancia entre megalitos

Los monumentos megalíticos los podemos visualizar ubicados en caminos con orientación N-S que cruzan las campas y abarcan desde los 5 a los 8.5 km de largo, distancia que progresivamente va en aumento de Oeste a Este. Para este apartado se han seleccionado las tres principales alineaciones con una distribución regular y que realmente han dado resultados significativos, mientras que las demás apenas se limitan a tener unos megalitos en la zona del portillo. Las distancias interdolménicas aparecen en el Anexo 4.



Las tres rutas muestreadas, de occidente a oriente, la primera sería la que discurre entre el Puerto de Alangua (C) y el Portillo de Kortagaina (D) (con 1072 m de distancia media entre dólmenes), la segunda, la que va desde el Portillo de Akarte (E) al Puerto de Larraona (F) (1074 m) y, en tercer lugar, la que parte de Santa Marina (I) y Etxarriko Portugaie (J) y acaba en el Puerto Viejo de Baquedano (K) (1589 m y 1562 m) (Figura 2). Esta última ruta tiene la curiosidad de tener una forma de Y, comenzando en dos puertos en la parte norte, pero uniéndose a mitad de camino hacia el sur.

Por otro lado, hemos mencionado las agrupaciones megalíticas, ubicaciones que reúnen más de un dolmen en pocos metros de distancia y con cierta regularidad. Conocemos 12 (Tabla III) sin contar Arantzaduia I y II, los cuales se ubican a apenas 10 m entre ellos.

| AGRUPACIÓN        | NOMBRES             | AGRUPACIÓN                | NOMBRES                          |
|-------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Santa Teodosia    | Santa Teodosia 1    | Itaia                     | Itaia N                          |
|                   | Santa Teodosia 2    |                           | Itaia S                          |
|                   | Santa Teodosia 3    | Etxarriko Portugaie       | Etxarriko portugai 1 mendebalde  |
| Puerto de Alangua | Puerto de Alangua 1 |                           | Etxarriko portugai 2 ekialde     |
|                   | Puerto de Alangua 2 | Armorkora                 | Armorkora haundi                 |
| Arrigorrista      | Arrigorrista I      |                           | Armorkora txiki                  |
|                   | Arrigorrista II     | Obas (Lubierri)           | Obas 1 ekialde (Lubierri)        |
| Gaztalamendi      | Gaztalamendi 1      |                           | Obas 2 mendebalde (Lubierri)     |
|                   | Gaztalamendi 2      | Arantzaduia               | Arantzaduia 1 mendebalde         |
| Larrazabal        | Igurita             |                           | Arantzaduia 2 ekialde            |
|                   | Larrazabal N        | Puerto Viejo de Baquedano | Puerto Viejo de Baquedano 1 ipar |
|                   | Larrazabal S        |                           | Puerto Viejo de Baquedano 2 hego |
|                   | Larrazabal III      | Olaztikoko Portua         | Sorosgain                        |
| Legaire           | Legaire N           |                           | Ergibil                          |
|                   | Legaire S           |                           |                                  |

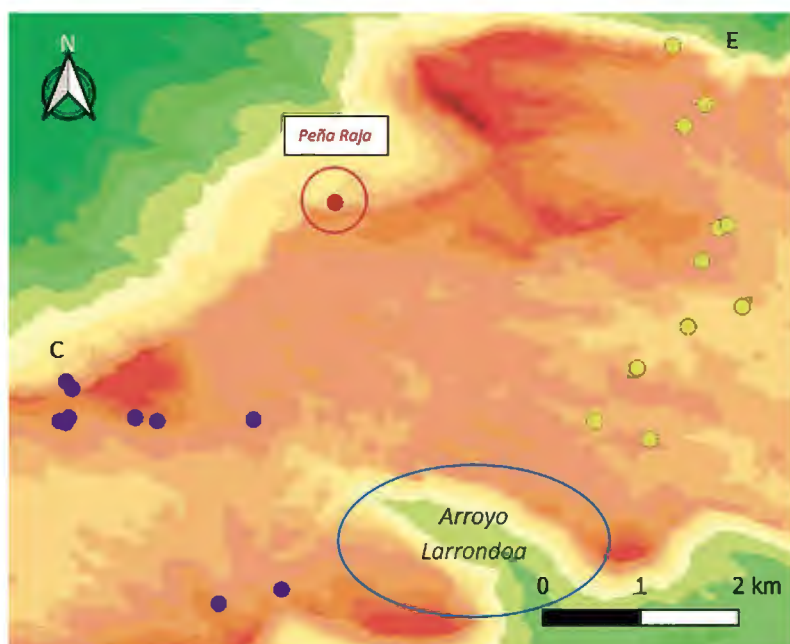
**Tabla 3.** Agrupaciones dolménicas que tenemos en cuenta.

**Table 3.** Dolmenic groups that we keep in mind.

Dicho esto, 7 de los 12 conjuntos restantes (Santa Teodosia, Puerto de Alangua, Arrigorrista, Legaire, Olaztikoko Portua, Obas -Lubierri- y Etxarriko Portugaie) están a una distancia de entre 100 y 400 m entre los dólmenes. Por debajo de ese margen están los tres de Gaztalamendi con distancias de 60 a 100 m. Por el otro lado, los ya mencionados Itaia N y S tienen una distancia de 770 m entre ellos, Puerto Viejo de Baquedano I y II con casi 600 m, las inmediaciones de Larrazabal con 690 m y Armorkora Haundi y Txikia con 950 m. Estas cuatro agrupaciones son los que se parecen con las estaciones megalíticas de Aralar (con distancias de 500-700 m) y Alzania (casi 1 km) (MUJICA-ALUSTIZA & EDESO-FITO, 2012a).

Por último, existen algunas estructuras con una ubicación especial. Se localizan a aproximadamente a 300 m del corte de la sierra, algunas en relación a los puertos, como Morube (cerca del Puerto de Larraona) o Gaasta (cerca del Puerto de Olazagutia). Otros, en cambio, podemos entender como puntos intermedios entre dos portillos, como Peña Roja (Figura 3), equidistante a 3,7 km con el puerto de Alangua y las campas de Legaire.

Siguiendo esa ruta tendríamos un vacío de algo más de 8 km hasta el siguiente puerto, el Puerto de Olazagutia, únicamente interrumpido con la presencia de 4 dispersos dólmenes (Larreandi, Portillo de Las Majadas de Eulate, Arantzaduia I y II) sin ningún tipo de relación con los caminos planteados. Una explicación podría ser la falta de portillos de acceso en el norte, problemática que no se da en el sur. Esta área está cubierta por una densa población arbórea que se prolonga hasta los 4 dólmenes, zona en la que la geología cambia a suelos más margosos y como consecuencia, se abre el bosque. Es una zona en la que aumentan las dolinas, poljes y úvalas y aunque el número



**Figura 3.** Ubicación del dolmen de Peña Roja respecto a las rutas analizadas.

**Figure 3.** Location of the Peña Roja dolmen in relation to the analyzed routes.

de dólmenes es reducido, en cambio, sí son numerosos los yacimientos al aire libre como Fuente de los Mosquitos, Regajo de los Yesos o Pinar del Raso, ejemplos atribuibles al Neolítico-Calcolítico (BARANDIARAN-MAESTU & VEGAS, 1990).

### 3.4. Área de Influencia

Mediante el uso del algoritmo se ha creado un polígono que reúne el área de influencia o *buffer*, estableciendo dos círculos que corresponden a la distancia media que hay entre los dólmenes y entre las agrupaciones de las tres rutas principales (Anexo 5).

Se aprecia que en dos de los tres caminos estudiados (el del Portillo de Akarte a Larraona y el que va de Santa Marina y Etxarriko Portugaine a Puerto Viejo de Baquedano) hay un solapamiento a lo largo de toda la ruta.

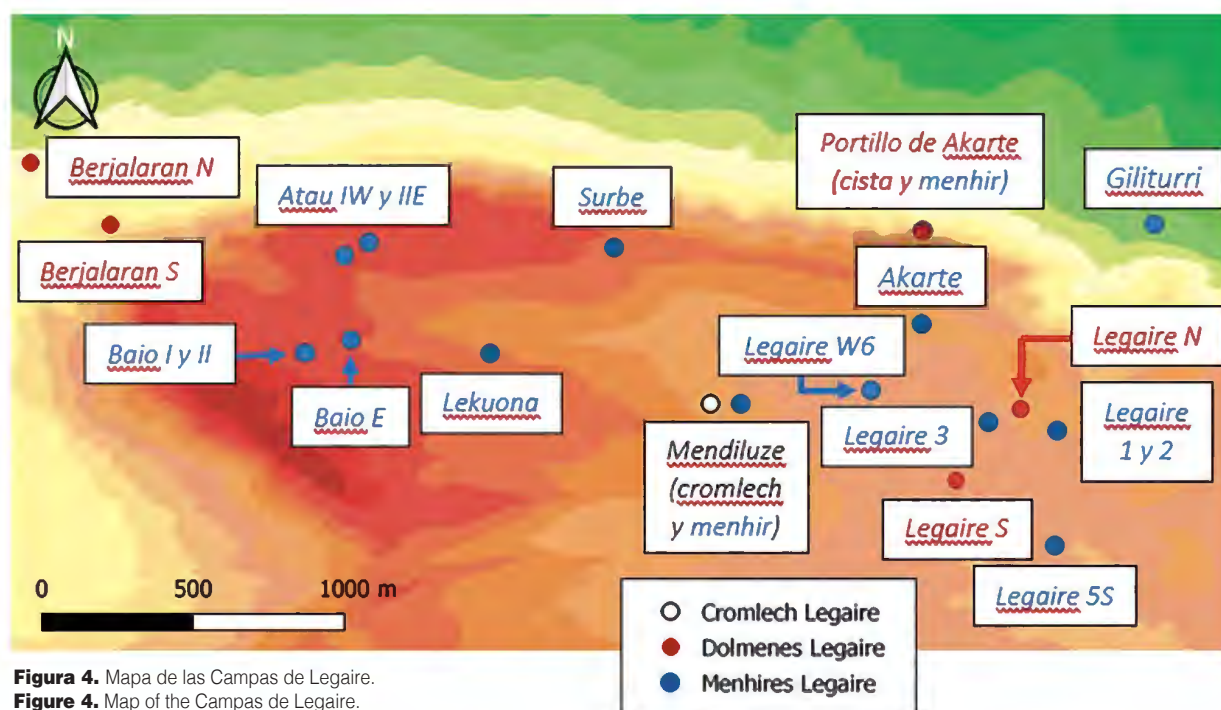
En el sector que va desde Puerto de Alangua a Portillo de Kortagaina es diferente, ya que la concentración principal se sitúa en la zona norte, habiendo un hueco de entre 0,5 y 1,5 km (dependiendo del *buffer* que reparemos) hasta Kortagaina. Esto podría explicarse por la posibilidad de descender del puerto sin pasar por el Portillo de Kortagaina, de forma más corta (0,5 km), por el valle por el que desciende el Arroyo Larrondoa (se aprecia en la parte baja central de la Figura 5). Además, la línea que forman los dólmenes en la zona norte se dirige hacia esta zona.

### 3.5. Dos casos excepcionales

De forma excepcional nos encontramos con el caso de las Campas de Legaire y de Itaida, zonas en las que los megalitos delimitan el perímetro del raso, ambos casos en las inmediaciones del camino que va de Akarte a Larraona, como ya habían observado Barandiarán-Maestu & Vegas (1990) o Galilea (2011).

#### 3.5.1. Las Campas de Legaire

La zona, ubicada al norte de la sierra junto a la entrada del Portillo de Akarte (Figura 4), es decir, junto al inicio del camino, tiene como característica ser un lugar de gran densidad megalítica. En los 5 km<sup>2</sup> de las Campas tenemos en cuenta 3 dólmenes, 14 menhires y 1 crómlech (BARANDIA-



RÁN-MAESTU & Vegas, 1990), obviando los 71 túmulos existentes por plantear serios problemas sobre su naturaleza y adscripción cronológica. El resultado da una densidad de 4,058 por km<sup>2</sup>, algo notablemente superior a la de Aralar, 0,7648 por km<sup>2</sup>, o la de Altzania, 0,8140 por km (MUJICA-ALUSTIZA & EDESO-FITO, 2012a).

Por otro lado, la zona tiene tres puertos (Atau, Akarte y Andoin). En Andoin encontramos 1 menhir (Giliturri) y en Atau una pequeña campa con los dos dólmenes de Berjalarán, con la posibilidad de que haya un tercero, pero de ubicación desconocida (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

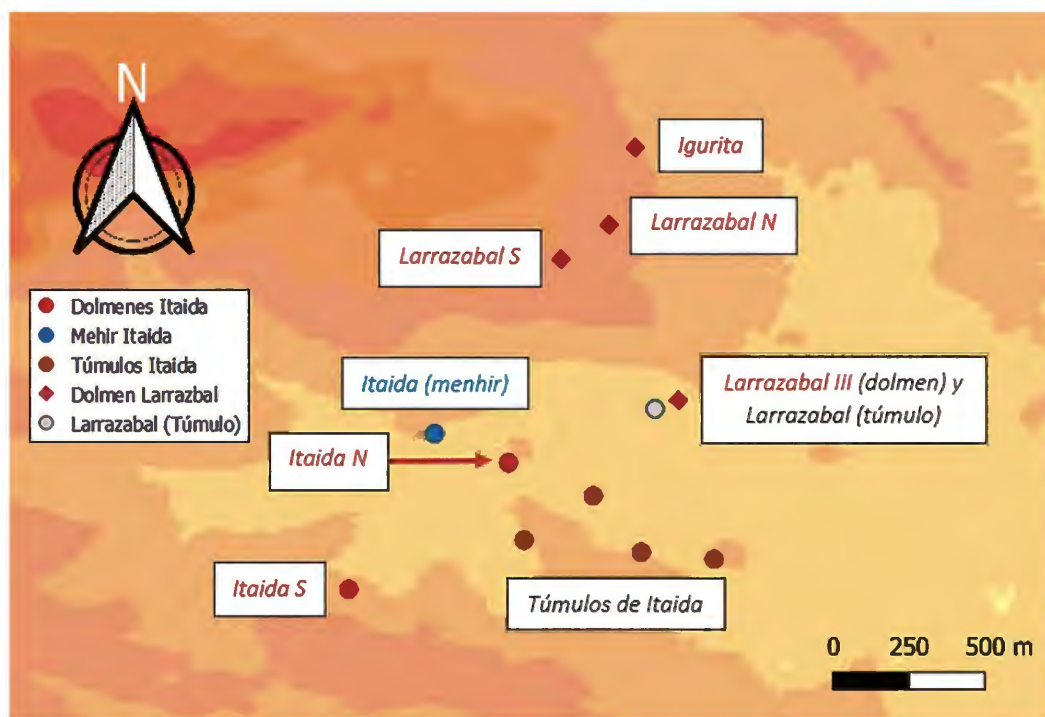
Los menhires son los causantes de la excepcionalidad al estar colocados rodeando el perímetro de la campa. Desde la zona con dólmenes que marca el inicio del camino que atraviesa Entzia se disponen los menhires rodeando el pequeño arroyo de Lagaire hasta unirse a 3,5 km, donde ya se ha dejado atrás el nacimiento de éste, siendo ésta la zona más alta (1100-1200 m s.n.m.). La altura de los menhires oscila entre los 2 (Atau I) y los 4,4 m (Akarte y Chabola de Lekuona) (GALILEA, 2011).

La potencialidad de la campa de Lagaire como territorio ganadero se basa en ser de las aperturas arbóreas más grandes de la estación megalítica, tener un abastecimiento de agua cerca gracias al arroyo y estar bien conectado al fondo de la Llanada mediante tres puertos.

### 3.5.2. Las Campas de Itaida

En el mismo camino tenemos las Campas de Itaida, conectada con las de Lagaire por los dólmenes de Igurita y los tres de Larrazabal, como hemos mencionado antes. La zona se encuentra compuesta por los dólmenes de Itaida N y S y el menhir de mismo nombre que la campa con una flecha grabada (Figura 5). Los dólmenes, al igual que los túmulos (los mencionados Urkibi y Burandi, con dataciones, están en esta campa), aparentemente se encuentran colocados en el límite actual de bosque-campa, siendo Itaida S el que está sobre una loma dominando la campa (GALILEA, 2011). Por los datos reunidos, Vegas ya afirmaba que al menos un grupo pastoreaba y enterraba a sus muertos en esta zona (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

En último lugar mencionamos las cuevas de Itaida I y II, situados en dentro de la misma campa, donde han aparecido una lasca, fragmentos cerámicos, uno de hierro y un resto óseo ovicaprino (GALILEA, 1981 y VEGAS, 1985b).



**Figura 5.** Mapa de las Campas de Larrazabal e Itaida.

**Figure 5.** Map of the Campas de Larrazabal and Itaida.

### 3.6. Relación con las cuevas y abrigos

Situar las cuevas de la sierra nos ha dado información sobre su posición y posibles usos. Por un lado, podemos puntualizar que hay una diferencia entre las sepulcrales y las que tienen restos, pero ningún enterramiento, ubicando el primer grupo en zonas cercanas a la subida al puerto o el mismo puerto. Por esto mismo, cuevas sepulcrales y dólmenes posicionados cerca del puerto suelen estar cerca.

Por ejemplo, en el caso de los dólmenes de Santa Teodosia, la cueva de Obenkun se encuentra a unos 800 m, aunque a menos de 300 m del camino. Lo mismo ocurre en el abrigo rocoso destruido de Lamikela, al lado de la subida de Larraona y el dolmen de Morube. Por otro lado, la cueva de Soil a 400 m del Puerto de San Juan está situado sobre la montaña y no en la subida. Algo similar se da en Guaran, cuevas cercanas al Portillo de Akarte, aunque algo más metidas.

En Navarra el número de cuevas sepulcrales disminuye por motivos geológicos, ya que la mayoría son simas (desconociendo su carácter arqueológico) y no cuevas horizontales. La cueva de Noriturri se encuentra en esa zona vacía de dólmenes que hemos mencionado antes, aunque a diferencia de la falda norte, en el sur sí que existen accesos a la montaña, como el camino que sube desde el actual pueblo de Eulate hasta la cavidad. A pesar de no encontrar megalitos, sí que tendríamos el yacimiento al aire libre de Raso de Zatola atribuido al neolítico.

Finalmente, en lo que respecta a las cuevas sin sepultura, las encontramos en toda la zona montañosa, a menudo en las cercanías de los caminos, y con materiales de todo tipo (restos paleontológicos, líticos, cerámica...). El caso más significativo es la campa de Itaida, donde encontramos en la misma las cuevas de Itaida I y II y a 1 km los abrigos bajo roca de Arno y Azkueta. Ya en terreno navarro, justo en el puerto de Olazagutia, tenemos el caso de Laminatitur.

Por lo general, en la zona alavesa se aprecia un uso de las cuevas sepulcrales en zonas cercanas a los puertos, mientras que las cavidades sin sepultura y con materiales aparecen en mayor cantidad alejadas de los bordes de la sierra. Esta tendencia cambia en Urbasa. En primer lugar, las dos cuevas sepulcrales están más alejadas del borde de la sierra en comparación con Entzia y, en segundo lugar, el único yacimiento sin sepultura (Laminatitur) se encuentra en pleno puerto de Olazagutia. El principal motivo de este cambio en la parte de Urbasa sería la geología que no ha dado lugar a un sistema subterráneo tan provechoso para los habitantes prehistóricos.



#### 4.- DISCUSIÓN

Queda evidenciada la regularidad de una serie de patrones en el posicionamiento de los megalitos, curiosamente coincidente con actuales puertos, accesos y rutas, así como con las áreas de pastoreo histórico y las denominaciones toponímicas (BARANDIARÁN-MAESTU & VEGAS, 1990).

Cada ruta aquí planteada no sólo ha demostrado tener estructuras emplazadas en sus puertos, sino que también a lo largo de todo el camino, y en las inmediaciones de las campas, articulando el territorio mediante estrategias dirigidas al mayor aprovechamiento posible de los recursos naturales (MUJICA-ALUSTIZA & EDESO-FITO, 2012a). En los casos de Legaire, Larrazabal e Itaida se ejemplifica esta relación donde los megalitos rodean o cubren la misma superficie del pastizal.

Estos monumentos que surgieron en el Neolítico Final, más allá del mundo fúnebre, funcionaron como hitos o marcadores territoriales (idea no solo observada en territorio vasco -AGIRRE *et al.*, 2010 y MUJICA-ALUSTIZA & EDESO-FITO, 2012a- sino también en el andaluz -GARCÍA-SANJUÁN *et al.*, 2009- o gallego -PAZOS & RODRÍGUEZ-CASAL, 2015 -, entre otros), teniendo un amplio conjunto de tipologías (menhires, dólmenes, cistas y crómlech), como hemos puntualizado en el caso de Legaire. Teniendo en cuenta la cronología de estos megalitos podemos afirmar que esta función se prolongó durante la protohistoria de la sierra.

Reparar en la orientación de los dólmenes añade una complejidad a su configuración, sobre todo de carácter simbólico, orientadas al orto solar de determinadas fechas anuales. Nuestras conclusiones no difieren mucho de los resultados del estudio de Hoskin (2008), donde se observa que los dólmenes apuntan hacia el solsticio de invierno con una desviación hacia el equinoccio. En la zona de investigación se aprecia una mayor tendencia hacia el orto equinoccial, pero dentro de esa desviación.

Por otro lado, mencionamos Mendiluze, un yacimiento cronológicamente y tipológicamente concordante con el fenómeno de los crómlech, el cual tiene sus inicios en el Bronce Final y se prolonga en el Hierro. Yacimientos como Errozate II, Millagate IV, Millagate V o Ondarre I tienen fechas sobre el 2750 BP (MUJICA *et al.*, 2018), que encajan con las obtenidas por Vegas (1988). De la misma forma, se debe contextualizar con los horizontes culturales presentes en yacimientos de habitación (Korosparrí -Galarreta-, Txurituri -Aspárrena-, Sorabil -Egino-...), y de cuevas (Los Gentiles, La Goba...) de la cuenca del río Araia (BEORLEGI, 1995).

Mendiluze no tiene relación con los dólmenes más allá de su función como hito territorial, posiblemente ocupando un lugar vacío (en la cercanía solamente encontramos el menhir de Mendiluze). Mientras que el crómlech se encuentra en la falda sur a mitad de campa, los dólmenes más cercanos (Legaire N y S a 800-1000 m y la cista de Portillo de Akarte a 1000 m) se encuentran en la entrada, siguiendo la ruta que inicia en el mismo Portillo de Akarte. Sumando el hecho de que dólmenes (Neolítico-Bronce), cistas (Bronce) y crómlech (Bronce Final-Hierro) poseen marcos cronológicos delimitados podemos afirmar que las campas de Legaire fueron explotadas durante toda la protohistoria, incluso con una tendencia creciente como resultado de la presión demográfica.

El estudio de la relación con las cuevas de la zona donde, presumiblemente, existen evidencias culturalmente contemporáneas a la utilización de estos megalitos, y especialmente la datación de las mismas podría aclarar algunas cuestiones como el de la coexistencia o alternancia de los ritos funerarios en cueva y en megalitos. De cara a nuestra investigación, se observa una relación cueva sepulcral-dolmen en Entzia al estar, en general, ubicados en las inmediaciones a los portillos.

En cuanto a la actividad ganadera, Peña Larga (Cripán, Álava) es el yacimiento tipo más cercano y representativo, aportando información muy valiosa sobre la domesticación de ovicapridos y vacas en el Neolítico Antiguo (FERNÁNDEZ-ERASO, 2010). A pesar de no contar con registros similares para la zona de Entzia y Urbasa, a 20 km del mencionado abrigo (30 km si tenemos en cuenta la ruta más optima de viaje), no parece descabellado pensar en similares formas de aprovechamiento de recursos del entorno. Por otro lado, no es muy esperanzadora la posibilidad de encontrar un abrigo con la función de establo como el de Peña Larga, en primer lugar, por el reducido número de lugares potenciales, en segundo, por las escasas excavaciones y, finalmente, por el pésimo estado de conservación o la destrucción sufrida, como en Lamikela.

La economía productora la apreciamos con la creciente antropización que expresan los estudios polínicos, siendo los casos más cercanos el de Ameztutxo (PÉREZ-DÍAZ, 2012), en el fondo de la Llanada, y Kanpanoste Goikoa (IRIARTE, 1998), en los Montes de Vitoria. En ambos se manifiesta un progresivo retroceso del bosque, a pesar de pertenecer a ambientes diferentes, uno en valle y el otro en montaña. Los hayedos son la principal población arbórea que disponemos actualmente en las Sierras de Urbasa, Entzia e Iturrieta, la cual comenzó a ser notable sobre otros caducifolios hace 3000 años BP (ASEGINOLAZA *et al.*, 1996 y PÉREZ-DÍAZ, 2012).

En los casos de Legaire e Itaida, en los cuales hemos hecho especial hincapié, vemos como incluso a día de hoy los mismos megalitos continúan rodeando la población arbórea. Por desgracia, la falta de estudios palinológicos o de macrorrestos vegetales en la misma estación nos impide sacar cualquier otro tipo de conclusión.

Finalmente, la construcción de majadas pastoriles en épocas ya históricas, curiosamente se asocian con la de muchos dólmenes, observando en numerosos la reutilización de elementos dolménicos para su construcción (túmulos, losas...). Teniendo en cuenta que el pastoreo ha sido siempre una de las actividades más arraigadas en la economía del País Vasco (BARANDIARÁN, 1934), podemos afirmar que la continuidad de la explotación ganadera en las sierras de Iturrieta, Entzia y Urbasa pudo prolongarse desde momentos iniciales del megalitismo hasta nuestros días.

## 5.- CONCLUSIONES

Podemos observar una serie de pautas y patrones relacionados con la construcción, orientación y el emplazamiento de estos monumentos, aunque es complicado establecer las motivaciones que llevaron a ello.

A raíz de la explotación del entorno, el bosque fue antropizándose y dando lugar a las aperturas de bosque, con el tiempo provechosas con su emplazamiento. Por el contrario, hemos observado que en esa zona en las que las dolinas, poljes y úvalas aumentan no tienen dólmenes. Este terreno, a pesar de ser un gran claro, las causas debemos achacarlas a motivos geológicos.

Otro factor importante era la accesibilidad a la zona alta de la sierra, que por su estructura amesetada solamente era posible mediante los puertos. Todos los veranos subirían el ganado mediante estos pasos y estructurarían las zonas de pastoreo mediante los dólmenes y, quizás, otros elementos que desconozcamos, por ejemplo, los cursos del agua. Con el tiempo la articulación del territorio se complicaría dando lugar a las agrupaciones dolménicas y extendiéndose alrededor de los caminos.

Podemos concluir que la potencialidad de un terreno, por ejemplo, tener agua en la cercanía, de cara a la práctica ganadera tiene como resultado la colocación de estos hitos territoriales. Al mismo tiempo, la presión demográfica o la aparición de nuevos grupos traerán nuevas zonas ocupadas, nuevos cambios en la articulación del entorno o la aparición de nuevas formas de marcaje territorial.

Los monumentos de la estación, con diferentes funciones y cronologías nos dan a entender una conciencia y conocimiento sobre el territorio que se remonta milenios atrás. Los elementos funerarios estarían estrechamente ligados a zonas de tránsito y explotación, al igual que a lugares de hábitat, los cuales se han identificado al encontrar y estudiar colecciones líticas de una nutrida serie de yacimientos al aire libre (por ejemplo, los mencionados Raso de Zatola, Aranzadua o Kilómetro 2 de la Carretera de Limitaciones, entre otros).

También nos enfrentamos a incógnitas procedentes de la deficiente conservación de éstos (derivadas, en parte, por las mencionadas reutilizaciones y por creencias de antiguos tesoros) e incluso a la difícil adscripción prehistórica de numerosos túmulos o de los diferentes ritmos de uso de los sepulcros.

En esta amplia estación megalítica ha habido un hiato en las tareas de investigación durante varias décadas. Por suerte, desde 2018 se están realizando actuaciones sobre algunas de las estructuras de Legaire, excavándolas, restaurándolas dentro de un proyecto de carácter divulgativo. Este 2019 el proyecto continúa dirigido por los profesores de la UPV/EHU Koldo Martínez y Alfonso Alday.

Por otro lado, vista la potencialidad de la estación megalítica de Iturrieta-Entzia-Urbasa, se ve la necesidad de un estudio del megalitismo mucho más multidisciplinar con el objetivo de profundizar en

el fenómeno. En primer lugar, para un mejor entendimiento sobre la evolución del fenómeno megalítico y los ritos funerarios considero indispensable ubicar en el tiempo los momentos de utilización de cuevas y megalitos. Por otro lado, de encontrarse asentamientos, la importancia de los estudios arqueozoológicos es necesaria de cara a profundizar en la actividad ganadera y aspectos de esta sociedad. En último lugar, este análisis debería complementarse también con estudios polínicos y de macrorrestos, para así completar la imagen de la evolución del mundo funerario en relación a su paisaje.

## 6.- AGRADECIMIENTOS

Mi más sincera gratitud a J. A. Mujika Alustiza por su seguimiento y ayuda a la hora de profundizar en el amplio mundo del megalitismo y el uso de los SIG para su investigación. De la misma forma, quiero agradecer a Mikel Beorlegi Ereña por su constante consejo y apoyo, un pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo. Finalmente, mencionar a Izaskun, Nerea y al resto de la cuadrilla por su disposición y ánimos durante todos estos meses.

## 7.- BIBLIOGRAFIA

AGIRRE-GARCÍA, J., MORAZA-BAREA, A. & MUJICA-ALUSTIZA, J. A.

2010 Los elementos físicos como reivindicación del territorio y de sus frutos en los espacios de montaña. *Munibe*. Suplemento, 32 (Ejemplar dedicado a: Actas del Congreso Internacional sobre Megalitismo y otras manifestaciones funerarias contemporáneas en su contexto social, económico y cultural): 286-313.

ALDAY, A., ORTIZ DE URBINA, C. Y SÁENZ DE BURUAGA, A.

1993 Aproximación al pensamiento prehistórico en la historiografía del siglo XIX: el dolmen de Aizkomendi y la superación de los mitos históricos. *Sancho el Sabio Revista de Cultura e Investigación Vasca*, Edición de 1993: 19-67.

ANDRÉS-RUPÉREZ, M. T.

1990 El fenómeno dolménico en el País Vasco. *Munibe*, 42: 141-152.

APELLANIZ, J. M.

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

APRAIZ, J.

1895 Exploraciones prehistóricas. *Revista Contemporánea*, N° 100: 561-571.

ARANZADI, T., BARANDIARÁN, J. M. & EGUREN, E.

1921 *Los nuevos dólmenes de la Sierra de Entzia*. Memoria presentada a la Junta Permanente de Eusko Ikaskuntza.

1923 *Exploración de seis dólmenes de la Sierra de Urbasa*. Eusko Ikaskuntza - Sociedad de Estudios Vascos.

ASEGINOLAZA, C., GÓMEZ, D., LIZAU, X., MONSERRAT, G., MORANTE, G., SALAVERRÍA, M. R. & URIBE-ETXEBARRIA, P. M.

1996 *Vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

BARANDIARÁN, J. M.

1934 *El hombre primitivo en el País Vasco*. Egin Liburuak: Beñat Idatzia. San Sebastián.

BARANDIARÁN-MAESTU, I. & VALLESPÍ, E.

1984 *Prehistoria de Navarra. Trabajos de Arqueología Navarra*. 2ª Edición. Museo de Navarra - Institución Príncipe de Viana. Pamplona.

BARANDIARÁN-MAESTU, I. & VEGAS-ARAMBURU, J. I.

1990 *Los Grupos Humanos en la Prehistoria de Encía-Urbasa. Análisis cultural de asentamientos, sistemas de explotación, modos de vida y ritos desde el Neolítico hasta el final de la Edad Antigua*. Beca de investigación José Miguel Barandiarán 1982/1983. Fundación José Miguel de Barandiarán.

BEORLEGI, M.

- 1995 Investigaciones en la cuenca del río Araia (Alava). El poblamiento al aire libre. *Cuadernos de Sección. Prehistoria-Arqueología*, 6: 317-341.

EGUREN, E.

- 1914 *El estado actual de la Antropología y Prehistoria Vascas. Estudio antropológico del Pueblo Vasco. La Prehistoria en Álava.* Eléxpuru Hermanos. Bilbao.
- 1927 *Los dólmenes clásicos alaveses. Nuevos Dólmenes en la Sierra de Entzia.* Eusko Ikaskuntza - Sociedad de Estudios Vascos.

FERNÁNDEZ-ERASO, J. & MUJICA-ALUSTIZA, J. A.

- 2013 La estación dolménica de la Rioja Alavesa: Cronología, orígenes y ciclos de utilización. *Zephyrus*, LXXI: 89-106.

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., MUJICA-ALUSTIZA, J. A. & FERNÁNDEZ-CRESPO, T.

- 2015 Sobre la cronología de los ídolos espátula del dolmen de San Martín (Laguardia, Álava). *ARPI*, Homenaje a Rodrigo de Balbín Behrmann, 03. Extra: 257-271.

FLORISTAN, A.

- 1978 *Urbasa y Andia. Solar de los Navarros.* Editorial Ediciones y Libros.

GALILEA, F.

- 1981 Inventario y comentarios sobre el hábitat y el fenómeno funerario según prospecciones efectuadas en la Sierra de Entzia (Álava). *Estudios de Arqueología Alavesa*. 10: 187-230.
- 2009 La estación megalítica de Entzia-Urbasa (Álava-Navarra). *Estudios de Arqueología Alavesa*, 24: 91-130.
- 2011 Estudios Arqueología Alavesa. *El Megalitismo en Álava*. 25. Instituto Alavés de Arqueología. Vitoria-Gasteiz.

GARCÍA-SANJUÁN, L., WHEATLEY, D. W., MURRIETA-FLORES, P., MÁRQUEZ-PÉREZ, J.

- 2009 Los SIG y el análisis espacial en arqueología. Aplicaciones en la prehistoria reciente del sur de España. *Arqueología nàutica mediterrània*: 163-180.

GIL-MERINO, R., MORENO-GALLO, M., DELIBES DE CASTRO, G. & VILLALOBOS-GARCÍA, R.

- 2018 Luz para ver y ser vista: los efectos de la iluminación solar durante el solsticio de invierno en los dólmenes de corredor de la provincia de Burgos. *Munibe Antropología-Arqueología*, 69: 157-175.

HOSKIN, M.

- 2008 El estudio científico de los megalitos (3). La arqueoastronomía. PH: *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, Extra 67: 84-91.

IRIARTE, M. J.

- 1998 Análisis palinológico del depósito arqueológico de Kanpanoste Goikoa (Virgala, Alava). *Kanpanoste Goikoa. Memoria de las actuaciones arqueológicas. 1992-1993. Serie Memorias de Yacimientos Alaveses*, 5: 85-91.

LLANOS, A.

- 1987 *Carta Arqueológica de Álava.* Diputación Foral de Álava.

MARIEZKURRENA, K.

- 1990 Dataciones absolutas para la arqueología vasca. *Munibe*, 42: 287-304.

MARTÍNEZ-TORRES, L. M.

- 2016 *Aspectos geóticos de los menhires alaveses.* Memorias de Yacimientos Alaveses, volumen 14.



MUJIKALUSTIZA, J. A., AGIRRE-GARCÍA, J., ARÉVALO-MUÑOZ, E., EDESO-FITO, J. M., GOIKOETXEA-ZABALETA, I., LOPETEGI-GALARRAGA, A., ORUE-BELTRAN DE HEREDIA, I., PÉREZ-DÍAZ, S., RUIZ-ALONSO, M. & ZALDUA-ETXABE, L.

2016 El ritual de incineración en el crómlech tumular de Ondarre I (Sierra de Aralar -Gipuzkoa-). *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 67: 51-73.

MUJIKALUSTIZA, J. A., & EDESO-FITO, J. M.

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

2012b. *Los primeros agricultores y ganaderos en Gipuzkoa del Neolítico a la Edad del Hierro*. Diputación Foral de Gipuzkoa.

MUJIKALUSTIZA, J. A., AGIRRE-GARCÍA, J., ARÉVALO-MUÑOZ, E., EDESO-FITO, J. M., LOPETEGI-GALARRAGA, A., ORUE-BELTRAN DE HEREDIA, I., PÉREZ-DÍAZ, S., RUIZ-ALONSO, M., RUIZ-GONZALEZ, D. & ZALDUA-ETXABE, L.

2018 El conjunto de círculos pirenaicos de Ondarre en la Sierra de Aralar (Gipuzkoa): de monumento funerario a hito ganadero. *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 69: 191-210.

PAZOS, M. C. & RODRÍGUEZ-CASAL, A.A.

2015 Definiendo patrones de emplazamiento del Megalitismo gallego: la necrópolis del Monte de Santa Mariña como modelo. *Semata: Ciencias sociais e humanidades*, 27: 299-321.

PÉREZ-DÍAZ, S.

2012 *El paisaje vegetal durante la prehistoria reciente en la vertiente mediterránea de Euskal Herria*. Universidad del País Vasco.

TABAR, M. I.

1977 Nuevas localizaciones paleolíticas en la Sierra de Urbasa I. *Príncipe de Viana. Memoria de Licenciatura en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Navarra*: 371-402.

1978 Nuevas localizaciones paleolíticas en la Sierra de Urbasa II. *Príncipe de Viana. Memoria de Licenciatura en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Navarra*: 5-33.

VALLESPÍ, E.

1974 Hallazgos líticos sueltos de Álava, Navarra y Logroño. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 6: 57-65.

VEGAS-ARAMBURU, J. I.

1985a Círculo de piedras de Gastalamendi. Montes de Iturrieta (Álava). Memoria campaña de excavación 1981. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 12: 29-58.

1985b Excavaciones en las campas de Itaida. (Sierra de Encía-Álava). *Estudios de Arqueología Alavesa*, 12: 59-248.

1985c Nuevos datos para la prehistoria alavesa. Conclusiones de las excavaciones realizadas desde 1976 a 1981. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 12: 249-262.

1986 Dolmen y yacimiento al aire libre de Los Llanos: II campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*, 1986: 19-20.

1987 Dolmen y yacimiento al aire libre de Los Llanos: III campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*, 1987: 13-16.

1988 Revisión del fenómeno de los Crómlech Vascos. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 16: 235-244.

VIVANCO, J. J.

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

## ANEXOS

## ANEXO 1

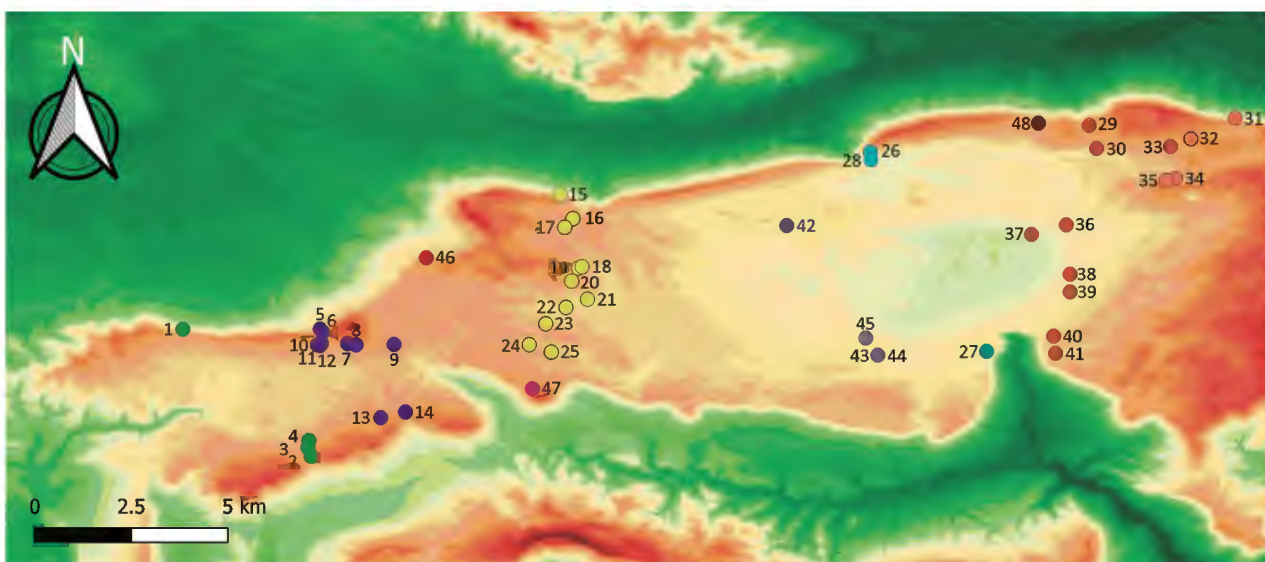
| Nombre                     | Material datado       | Ref. Lab.     | Dataciones |                                           |                                           |      | Bibliografía                                 |
|----------------------------|-----------------------|---------------|------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------|----------------------------------------------|
|                            |                       |               | BP         | cal BP                                    | cal BC                                    | %    |                                              |
| San Martín                 | Ídolo-espátula        | Beta.- 317865 | 5920±40    | 6850 - 6810<br>6800 - 6660                | 4900 - 4860<br>4850 - 4710                | -    | Fernández-Eraso <i>et al.</i> , 2015         |
|                            | Ídolo-espátula        | Beta.- 339342 | 5380±40    | 6280 - 6170<br>6160 - 6110<br>6080 - 6010 | 4330 - 4220<br>4210 - 4160<br>4130 - 4060 | -    |                                              |
|                            | Punzón                | Beta.- 339342 | 4650±30    | 5470 - 5340<br>5340 - 5319                | 3520 - 3390<br>3390 - 3369                | -    |                                              |
|                            | Hueso humano          | Beta.- 273269 | 4800±40    | 5608 - 5466<br>5348 - 5334                | 3658 - 3516<br>3398 - 3384                | -    |                                              |
|                            | Hueso humano (Fem.)   | OxA-X-2627-24 | 4896±32    | 5711 - 5587                               | 3761 - 3637                               | 95   |                                              |
|                            | Hueso humano (Masc.)  | OxA-X-2627-25 | 4806±34    | 5604 - 5472                               | 3654 - 3522                               | 95   |                                              |
|                            | Hueso humano (Indet.) | OxA-X-2627-36 | 4780±31    | 5593 - 5468                               | 3643 - 3518                               | 95   |                                              |
| La Chabola de la Hechicera | Metacarpiano humano   | Beta.- 307795 | 4940±30    | 5730 - 5600                               | 3780 - 3650                               | -    | Fernández-Eraso y Mújika-Alustiza, 2013      |
|                            | Carbones              | Beta.- 307796 | 4980±30    | 5840 - 5830<br>5750 - 5650                | 3890 - 3880<br>3800 - 3700                | -    |                                              |
| Los Llanos                 | -                     | I-15168       | 5190±140   | 6175-5755                                 | 4225-3805                                 | -    | Vegas-Aramburu, 1986 y 1987<br>Galilea, 2011 |
|                            | -                     | I-14788       | 4660±200   | 5600-5050                                 | 3650-3100                                 | -    |                                              |
|                            | -                     | I-14593       | 4090±120   | 4820-4440                                 | 2870-2490                                 | -    |                                              |
|                            | -                     | I-15195       | 4080±170   | 4850-4400                                 | 2900-2450                                 | -    |                                              |
| Otsaarte                   | Carbones              | -             | 5120±75    | 5940 - 5840<br>5830 - 5740                | 3990 - 3890<br>3880 - 3790                | 68,2 | Mujika y Edeso, 2012                         |
|                            | Carbones              | -             | 5400±50    | 6290 - 6180<br>6150 - 6120                | 4340 - 4230<br>4200 - 4170                | 68,2 |                                              |
| Igartza W                  | Carbones              | I-18214       | 5270±100   | 6190 - 6140<br>6130 - 5930                | 4240 - 4190<br>4180 - 3980                | 68,2 | Mariezcurrana, 1990                          |
| Trikuaizti I               | Carbones              | I-14099       | 5300±140   | 6270 - 6240<br>6220 - 5930                | 4320 - 4290<br>4270 - 3980                | 68,2 | Mujika y Edeso, 2012                         |

**Anexo 1.** Dataciones más antiguas de las estaciones megalíticas de la Rioja Alavesa y Goierri.

**Appendix 1.** Older datings of the megalithic stations of the Rioja Alavesa and Goierri.

## ANEXO 2

| NÚMERO | RUTA                                                    | DÓLMENES               | NÚMERO | RUTA                           | DÓLMENES                          |
|--------|---------------------------------------------------------|------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1      | Ruta 1:                                                 | San Juan               | 26     | Ruta 4:                        | Sorosgain                         |
| 2      |                                                         | Santa Teodosía I       | 27     |                                | Zurgaina                          |
| 3      |                                                         | Santa Teodosía II      | 28     |                                | Ergibil (Joakosoro)               |
| 4      |                                                         | Santa Teodosía III     | 29     | Ruta 5:                        | Santa Marina                      |
| 5      | Ruta 2: Del Puerto de Alangua al Portillo de Kortagaina | Puerto de Alangua I    | 30     |                                | Agileta                           |
| 6      |                                                         | Puerto de Alangua II   | 31     |                                | Etxarriko Portugaine              |
| 7      |                                                         | Arrigorrista I         | 32     |                                | Bekosare                          |
| 8      |                                                         | Arrigorrista II        | 33     |                                | Arceiturrita                      |
| 9      |                                                         | Larragorri             | 34     |                                | Obas 1                            |
| 10     |                                                         | Gaztelamendi II        | 35     |                                | Obas 2                            |
| 11     |                                                         | Gaztelamendi           | 36     |                                | Armoroka Haundi                   |
| 12     |                                                         | Gaztelamendi N         | 37     |                                | Armoroka Txikia                   |
| 13     |                                                         | Kapitarte II           | 38     |                                | La Cañada                         |
| 14     |                                                         | Portillo de Kortagaina | 39     |                                | Artekosaro                        |
| 15     | Ruta 3:                                                 | Portillo de Akarte     | 40     | Zona vacía entre la Ruta 3 y 4 | Puerto Viejo de Baquedano 1       |
| 16     |                                                         | Legaire N              | 41     |                                | Puerto Viejo de Baquedano 2       |
| 17     |                                                         | Legaire S              | 42     |                                | Larreandi                         |
| 18     |                                                         | Larrazabal N           | 43     | -                              | Arantzadua 1                      |
| 19     |                                                         | Larrazabal S           | 44     |                                | Arantzadua 2                      |
| 20     |                                                         | Itaida N               | 45     |                                | Portillo de Las Majadas de Eulate |
| 21     |                                                         | Itaida S               | 46     | -                              | Peña Roja                         |
| 22     |                                                         | Arrodantza             | 47     | -                              | Morube                            |
| 23     |                                                         | Larrazabal III         | 48     | -                              | Gaasta                            |
| 24     |                                                         | Igurita                |        |                                |                                   |
| 25     |                                                         | Zulanzo                |        |                                |                                   |



Anexo 2. Mapa de los dólmenes tenidos en cuenta.

Appendix 2. Map of the dolmens that we keep in mind.

## ANEXO 3

| ZONA NORTE             |                             |      | ZONA SUR                       |                             |      |
|------------------------|-----------------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|------|
| Puerto de San Juan     | San Juan                    | 1030 | Puerto de San Vicente de Arana | Santa Teodosia I            | 1046 |
| Puerto de Alangua      | Puerto de Alangua I         | 1072 |                                | Santa Teodosia II           | 1042 |
|                        | Puerto de Alangua II        | 1063 |                                | Santa Teodosia III          | 1034 |
|                        | Gastalamendi II             | 1025 | Puerto de Kapitarte            | Kapitarte I                 | 1103 |
|                        | Gastalamendi                | 1038 |                                | Kapitarte II                | 969  |
|                        | Gaztelamendi N              | 1049 | Puerto de Kortagaina           | Portillo de Kortagaina      | 1108 |
| Puerto de Ocariz       | Peña Roja                   | 1060 |                                | Morube                      | 1092 |
|                        | Atau I (menhir)             | 1107 | Puerto de Urbasa               | Zurgaina                    | 925  |
|                        | Atau II (menhir)            | 1109 |                                | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 975  |
|                        | Portillo de Akarte          | 1055 |                                | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 975  |
|                        | Akarte (menhir)             | 1021 |                                | Aseki                       | 995  |
|                        | Portillo de Akarte (menhir) | 1016 |                                |                             |      |
| Puerto de Olazagutia   | Sorosgain (Olaztiko Portua) | 888  |                                |                             |      |
|                        | Ergibil                     | 915  |                                |                             |      |
|                        | Gaasta                      | 1021 |                                |                             |      |
| Puerto de Santa Marina | Santa Marina                | 1039 |                                |                             |      |
| Puerto de Echarri      | Etxarriko Portugaño 1       | 1056 |                                |                             |      |
|                        | Etxarriko Portugaño 2       | 1044 |                                |                             |      |

**Anexo 3.** Tabla que refleja las alturas (en m s. n. m.) de los Dólmenes del límite norte y sur de las Sierras de Entzia y Urbasa.

**Appendix 3.** Table that shows the heights (in MSL.) of the Dolmens of the northern and southern boundary of the Sierras de Entzia and Urbasa.



## ANEXO 4:

**Anexo 4a.** Tabla de distancias en metros de los dólmenes entre sí por las diferentes rutas.  
**Appendix 4a.** Table of distances in meters of the dolmens to each other by the different routes..

| DE PUERTO DE SAN JUAN A SANTA TEODOSIA |                    |           |                   |                    |           |
|----------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|--------------------|-----------|
| Dolmen 1                               | Dolmen 2           | Distancia | Dolmen 1          | Dolmen 2           | Distancia |
| San Juan                               | Santa Teodosia I   | 5533,055  | Santa Teodosia I  | Santa Teodosia II  | 316,352   |
|                                        | Santa Teodosia II  | 5223,014  |                   | Santa Teodosia III | 550,622   |
|                                        | Santa Teodosia III | 5097,376  | Santa Teodosia II | Santa Teodosia III | 237,65    |

| DEL P. DE ALANGUA AL P. DE KORTAGAINA |                      |           |                 |                      |           |
|---------------------------------------|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-----------|
| Dolmen 1                              | Dolmen 2             | Distancia | Dolmen 1        | Dolmen 2             | Distancia |
| Puerto de Alangua I                   | Puerto de Alangua II | 114,158   | Gaztelamendi    | Gaztelamendi N       | 80,458    |
|                                       | Gaztelamendi II      | 552,32    |                 | Arrigorrista I       | 712,745   |
|                                       | Gaztelamendi         | 571,4     |                 | Arrigorrista II      | 937,421   |
|                                       | Gaztelamendi N       | 502,195   |                 | Larragorri           | 1920,726  |
|                                       | Arrigorrista I       | 865,546   |                 | Kapitarte            | 2948,374  |
|                                       | Arrigorrista II      | 1080,955  |                 | Puerto de Kortagaina | 3187,397  |
|                                       | Larragorri           | 1986,773  | Gaztelamendi N  | Arrigorrista I       | 675,13    |
|                                       | Kapitarte            | 3444,319  |                 | Arrigorrista II      | 904,048   |
|                                       | Puerto de Kortagaina | 3619,483  |                 | Larragorri           | 1885,901  |
| Puerto de Alangua II                  | Gaztelamendi II      | 469,729   |                 | Kapitarte            | 2987,744  |
|                                       | Gaztelamendi         | 484,864   | Arrigorrista I  | Puerto de Kortagaina | 3212,97   |
|                                       | Gaztelamendi N       | 403,729   |                 | Arrigorrista II      | 231,831   |
|                                       | Arrigorrista I       | 762,653   |                 | Larragorri           | 1210,789  |
|                                       | Arrigorrista II      | 982,212   |                 | Kapitarte            | 2700,27   |
|                                       | Larragorri           | 1903,923  | Arrigorrista II | Puerto de Kortagaina | 2798,351  |
|                                       | Kapitarte            | 3329,357  |                 | Larragorri           | 983,305   |
|                                       | Puerto de Kortagaina | 3504,679  |                 | Kapitarte            | 2596,519  |
| Gaztelamendi II                       | Gaztelamendi         | 67,302    | Larragorri      | Puerto de Kortagaina | 2646,912  |
|                                       | Gaztelamendi N       | 109,31    |                 | Kapitarte            | 2564,339  |
|                                       | Arrigorrista I       | 773,911   |                 | Puerto de Kortagaina | 2360,019  |
|                                       | Arrigorrista II      | 1000,245  | Kapitarte       | Puerto de Kortagaina | 668,154   |
|                                       | Larragorri           | 1983,404  |                 |                      |           |
|                                       | Kapitarte            | 3000,51   |                 |                      |           |
|                                       | Puerto de Kortagaina | 3247,164  |                 |                      |           |

| DEL PUERTO DE AKARTE AL PUERTO DE LARRAONA |                |           |                |                |           |
|--------------------------------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|-----------|
| Dolmen 1                                   | Dolmen 2       | Distancia | Dolmen 1       | Dolmen 2       | Distancia |
| Portillo de Akarte                         | Legaire N      | 875,471   | Igurita        | Larrazabal N   | 102,165   |
|                                            | Legaire S      | 1127,617  |                | Larrazabal S   | 563,594   |
|                                            | Igurita        | 2548,604  |                | Larrazabal III | 1130,72   |
|                                            | Larrazabal N   | 2575,275  |                | Itaida N       | 1463,728  |
|                                            | Larrazabal S   | 3001,222  |                | Itaida S       | 2182,877  |
|                                            | Larrazabal III | 3676,707  |                | Zulanzo        | 3039,259  |
|                                            | Itaida N       | 3884,503  |                | Arrodantza     | 3062,67   |
|                                            | Itaida S       | 4473,183  |                | Morube         | 4421,074  |
|                                            | Zulanzo        | 5262,71   |                | Larrazabal S   | 485,171   |
|                                            | Arrodantza     | 5448,645  |                | Larrazabal III | 1109,222  |
|                                            | Morube         | 6756,379  |                | Itaida N       | 1402,558  |
|                                            |                |           |                | Itaida S       | 2109,029  |
| Legaire N                                  | Legaire S      | 368,438   | Larrazabal N   | Zulanzo        | 2963,484  |
|                                            | Igurita        | 1692,633  |                | Arrodantza     | 3002,454  |
|                                            | Larrazabal N   | 1719,579  |                | Morube         | 4352,207  |
|                                            | Larrazabal S   | 2168,604  |                | Larrazabal III | 752,768   |
|                                            | Larrazabal III | 2830,75   | Larrazabal S   | Itaida N       | 2109,029  |
|                                            | Itaida N       | 3083,314  |                | Itaida S       | 1620,768  |
|                                            | Itaida S       | 3712,881  |                | Zulanzo        | 2469,414  |
|                                            | Zulanzo        | 4530,374  |                | Arrodantza     | 2511,854  |
|                                            | Arrodantza     | 4663,984  |                | Morube         | 3866,042  |
|                                            | Morube         | 5991,103  |                | Itaida N       | 620,502   |
| Legaire S                                  | Igurita        | 1436,751  | Larrazabal III | Itaida S       | 1371,725  |
|                                            | Larrazabal N   | 1458,376  |                | Zulanzo        | 2192,381  |
|                                            | Larrazabal S   | 1877,382  |                | Arrodantza     | 2060,537  |
|                                            | Larrazabal III | 2566,583  |                | Morube         | 3421,27   |
|                                            | Itaida N       | 2774,127  | Itaida N       | Itaida S       | 770,65    |
|                                            | Itaida S       | 3377,626  |                | Zulanzo        | 1618,928  |
|                                            | Zulanzo        | 4184,044  |                | Arrodantza     | 1599,913  |
|                                            | Arrodantza     | 4337,688  |                | Morube         | 2966,255  |
|                                            | Morube         | 5657,521  | Itaida S       | Zulanzo        | 856,509   |
|                                            |                |           |                | Arrodantza     | 995,439   |
|                                            |                |           |                | Morube         | 2287,393  |
|                                            |                |           | Zulanzo        | Arrodantza     | 620,483   |
|                                            |                |           | Arrodantza     | Morube         | 1518,329  |
|                                            |                |           |                |                | 1361,423  |
|                                            |                |           |                |                |           |

| DOLMENES DE LA ZONA VACÍA         |                                   |           |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Dolmen 1                          | Dolmen 2                          | Distancia |
| Larreandi                         | Portillo de Las Majadas de Eulate | 4413,39   |
|                                   | Arantzaduia 1                     | 5083,51   |
|                                   | Arantzaduia 2                     | 5096,74   |
| Portillo de Las Majadas de Eulate | Arantzaduia 1                     | 667,26    |
|                                   | Arantzaduia 2                     | 677,92    |
| Arantzaduia 1                     | Arantzaduia 2                     | 10,19     |

| CAMINO DEL PUERTO DE OLAZAGUTIA |                     |           |
|---------------------------------|---------------------|-----------|
| Dolmen 1                        | Dolmen 2            | Distancia |
| Sorosgain                       | Ergibil (Joakosoro) | 264,834   |
|                                 | Zurgaina            | 7518,943  |
| Ergibil (Joakosoro)             | Zurgaina            | 7260,626  |

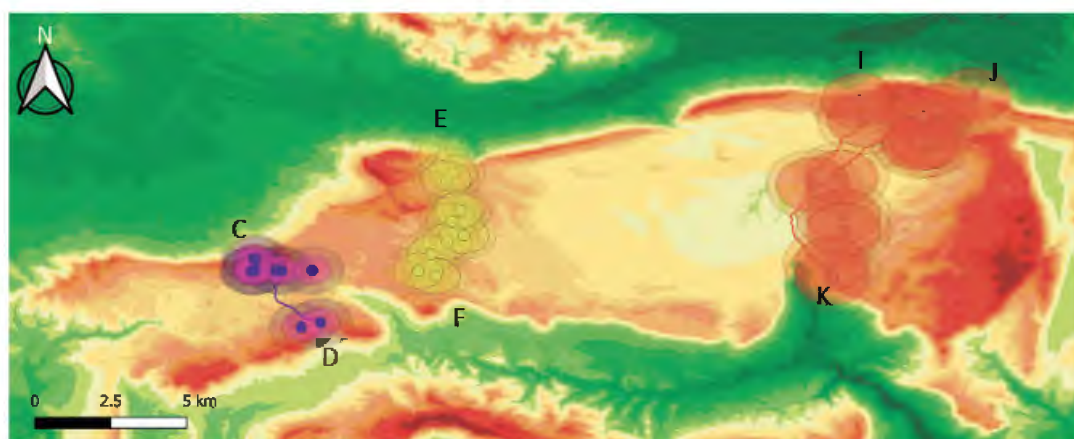
| DEL P. SANTA MARINA Y ETXARRI AL P. VIEJO DE BAQUEDANO |          |                             |           |                             |                             |                  |
|--------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| Parte                                                  | Dolmen 1 | Dolmen 2                    | Distancia | Dolmen 1                    | Dolmen 2                    | Distancia        |
| Occidental                                             | Gaasta   | Santa Marina                | 1297,90   | Santa Marina                | Agileta                     | 837,92           |
|                                                        |          | Agileta                     | 1731,67   |                             | Armorkora Haundi            | 3507,29          |
|                                                        |          | Armorkora Haundi            | 3595,92   |                             | Armorkora Txikia            | 4065,77          |
|                                                        |          | Armorkora Txikia            | 3859,04   |                             | La Cañada                   | 5200,94          |
|                                                        |          | La Cañada                   | 5302,51   |                             | Artekosaro                  | 5813,76          |
|                                                        |          | Artekosaro                  | 5915,26   |                             | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 7391,31          |
|                                                        |          | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 7411,65   |                             | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 7978,28          |
|                                                        |          | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 8007,29   |                             | Agileta                     | Armorkora Haundi |
|                                                        |          |                             |           | Armorkora Txikia            |                             | 3410,35          |
|                                                        |          |                             |           | La Cañada                   |                             | 4416,91          |
|                                                        |          |                             |           | Artekosaro                  |                             | 5024,69          |
|                                                        |          |                             |           | Puerto Viejo de Baquedano 1 |                             | 6612,85          |
|                                                        |          |                             |           | Puerto Viejo de Baquedano 2 |                             | 7195,08          |

|          |                      |                             |         |              |                             |                             |
|----------|----------------------|-----------------------------|---------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Oriental | Etxarriko Portugaine | Bekosare                    | 1335,41 | Arceiturrita | Obas 1                      | 1130,89                     |
|          |                      | Arceiturrita                | 1929,98 |              | Obas 2                      | 1171,53                     |
|          |                      | Obas 1                      | 2597,92 |              | Armorkora Haundi            | 3818,36                     |
|          |                      | Obas 2                      | 2772,27 |              | Armorkora Txikia            | 4698,03                     |
|          |                      | Armorkora Haundi            | 5704,26 |              | La Cañada                   | 5139,55                     |
|          |                      | Armorkora Txikia            | 6606,56 |              | Artekosaro                  | 5672,16                     |
|          |                      | La Cañada                   | 6887,44 |              | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 7243,87                     |
|          |                      | Artekosaro                  | 7371,42 |              | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 7776,13                     |
|          |                      | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 8890,27 |              | Obas 2                      | 231,14                      |
|          |                      | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 9384,95 |              | Armorkora Haundi            | 3235,73                     |
|          | Bekosare             | Arceiturrita                | 596,51  | Obas 1       | Armorkora Txikia            | 4177,48                     |
|          |                      | Obas 1                      | 1445,70 |              | La Cañada                   | 4292,27                     |
|          |                      | Obas 2                      | 1565,12 |              | Artekosaro                  | 4774,11                     |
|          |                      | Armorkora Haundi            | 4387,01 |              | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 6303,78                     |
|          |                      | Armorkora Txikia            | 5278,80 |              | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 6810,84                     |
|          |                      | La Cañada                   | 5648,31 |              | Armorkora Haundi            | 3017,23                     |
|          |                      | Artekosaro                  | 6162,05 |              | Armorkora Txikia            | 3956,17                     |
|          |                      | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 7716,08 |              | La Cañada                   | 4116,11                     |
|          |                      | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 8234,84 |              | Artekosaro                  | 4611,27                     |
|          |                      |                             |         |              |                             | Puerto Viejo de Baquedano 1 |
|          |                      |                             |         |              | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 6670,37                     |



|           |                  |                             |         |                             |                             |         |
|-----------|------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| Parte sur | Armorkora Haundi | Armorkora Txikia            | 950,88  | La Cañada                   | Artekosaro                  | 617,00  |
|           |                  | La Cañada                   | 1720,10 |                             | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 2196,49 |
|           |                  | Artekosaro                  | 2337,00 |                             | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 2778,65 |
|           |                  | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 3890,47 | Artekosaro                  | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 1598,58 |
|           |                  | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 4481,20 |                             | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 2171,88 |
|           | Armorkora Txikia | La Cañada                   | 1694,77 | Puerto Viejo de Baquedano 1 | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 595,64  |
|           |                  | Artekosaro                  | 2235,28 |                             |                             |         |
|           |                  | Puerto Viejo de Baquedano 1 | 3591,64 |                             |                             |         |
|           |                  | Puerto Viejo de Baquedano 2 | 4184,50 |                             |                             |         |

## ANEXO 5



- A) Puerto de Alangua
- B) Portillo de Kortagaina
- C) Portillo de Akarte
- D) Puerto de Larraona
- E) Santa Marina
- F) Etxarriko Portugaine
- G) Puerto Viejo de Baquedano

- Del Puerto de Alangua a Portillo de Kortagaina (Ruta 2)
- Buffer (Ruta 2) (Distancia media entre dolmenes)
- Buffer (Ruta 2) (Distancia media entre agrupaciones)
- Ruta Óptima (Ruta 2)
- Del Portillo de Akarte a Larraona (Ruta 3)
- Buffer (Ruta 3) (Distancia media entre dolmenes)
- Buffer (Ruta 3) (Distancia media entre agrupaciones)
- Ruta Óptima (Ruta 3)
- De Santa Marina y Etxarriko Portugaine a Puerto Viejo de Baquedano
- Buffer (Ruta 5) (Distancia media entre dolmenes)
- Buffer (Ruta 5) (Distancia media entre agrupaciones)
- Ruta Óptima (Ruta 5)

**Anexo 5.** Áreas de Influencia en la Sierra de Entzia y Urbasa.

**Appendix 5.** Areas of influence in the Sierra de Entzia and Urbasa.



# Análisis de las estructuras visibles del yacimiento arqueológico de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia): aportación de las imágenes LIDAR

## An analysis of the visible structures of the archaeological site of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay): Contributions of the LIDAR images

**PALABRAS CLAVES:** Hierro II, muralla, poblado fortificado, sistema defensivo.

**KEY WORDS:** defensive system, hillfort, Iron II, Wall.

JAGOBA HIDALGO MASA<sup>(1)</sup>

### RESUMEN

El yacimiento arqueológico de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia) ocupa un espacio sumamente estratégico sobre la ribera del río Ibaizabal. Ello, unido a las sinuosas líneas que se observan en las imágenes LIDAR, nos hacen pensar en la posible existencia de un espacio de gran potencial arqueológico, que sin embargo, a día de hoy, está por investigar. Este análisis trata de poner algo de luz sobre este enclave, definiendo mediante las herramientas SIG las posibles estructuras que allí se encuentran, centrándonos en la más que probable ocupación de la Edad del Hierro.

### ABSTRACT

The archaeological site of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay) occupies a highly strategic spot over Ibaizabal river's bank. This, together with the sinuous lines observed in the images provided by the LIDAR, makes us think about the possible presence of a location with a huge archaeological value that, nevertheless, remains nowadays to be investigated. This analysis attempts to put some light on this enclave, by defining the possible structures found there with the GIS tools, focusing on its rather probable occupation during the Iron Age.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La Edad del Hierro es un periodo que comprende la mayor parte del primer milenio a. C., desde el siglo VIII a. C. hasta el siglo I a. C. Esta época supuso un crecimiento exponencial de la producción agrícola especialmente en el Hierro II (siglos V-II a. C.) y fundamentada en los cambios tecnológicos del Hierro I (siglos VIII-V a. C). Ello derivó, entre otros factores, en el paso de una economía de subsistencia a una economía de desarrollo (TORRES-MARTÍNEZ, 2011). De esta forma, estas sociedades quedaron ligadas a la tierra, completando así una plena sedentarización (MAYA, 1998). Debido a los nuevos sistemas productivos implantados se produjo una reorganización del espacio y de los asentamientos, elementos clave para entender el poblamiento y estructuración de las sociedades venideras.

Durante la Edad del Hierro el paisaje estaba dominado por poblados fortificados o castros que se ubicaban en media montaña, con un fin defensivo y de control del espacio adyacente. En muchos casos las murallas se convirtieron en la principal característica de estos asentamientos, así como en la principal señal en el paisaje (TORRES-MARTÍNEZ *et al.*, 2016). Ahora bien, ¿por qué se generalizaron y extendieron los sistemas defensivos? Atendiendo a diversos autores, se interpreta la aparición de la fortificación como respuesta de estos grupos a ciertos cambios, aunque el consenso se rompe a la hora de explicar la importancia de los distintos factores que determinan esos cambios. El aumento productivo, unido a una necesidad de control de los recursos estratégicos, pudo alumbrar unas sociedades con un nivel de violencia elevado, lo que pudo hacer mutar el poblamiento, dotándolo de estructuras defensivas y de control del medio. Asimismo, no pueden obviarse factores tales como la

<sup>(1)</sup> Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

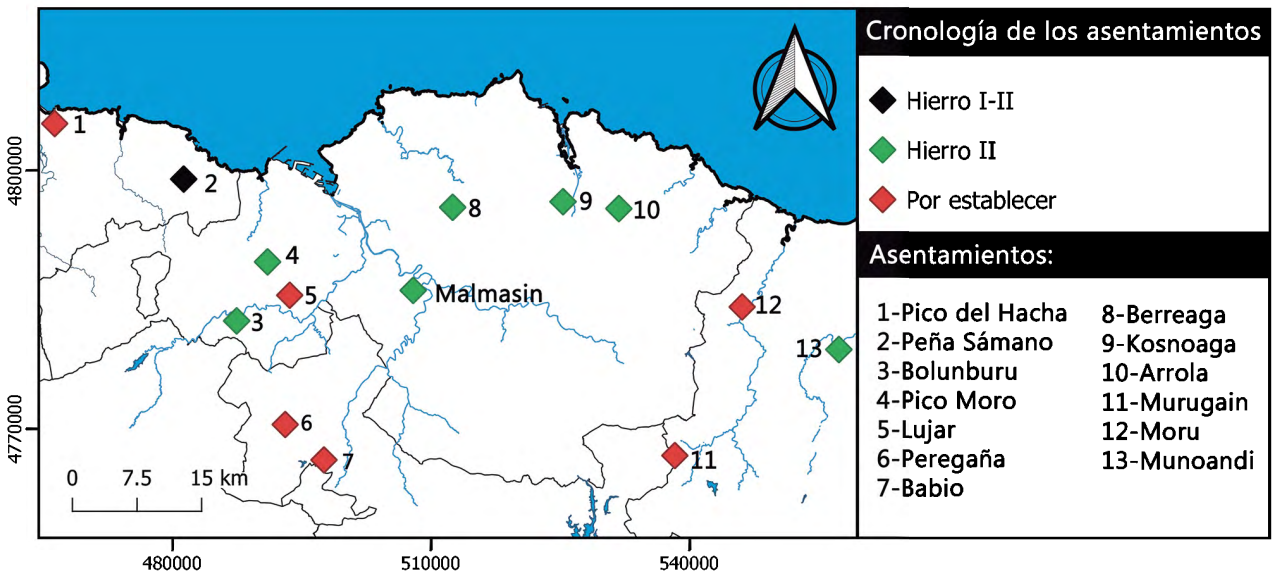
**Directores.** Naroa García Ibaibarriaga y Juan José Cepeda Ocampo. Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.



simbología del poder (construido alrededor de las murallas; ARMENDÁRIZ, 2008) o la adaptación de las elites a las nuevas condiciones materiales, con el fin de mantener su estatus (AYÁN, 2013).

En definitiva, estos y otros factores que intervienen en los cambios más notables de esta época dan cuenta de una realidad muy compleja y heterogénea de la que cada vez vamos conociendo más datos. De estas realidades dispares nacería el poblamiento fortificado característico de la Edad del Hierro, que estaría marcado por la adaptabilidad y flexibilidad a los diferentes condicionantes locales (TORRES-MARTÍNEZ *et al.*, 2016): orografía, demografía, simbología del poder, capacidad productora, etc. Así, en la medida en la que se transformaron estas condiciones materiales los poblados fueron mutando, dando lugar durante el Hierro II a la aparición de los *oppida*. Estos serán los nuevos centros que articulen el paisaje del Hierro II, centros de la economía local cuyas defensas muchas veces excederán la necesidad de protección, dotando a la muralla de un significado simbólico que busca destacar el dominio sobre el entorno y sus recursos (ARMENDÁRIZ, 2008).

En este contexto, se desarrolló una red, más o menos tupida, de poblados fortificados que conformarán el poblamiento típico de la época junto con otros asentamientos de menor impacto en el paisaje. Esta red también se tejió en el territorio geográfico de Bizkaia, al igual que en los territorios adyacentes, con al menos siete poblados conocidos, tal y como muestra la Figura 1. No obstante, hay que señalar que el conocimiento que tenemos de esta realidad arqueológica es muy desigual. Si bien disponemos de bastantes datos para reconocer la distribución del poblamiento durante el Hierro II, aún es poco lo que sabemos del origen de este en el Hierro I (Fig. 1).



**Figura 1.** Cronología de los poblados fortificados de Bizkaia y su entorno.  
**Figure 1.** Chronology of the hillforts of Biscay and its surroundings.

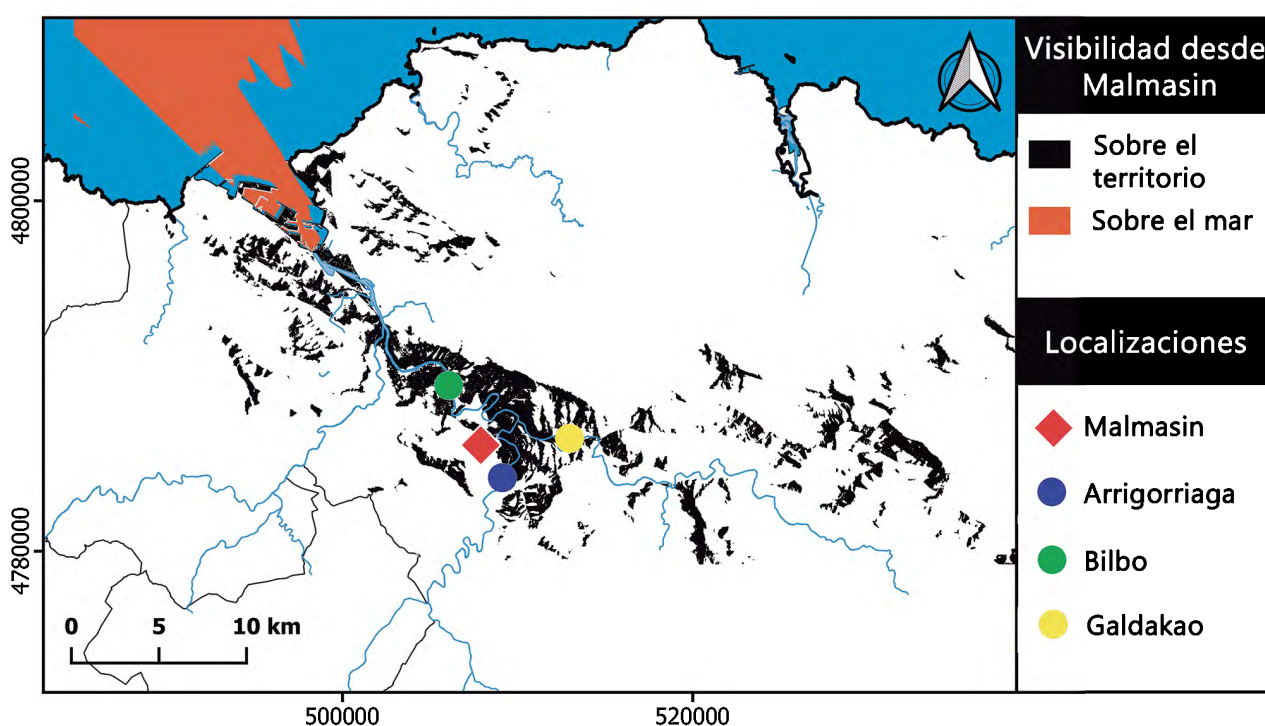
Malmasin es uno de los poblados fortificados de la segunda Edad del Hierro conocidos en Bizkaia, como apuntan varios autores (OLAETXEA *et al.*, 1990; GARCÍA, 1996; LLANOS *et al.*, 2009). Sin embargo, su asignación cronológica concreta sigue sin resolverse. Este trabajo busca clasificar las distintas fases de ocupación y las estructuras visibles del yacimiento mediante el uso de herramientas SIG, así como analizar qué repercusión tuvieron las diferentes ocupaciones en el tiempo sobre el castro.

## 2.- EL POBLADO DE MALMASIN

El yacimiento de Malmasin está situado en el término municipal de Arrigorriaga, y toma su nombre de la cima en la que se ubica, a unos 360 metros sobre el nivel del mar. La cumbre se encuentra en el anticlinal de Bizkaia, formación geológica que se desarrolla de NO-SE desde los montes Pagasarri-Ganekogorta (Bizkaia), hasta los montes del entorno del parque natural del Gorbea (Araba).

Malmasin es un entorno geológico de margas y areniscas del Cretácico (CARRERAS *et al.*, 1979), actualmente ocupado por la maleza que ha llegado a crear un tupido manto vegetal homogéneo. Además, varios incendios acaecidos en la década de 1980 empeoraron las condiciones del sitio, siendo el estado actual de abandono parcial.

El poblado de Malmasin se ubica en la confluencia del valle del Nervión con el valle del Ibaizabal, en una zona en la que no existen impedimentos visuales directos, por lo que la cima posee un campo de visión amplio sobre estos dos cauces. De esta manera, se tiene un buen control visual desde el yacimiento hasta Galdakao hacia el SE (valle del Ibaizabal) y hasta Arrigorriaga al S (valle del Nervión). Asimismo, el yacimiento posee una gran visibilidad sobre la desembocadura del río Ibaizabal, desde Bilbo hasta el mar (Fig. 2). Por todo ello, es posible afirmar que el poblado se localiza en una posición sumamente estratégica, característica que pudo influir su ocupación en épocas posteriores (como, el posible castillo medieval ubicado en el entorno).



**Figura 2.** Campo visual desde Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).  
**Figure 2.** Malmasin's (Arrigorriaga, Biscay) field visibility.

A día de hoy, el reconocimiento más firme del potencial arqueológico de Malmasin procede del ámbito administrativo, y se materializa en forma de calificación de “zona de presunción arqueológica” (recogida en el nº 102 del BOPV de mayo de 1997). Esta medida se tomó a raíz del hallazgo de dos piezas de molino rotatorio (FULDAIN, 2002) halladas en Malmasin durante varias prospecciones oculares, así como debido a las propias estructuras apreciables a simple vista. Sin embargo, nunca se han realizado trabajos de excavación en la zona, por lo que solo disponemos de menciones más o menos breves del yacimiento (OLAETXEA *et al.*, 1990; GARCÍA, 1996; QUIRÓS, 2011).

### 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

El objeto de estudio de este análisis son las estructuras, o los restos de ellas, que aún se conservan en Malmasin, y su comparación con otras identificadas en Bizkaia. En muchos casos estos otros asentamientos han sido objeto de intervención, como es el caso de Arrola (UNZUETA, 2015) o Bolunburu (CEPEDA, 2013), por lo que disponen de cierto fondo bibliográfico. En el caso de Malmasin,



ante la falta de trabajos arqueológicos, se aplicarán las herramientas SIG habituales en el estudio de yacimientos arqueológicos, definidas en obras como la de Parcero-Oubiña y Fraga (2006).

La base de este análisis son los diferentes mapas desarrollados, que plasman las conclusiones obtenidas de las distintas herramientas e imágenes SIG, así como la representación esquemática de las diversas estructuras. Todos estos documentos gráficos han sido realizados a partir de las ortofotos, imágenes LIDAR y los MDT obtenidos de GeoEuskadi y del Instituto Geográfico Nacional, que posteriormente han sido tratados a partir del software libre Qgis. Algunos MDT se han tratado con el programa RVT para obtener una mayor resolución en las imágenes LIDAR.

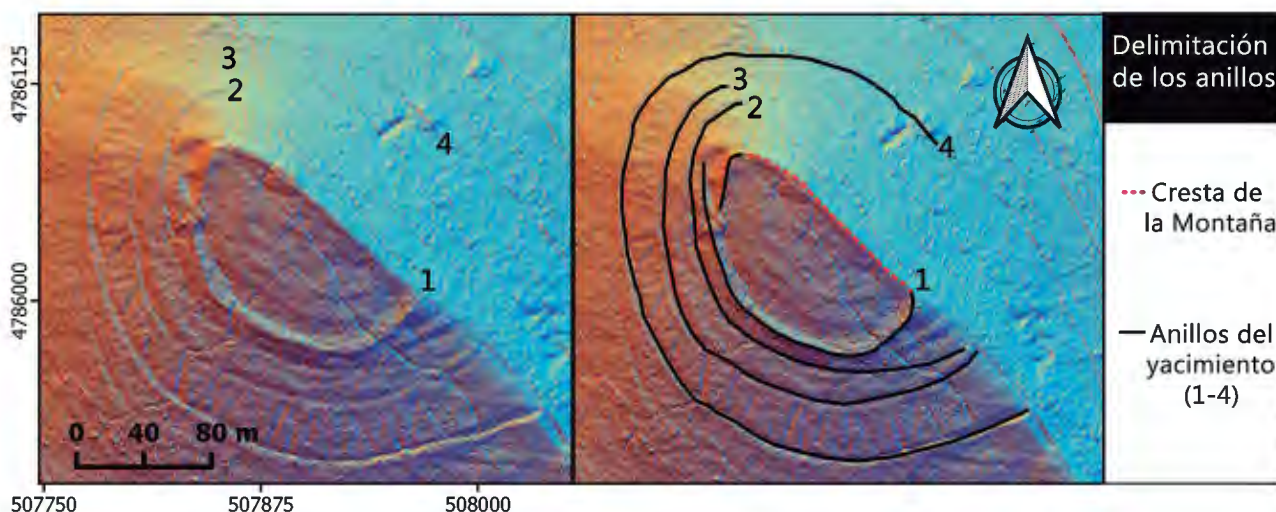
Una vez desarrollados los mapas básicos se valoró la opción de una pequeña intervención, que descartamos por su inviabilidad (debido a los plazos de los permisos administrativos y particulares, así como al gran número de horas que supondría la deforestación de ciertas zonas para su excavación). Las condiciones del terreno también pusieron bajo relieve la inviabilidad de desarrollar un cartografiado con sistemas GPRS, ya que algunas zonas resultan inaccesibles. Aun así, se han llevado a cabo diferentes prospecciones oculares con el fin de obtener material gráfico y ratificar *in situ* algunas de las conclusiones elaboradas a partir de los sistemas SIG.

Como se ha mencionado anteriormente, la comparación de los resultados será pieza fundamental del trabajo. De esta forma, los trabajos de Olaetxea *et al.* (1990) y Cepeda *et al.* (2009), obras clave sobre estos poblados del Hierro en Bizkaia, resultan imprescindibles para efectuar una óptima comparación con Malmasin. A su vez, los trabajos de García-Camino (2002) o Vargas (2015) serán el pilar fundamental para indagar en la posible influencia que pudieron tener las ocupaciones venideras en el castro (en particular el posible castillo medieval y las trincheras de la Guerra Civil). Por último, se desarrollará un pequeño análisis de las piezas de molino rotatorio halladas en Malmasin.

#### 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los restos de las estructuras de Malmasin, apreciables tanto en las ortofotos como desde los montes adyacentes (Anexo 1), están compuestos por cuatro trazados que denominaremos anillos y que encierran parcialmente la cima en su ladera S y parte del extremo NO (Fig. 3).

Los anillos tienen un trazado abierto (no se enlazan los extremos) y están delimitados por la cresta de la montaña (Fig. 3), exceptuando el Anillo 4. Además, se disponen casi en paralelo en la ladera S y desarrollan un trazado nítido, salvo el Anillo 1 (que guarda ciertas peculiaridades en las que profundizaremos más adelante). Las dimensiones de los trazados de estas estructuras son muy heterogéneas (Tabla 1) y a falta de una intervención directa, no podemos aportar más datos, pues ni el estudio de las imágenes aéreas, ni el estudio *in situ*, aportan datos concluyentes.



**Figura 3.** Anillos 1-4 de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).

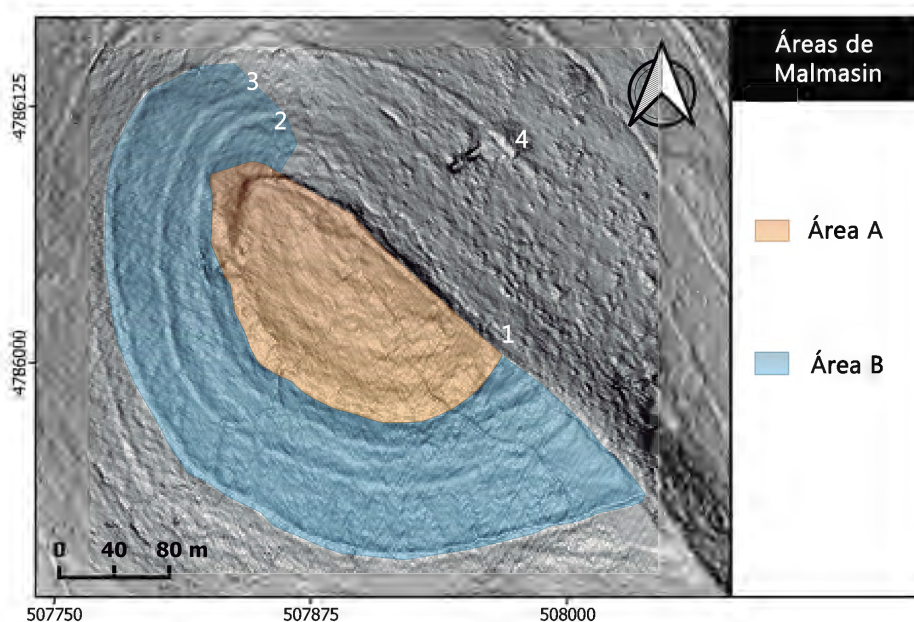
**Figure 3.** Malmasin's (Arrigorriaga, Biscay) rings (1-4).



|                         | Anillo 1 | Anillo 2 | Anillo 3 | Anillo 4 |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Dimensiones del trazado | 276m     | 316m     | 365m     | 618m     |

**Tabla 1.** Dimensiones de los trazados de los anillos.**Table 1.** Measures of rings routes.

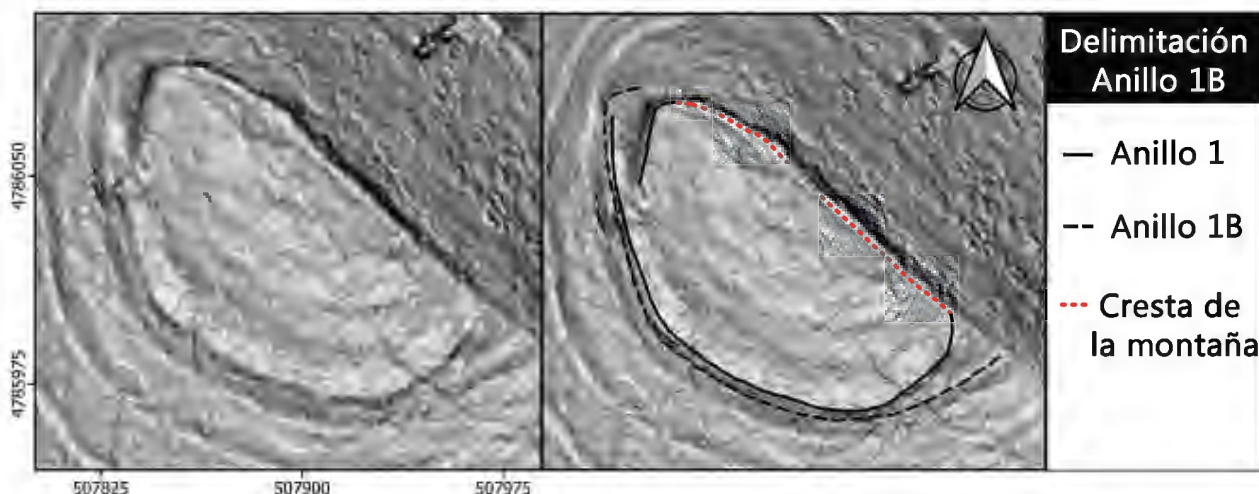
También existen diferencias tipológicas entre los anillos. Así, podemos diferenciar estructuras en alzado (Anillo 1) y estructuras negativas (Anillos 2, 3 y 4), como se observa en el Anexo 2. A su vez, estos anillos encierran un espacio que clasificaremos en áreas (Fig. 4): Área A (definida por el alzado de su anillo) y Área B (anillos roturados en el lecho de la montaña). Las características de las estructuras de estas dos áreas dan pistas de las funciones que pudo desempeñar cada espacio. Así, el alzado del Área A puede relacionarse con un muro o muralla, mientras que las unidades negativas del Área B se asemejan más a un foso o trinchera. Es decir, podemos suponer que el poblado se ubicaría en el Área A, delimitada por su muralla, como ocurre en Arrola o Bolunburu (CEPEDA, 2013).

**Figura 4.** Áreas y anillos en Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).**Figure 4.** Areas and rings in Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).

Si bien la posible muralla del poblado (Anillo 1) es fácilmente identificable, sus extremos NO y SE plantean ciertas problemáticas. En el extremo NO las imágenes LIDAR muestran una discontinuidad en el trazado, delimitado por el lienzo principal de la muralla y por otro pequeño lienzo que esquivo al principal y flanquea el último tramo desprotegido hasta la cresta de la montaña (Fig. 5). Estos trazados esquivos o brazos crean el único corredor entre el Área A y B, siendo este corredor la única vía de entrada al poblado. Además, el desnivel en este punto es notable, lo que serviría de protección a esta posible puerta. Por todo ello puede afirmarse que la entrada al recinto se sitúa en este extremo NO.

Por otro lado, la interpretación del extremo SE se torna compleja debido a la duplicidad de trazados existentes en este punto hasta la cresta de la cima (Fig. 5). Con el fin de esclarecer esto, se realizó un análisis in situ, lo que permitió localizar un foso o trinchera que discurre por el trazado de la muralla (Anexo 2). Este trazado, que se confunde con el del Anillo 1, supone un quinto anillo y explica el doble trazado del Anillo 1 en el extremo SE (Fig. 5). Llamaremos a este quinto anillo Anillo 1B (Fig. 5) por su relación con la muralla (Anillo 1).

Aunque la composición de la muralla está por definir en una excavación, se puede anticipar que está compuesta por un lienzo de piedra que posiblemente apunte un paquete de tierra y quizá piedra, tal y como hacen pensar los derrumbes circundantes (Anexo 3). Aunque faltan las evidencias de la cara interna, este tipo de construcción se asemeja al tipo 3 (Anexo 4) de composición de las murallas definido por A. Llanos para la Edad del Hierro en la región (LLANOS, 1974).



**Figura 5.** Delimitación del Anillo 1B de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).

**Figure 5.** Delimitation of the 1B ring of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).

Como se ha mencionado anteriormente, los anillos tienen un trazado abierto, delimitado en su extremo N por la cresta de la montaña (Anexo 5). Si tenemos en cuenta el importante desnivel de esta ladera N (Anexo 6) la cresta pudo hacer las veces de parapeto natural, quizá reforzado con alguna pequeña empalizada como ocurre en otros poblados. Es decir, que el poblado habría desarrollado tanto defensas artificiales, como naturales, demostrando una gran flexibilidad y adaptabilidad al medio, factor característico de los poblados fortificados de la Edad del Hierro (TORRES-MARTÍNEZ *et al.*, 2016).

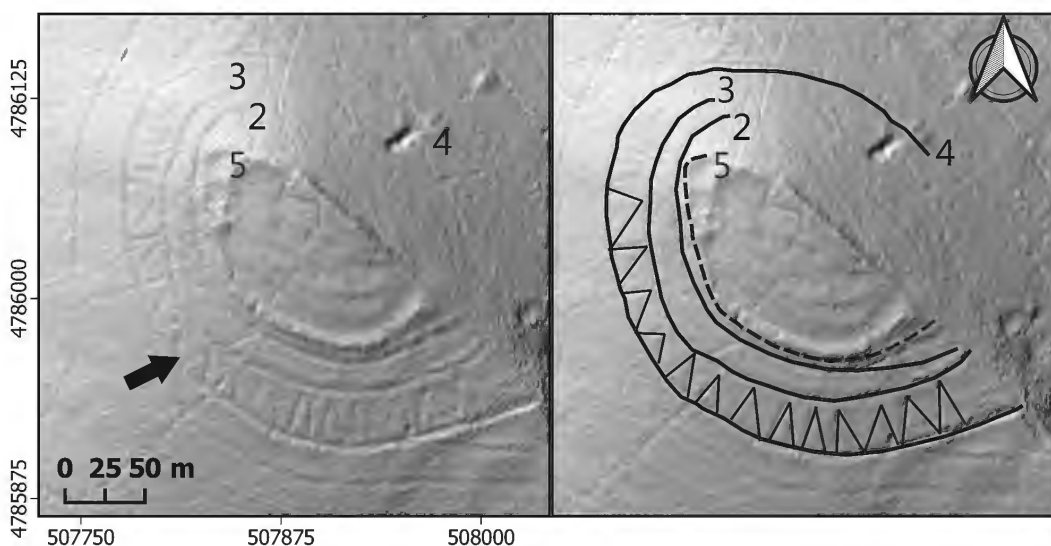
Ahora bien, si el poblado se ubica en el Área A delimitado por defensas artificiales y naturales ¿qué relación guardaría éste con el Área B? Aunque la respuesta más verosímil nos hace pensar en un posible sistema defensivo que protegería el poblado, algunos autores que han definido las características de los poblados fortificados en el Cantábrico Oriental apuntan a la existencia de sistemas defensivos simples que en muchos casos carecen de foso (TORRES-MARTÍNEZ *et al.*, 2016), lo que descartaría esta opción. Además, los anillos del Área B y el Anillo 1B parecen tener características semejantes entre ellos, por lo que podrían ser coetáneos. Y puesto que el Anillo 1B corta la muralla, estos deben de pertenecer a una ocupación diferente a la del Hierro II. Es decir, no encontramos indicios de que las estructuras del Área B guarden relación con el poblado del Hierro II, pero sí que alteran las estructuras de éste.

Existen dos posibles fases de ocupación que han podido alterar y desarrollar los anillos del Área B: el posible castillo medieval y las trincheras de la Guerra Civil. Las fuentes hablan de un conflicto entre en los reinos castellano y navarro acaecido en torno a 1170 y por el cual se cambió la frontera entre los reinos mediante acuerdo (GARCÍA-CAMINO, 2002). Precisamente es en estos acuerdos donde se menciona una fortificación fronteriza llamada Malvezin o Malmezin. Estas referencias son la principal prueba de la existencia de un castillo en la zona (argumento que se apoya en la toponimia conservada “Malmasin” y que podría ser la adaptación moderna de Malvezin o Malmezin, aunque esto esté por investigar). Además, Malmasin cumple con muchas de las características de los castillos altomedievales (Anexo 7). Sin embargo, y a falta de nuevos datos, podemos suponer que la ausencia de alteraciones en el lienzo del poblado fortificado del Hierro implica que durante la ocupación medieval reutilizaron las estructuras existentes, tal y como apunta García-Camino (2002). Así, de demostrarse la existencia de este posible castillo sería el primero en reutilizar directamente el mismo espacio y estructuras del Hierro II en Bizkaia. Por último, mencionar que parece poco probable que sea esta fase de ocupación la que desarrolló los anillos del Área B, ya que los castillos de estas cronologías no desarrollan este tipo de sistemas defensivos (QUIRÓS y TEJADO, 2012).

La otra fase de ocupación que pudo alterar el poblado fortificado de Malmasin es la concerniente a la Guerra Civil. Sabemos por los documentos de la época que en Malmasin se produjeron combates en junio de 1937, y que ambos bandos construyeron líneas de trincheras en el entorno (VARGAS, 2015). Esto podría explicar la disposición casi en paralelo de los anillos del Área B (habitual en líneas

de trincheras), la orientación de estos hacia el S (defendiendo Bilbao) y también ayudaría a entender de una manera más completa la estratigrafía, ya que los combatientes se habrían valido de las estructuras del castro para levantar las suyas (muestra de ello sería el Anillo 1B). En Bizkaia, así como en las provincias adyacentes, pueden encontrarse diferentes poblados fortificados en los que la guerra alteró sustancialmente su composición. Prueba de ello son: Murugain (TELLERÍA, 2011), Berreaga (FERNÁNDEZ, 2012), Lujar (CEPEDA, 2007) y el propio Malmasin. Es decir, se repite con cierta frecuencia tanto en Bizkaia, como en el conjunto del País Vasco y el estado, la ocupación durante la Guerra Civil de espacios que fueron parte de asentamientos de la Edad del Hierro (GONZÁLEZ-RUIBAL, 2016).

Por último, señalar que junto a los anillos del Área B se hallan unas estructuras zigzagueantes (Fig. 6), que se concentran entre los Anillos 3-4 y parecen formar otra unidad negativa tipo foso o trinchera. Al igual que con las trincheras del Área B, la vegetación impide su estudio *in situ*, y las características morfológicas, geográficas y estratigráficas no permiten adscribir las estructuras a una cronología y ocupación concreta. Quizá la respuesta se encuentra en la orden n° 305 del Cuerpo del Ejército del País Vasco (fechado el de 11 de junio de 1937), en la que se ordena la construcción de diversas fortificaciones de manera precisa y en zig-zag (Anexo 8). Cronológicamente, entre este documento y los combates en Malmasin transcurrieron apenas 7 días (del 11 al 18 de junio de 1937), por lo que aun no refiriéndose a Malmasin este documento pudo servir de precedente. En definitiva, todo apunta a que el Área B de Malmasin es una línea de trincheras de la Guerra Civil conectadas por un sistema de estructuras zigzagueantes.



**Figura 6.** Estructuras zigzagueantes y anillos de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).

**Figure 6.** Rings and zigzagging structures of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).

#### 4.1. Comparación con otros estudios

Salvando la flexibilidad y adaptabilidad de los poblados fortificados que dificultan una comparación entre ellos, es posible observar ciertos rasgos comunes que comparten los poblados de Bizkaia, tales como la ubicación en media y alta montaña o la cronología (siendo la mayoría del Hierro II). Lo mismo ocurre con las estructuras, ya que existen ciertos elementos de importancia marcada y compartida para estas sociedades sobre los que realizar una óptima comparación. Este es el caso de los sistemas defensivos, las puertas o entradas, o los molinos de mano.

Los sistemas defensivos de estos poblados están formados por dos componentes principales: las defensas naturales y las artificiales. Al igual que en Malmasin, en Bolunburu o en Lujar, entre otros, se observa la tendencia a explotar al máximo las defensas naturales, construyendo estructuras artificiales allí donde sea estrictamente necesario. Esto nos da cuenta del gran esfuerzo que suponía la construcción de estas estructuras, a la vez que nos habla de la gran planificación de este tipo de poblamientos. Además, las defensas artificiales en Bizkaia se refieren casi exclusivamente a las murallas, ya que no existen evidencias de sistemas defensivos que combinen sistemas de fosos (como



los que se desarrollan en Monte Bernorio (Palencia); TORRES-MARTÍNEZ y SERNA, 2010) con la muralla. Por lo tanto, es posible definir los sistemas defensivos de los poblados de Bizkaia como simples (TORRES-MARTÍNEZ *et al.*, 2016), sin foso, llegando a tener en el mejor de los casos una única línea de foso, como es el caso de Arrola (UNZUETA, 2015).

Las murallas, por su parte, parecen no consolidarse en Bizkaia hasta el Hierro II, como apuntan las evidencias de las murallas de Bolunburu (CEPEDA, 2013), Arrola (UNZUETA, 2015) o los derrumbes de Berreaga (FERNÁNDEZ, 2012). Además, esta dinámica de consolidación o expansión de las murallas durante el Hierro II se repite en el entorno inmediato de Bizkaia en poblados como: Munoandi (Azkoitia-Azpeitia, Gipuzkoa) o Peña Sámano (Castro-Urdiales, Cantabria). Es en este contexto de expansión o desarrollo de las murallas en el que se construyeron de las estructuras de Malmasin. Además, esta expansión parece tener un efecto homogeneizador en la composición de las murallas surgidas en esta época. Los casos de Arrola, Berreaga o Bolunburu (poblados excavados) muestran murallas formadas por un paquete central de tierra y piedra apuntalado por muros de piedra sin trabar, esquema que se repite en Malmasin o Kosnoaga (LLANOS *et al.*, 2009) y se asemejan al tipo 3 de muralla definido por A. Llanos (1974).

Uno de los rasgos más característicos de estos sistemas defensivos del Hierro II son las entradas o puertas a los asentamientos. Hay que tener en cuenta que las entradas a los recintos generan puntos vulnerables a reforzar para cumplir con las necesidades de defensa. Por ello, resultan la mayor expresión de la capacidad constructiva del poblado (SAN JOSÉ y MARTÍNEZ, 2015). En Bizkaia existen varios ejemplos de puertas fortificadas del Hierro II (Arrola, Bolunburu y Malmasin) que siguen las dinámicas de los poblados de las provincias adyacentes (Tabla 2). La principal característica de las entradas, al igual que las estructuras del poblado, es la gran capacidad de adaptación al medio, por lo que cada asentamiento desarrolla sus propias características, pero a su vez se observan ciertas dinámicas generales. Frecuentemente estas entradas se sitúan en lugares estratégicos con el fin de optimizar las defensas naturales: en los extremos de las cimas (como ocurre en Bolunburu (CEPEDA *et al.*, 2009), Arrola (UNZUETA, 2015) o en el propio Malmasin) o en lugares de un desnivel marcado. Valiéndose de la orografía y de las principales vías de paso al poblado se disponen los brazos o bastiones, con el fin de controlar de la mejor manera posible el tránsito de personas hacia el interior del poblado. Por este motivo es habitual que la situación de la entrada obligue a pasar antes por delante de la muralla, para luego hacer uno o varios giros en ángulo, más o menos recto, para terminar, adentrándose al poblado por un pasillo flanqueado por brazos o bastiones (SAN JOSÉ y MARTÍNEZ, 2015). No cabe duda de que este esquema se repite en Malmasin, estando la entrada en el extremo NO protegida por el desnivel al N y por un fuerte esvía producido por los brazos de la entrada, que obligan a circular junto al lienzo principal de la muralla en toda la ladera S (Fig. 5).

| Yacimientos     | Cronología            | Puertas en esvía | Bastiones/Brazos defensivos | Nº de puertas |
|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|---------------|
| Malmasin        | Hipótesis (Hierro II) | Si               | Si                          | 1             |
| Arrola          | Hierro II             | Si               | Si                          | 2             |
| Berreaga        | Hierro II             | Destruída        | Destruída                   | Destruída     |
| Kosnoaga        | Hierro II             | Indeterminado    | Indeterminado               | Indeterminado |
| Picomoro        | Hierro II             | Indeterminado    | Indeterminado               | Indeterminado |
| Bolunburu       | Hierro II             | Si               | Si                          | 1             |
| Munoandi        | Hierro II             | Si               | Si                          | 1             |
| Intxur          | Hierro I-II           | Si               | Si                          | 2             |
| Peña Sámano     | Hierro I-II           | Si               | Si                          | 4             |
| Castilnegro     | Hierro I-II           | Si               | Si                          | 2             |
| Babio           | Hipótesis (Hierro)    | No               | No                          | 1             |
| Murugain        | Hipótesis (Hierro)    | Indeterminado    | Indeterminado               | Indeterminado |
| Peregaña        | Hipótesis (Hierro)    | No               | No                          | Indeterminado |
| Poblado de Moru | Hipótesis (Hierro)    | Indeterminado    | Indeterminado               | Indeterminado |
| Ujaer           | Por establecer        | Indeterminado    | Indeterminado/no            | Indeterminado |

**Tabla 2.** Características de las entradas del Hierro II.  
**Table 2.** Characteristics of Iron II entrances.



Estas características pueden repetirse en una o varias puertas (como es el caso de Arrola o Peña Sámano, con tres y cuatro puertas respectivamente). Esta variación en el número de puertas está ligada, de nuevo, con la adaptabilidad y flexibilidad, aunque en este caso concreto la orografía y las necesidades de comunicación, así como con la capacidad productiva y de mano de obra del poblado, resultan ser los principales condicionantes. Por ello, la cantidad de entradas no será un rasgo estrictamente determinante, como sí lo son los rasgos que en estas se desarrollan.

En Malmasin se han recuperado dos piezas de molino de mano rotatorio (Anexo 9), elementos muy sugerentes dentro de la cultura material que nos dan información de las actividades económicas que se realizan en el poblado, capacidad productora, etc. Este tipo de molino de mano está compuesto por dos muelas, lo que supuso un salto tecnológico muy importante al permitir aumentar la producción. Se piensa que este tipo de molinos se desarrollaron en el ámbito catalán para luego extenderse por toda la península, en el Hierro II (ALONSO, 2015). Justamente, es en las fases de ocupación de esta época donde se encuentran la mayor parte de las piezas de molino de mano rotatorio en Bizkaia y su entorno (Tabla 3), por lo que no sería muy descabellado pensar que Malmasin coincida con estas dinámicas.

| Yacimientos    | Tipología de sus Molinos | Cronología     |
|----------------|--------------------------|----------------|
| Malmasin       | Rotatorio                | Hierro II      |
| Bolunburu      | Rotatorio                | Hierro II      |
| Arrola         | Rotatorio                | Hierro II      |
| Forua          | Rotatorio                | Epoca romana   |
| Aloria         | Rotatorio                | Epoca romana   |
| Munoandi       | Rotatorio                | Hierro II      |
| Basagain       | Barquiforme y rotatorio  | Hierro II      |
| Pico del Hacha | Barquiforme              | Por establecer |
| Retorín        | Barquiforme              | Hierro I       |
| Munigain       | Barquiforme              | Hierro I       |
| Orabón         | Indeterminado            | Por establecer |
| Perigaña       | Indeterminado            | Por establecer |
| Basain         | Indeterminado            | Por establecer |

**Tabla 3.** Características de las entradas del Hierro II.

**Table 3.** Characteristics of Iron II entrances.

## 5.- CONCLUSIONES

El yacimiento de Malmasin está estructurado por una serie de anillos, de los cuales el Anillo 1 corresponde a la muralla del poblado fortificado. Además, en este anillo se ha podido localizar la puerta fortificada del poblado, elemento de suma importancia para estos asentamientos del Hierro II. El resto de estructuras analizadas no parecen corresponderse con el poblado fortificado. Lo más seguro es que los Anillos 1B, 2, 3 y 4 correspondan a un sistema defensivo de trincheras de la Guerra Civil, como apuntan varios documentos de 1937.

Todas las evidencias analizadas en este trabajo dan como válida la hipótesis de partida, que en la cima del monte Malmasin se encuentran los restos de un poblado fortificado de del Hierro II. De confirmarse mediante una excavación arqueológica, nos encontraríamos ante un poblado del Hierro II, de características parejas a otros de Bizkaia. Lo que permitiría definir mejor este tipo de poblamiento del Hierro II.

Junto con el poblado fortificado también son muy importantes las diferentes ocupaciones existentes en Malmasin, pues nos dan cuenta de que el espacio continuo siendo útil una vez transcurrida la Edad del Hierro. Es más, parece haberse dado un reaprovechamiento de las estructuras en época medieval. En palabras de I. García-Camino (2002): *“los castillos podrían interpretarse como las últimas manifestaciones de estructuras vertebradoras de territorios extensos según formas de explotación de tipo castreño”*. A su vez, el enclave fue el centro de sendos combates en la Guerra Civil, para

los cuales los combatientes pudieron haberse valido de las capacidades defensivas del castro (tanto de su situación como de sus estructuras). En definitiva, observamos unas dinámicas de ocupación en Malmasin que responden a contextos de inestabilidad en los que las distintas sociedades recurren al enclave como un refugio del que poder sacar provecho.

Por último, apuntar que este trabajo deja la puerta abierta a una nueva línea de investigación relacionada tanto con Malmasin directamente como con los espacios de montaña y los poblamientos que los ocupan. En el futuro intentaremos profundizar en esta línea de investigación.

## 6.- BIBLIOGRAFIA

ALONSO, N.

- 2015 «Moliendo en íbero, moliendo en griego»: aculturación y resistencia tecnológica en el Mediterráneo occidental durante la Edad del Hierro. *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*, 15: 23-36.

ARMENDÁRIZ, J.

- 2008 *De aldeas a ciudades: el poblamiento durante el primer milenio a.C. en Navarra*. Gobierno de Navarra. Departamento de Cultura y Turismo. Institución Príncipe de Viana, Pamplona.

AYÁN, X.

- 2013 "Todo queda en casa". Espacio doméstico, poder y división social en la Edad del Hierro del NW de la Península Ibérica. En: *De La Estructura Doméstica Al Espacio Social: Lecturas Arqueológicas Del Uso Social Del Espacio*. S. Gutiérrez, I. Grau (Eds.): 39-56. Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante, Servicio de Publicaciones, Alacant/Alicante.

CARRERAS, F.J., J. RAMÍREZ DEL POZO, G. GIANNINI, J.M. PORTERO, P. DEL OLMO, Y M.J. AGUILAR.

- 1979 Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja N° 61 (Bilbao). Instituto Geológico Y Minero de España.

CEPEDA, J. J.

- 2007 Pico Moro (Galdames), Lújar (Güeñes) y El Cerco-Bolunburu (Zalla). *Arkeoikuska* 2006: 150-154.  
2013 Castro de El Cerco de Bolunburu. *Arkeoikuska* 2012: 228-230.

CEPEDA, J. J., JIMÉNEZ, J. I., TEICHNER, F. y UNZUETA, M.

- 2009 El cerco de Bolunburu: un recinto fortificado de la Edad del Hierro en Bizkaia. En: *Medio Siglo De Arqueología En El Cantábrico Oriental y Su Entorno: Actas Del Congreso Internacional*. A. Llanos (Coord.): 883-894. Diputación Foral de Alava, Vitoria-Gasteiz.

FERNÁNDEZ, J. A.

- 2012 Castro de Berreaga. *Arkeoikuska* 2011: 300-305.

FULDAIN, J. J.

- 2002 Molinos de mano antiguos en Bizkaia. En: *Molinos y energías renovables en Euskal Herria*. J. Aguirre-Mauleon, A. Aguirre Sorondo, D. Alegría Suescun, C. Larrinaga Rodriguez, y K. Muro (Eds.): 497-513. Eusko Ikaskuntza, Donostia.

GARCÍA-CAMINO, I.

- 1996 Bilbao: De la prehistoria a la fundación de la villa. *Revista Bidebarrieta*, 1: 27-65. Bilbao.  
2002 *Arqueología y poblamiento en Bizkaia, siglos VI-XII. La configuración de la sociedad feudal*. Diputación foral de Bizkaia, Departamento de Cultura, Bilbao.

GONZÁLEZ-RUIBAL, A.

- 2016 *Volver a las trincheras*. Alianza editorial, Madrid.

LLANOS, A.

- 1974 Urbanismo y Arquitectura en poblados alaveses de la Edad del Hierro. *Estudios De Arqueología Alavesa*, 6: 101-146.

LLANOS, A., ARMENDÁRIZ, J., CASTIELLA, A., PEÑALVER, X., SÁENZ DE URTURI, F. y UNZUETA, M.

2009 La Edad del Hierro en el cantábrico oriental y su entorno. En: *Medio Siglo De Arqueología En El Cantábrico Oriental y Su Entorno: Actas Del Congreso Internacional*. A. Llanos (Coord.): 201-344. Diputación Foral de Alava, Vitoria-Gasteiz.

MAYA, J. L.

1998 El Bronce Final y los inicios de la Edad del Hierro. En: *Prehistoria De La Península Ibérica*. I. Barandiarán, B. Martí, M. A. Del Rincón, y J. L. Maya (Eds.): 317-415. Ariel Prehistoria, Barcelona.

OLAETXEA, C., VALDÉS, L., PEÑALVER, X.

1990 El Bronce Final y la Edad del Hierro en Gipuzkoa y Bizkaia. *Munibe*, 42: 161-165. Donostia.

PARCERO-OUBIÑA, C. y FRAGA, P.

2006 Diseño metodológico para el análisis locacional de asentamientos a través de un SIG de base ráster. En: *Territorios Antiguos y Nuevas Tecnologías. La aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*. I. Grau (Ed.): 69-91. Universidad de Alicante. Alicante.

QUIRÓS, J. A. (ed.)

2011 *Los paisajes altomedievales en el País Vasco, 500-900. De la desarticulación territorial a la emergencia de los condados*. Documentos de Arqueología Medieval 2, Servicio editorial de la Universidad del País Vasco, Leioa.

QUIRÓS, J. A. y TEJADO, J. M. (eds.)

2012 *Los castillos altomedievales en el noroeste de la Península Ibérica*. Documentos de Arqueología Medieval 4, Servicio editorial de la Universidad del País Vasco, Leioa.

SAN JOSÉ, S. y MARTÍNEZ, A.

2015 Estudio preliminar del sistema defensivo del poblado protohistórico de Munoaundi (Azpeitia - Azkoitia, Gipuzkoa, Euskal Herria), entrada principal con sus estructuras defensivas. En: *Fortificaciones en la Edad del Hierro control, control de los recursos y el territorio*. Ó. Rodríguez, R. Portilla, J. C. Satre, P. Fuentes (Coords.): 15-30. Glyphos Publicaciones, Valladolid.

TELLERÍA, E.

2011 Sondeos arqueológicos en el poblado de Murugain (Aramaio, Álava). *Estudios De Arqueología Alavesa*, 27: 135-215.

TORRES-MARTÍNEZ, J. F.

2011 *El cantábrico en la Edad del Hierro: Medioambiente, economía, territorio y sociedad*. Real Academia de la Historia, Madrid.

TORRES-MARTÍNEZ, J. F., FERNÁNDEZ-GOTZ, M., MARTÍNEZ, A., CABANILLAS, G., VACAS, D. y MARTÍN, E.

2016 Las fortificaciones protohistóricas del área cantábrica: Aspectos defensivos, sociales y simbólicos. *Gallaecia*, 34: 57-82.

TORRES-MARTÍNEZ, J. F. y SERNA, M. L.

2010 Sistemas defensivos en el oppidum de Monte Bernorio (Villarén de Valdivia, Palencia). *Nivel Cero*, 12: 73-87. Santander.

UNZUETA, M.

2015 Recinto fortificado de Arrola (Arratzu, Mendata, Nabarniz). *Arkeoikuska* 2014: 262-266.

VARGAS, F. M.

2015 Lugares de enfrentamientos bélicos durante la guerra civil (1936-1939). En: *Senderos de la memoria. Relación de espacios vinculados a la memoria de la guerra civil*. J. Agirreazkuenaga, M. Urquijo: 87-240. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Donostia.

## ANEXOS

### ANEXO 1



**Anexo 1.** Vista de las estructuras de Malmasin desde el Monte Pagasarri. Fuente: elcorreo.com.

**Appendix 1.** View of the structures of Malmasin from the Pagasarri mountain. Source: elcorreo.com.

### ANEXO 2



**Anexo 2.** Trinchera horadada en la muralla del poblado de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).

**Appendix 2.** Perforate trench in the wall of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay) hillfort.



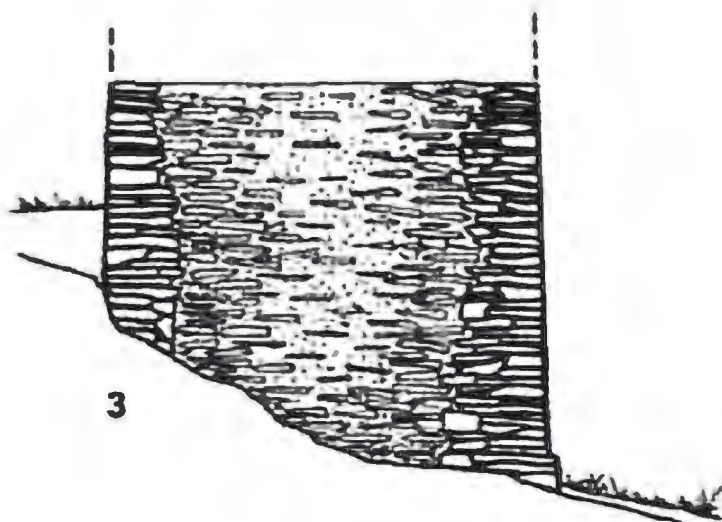
### ANEXO 3



**Anexo 3.** Derrumbes del brazo menor de la entrada NO.

**Appendix 3.** Collapse of minor arm of the NW entrance.

### ANEXO 4



**Anexo 4.** Tipo 3 de murallas definidas por Llanos (1974) modificado.

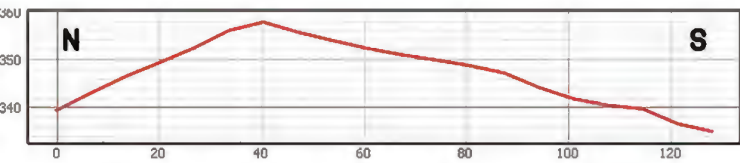
**Appendix 4.** Type 3 walls defined by Llanos (1974) modified.

ANEXO 5



**Anexo 5.** Cresta de la montaña en el extremo NO de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).  
**Appendix 5.** Summit of the mountain in the NW area of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).

ANEXO 6



**Anexo 6.** Gráfico del desnivel de las laderas N y S de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).  
**Appendix 6.** Graphic of the slope of the N and S hillside of Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).

ANEXO 7

|                           | Castillos altomedievales              | Malmasin |
|---------------------------|---------------------------------------|----------|
| Relación con el medio     | Integran afloramientos rocosos        | ✓        |
|                           | Gran flexibilidad de adaptación       | ✓        |
|                           | Intentan vertebrar el territorio      | ✓        |
|                           | Ocupan lugares sumamente estratégicos | ✓        |
| Rasgos de las estructuras | Trabadas con mortero                  | ✗        |
|                           | Piedra del entorno                    | ✓        |
|                           | Poca entidad de las construcciones    | ✗        |
|                           | Piedra apenas devastada               | ✓        |

**Anexo 7.** Comparativa entre Malmasin y los castillos altomedievales. Fuente: García-Camino (2002) modificado.  
**Appendix 7.** Comparative between Malmasin and High Medieval castles. Source: García-Camino (2002) modified.

## ANEXO 8



**Anexo 8.** Orden del cuerpo de ejército del País Vasco para la construcción de defensas. Fuente: Fundación Indalecio Prieto.

**Appendix 8.** Basque army order to build defensive structures. Source: Fundación Indalecio Prieto.

## ANEXO 9



**Anexo 9.** Pieza de molino rotatorio hallada en Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia).  
**Appendix 9.** A part of a hand mill found in Malmasin (Arrigorriaga, Biscay).





|                                                                          |       |       |       |      |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|
| CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies | nº 10 | 61-85 | LEIOA | 2020 | ISSN 2245-1282 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|

# Abrigo de Socuevas de San Miguel (Rivabellosa, País Vasco): análisis del estado de conservación y propuestas de acción preventiva

Rock Shelter of Socuevas of San Miguel (Rivabellosa, Basque Country):  
analysis of the state of conservation and proposals for preventive action

**PALABRAS CLAVES:** Abrigo, arte esquemático, Calcolítico, Edad del Hierro, conservación preventiva, río Baías, Rivabellosa (Álava-País Vasco).  
**KEY WORDS:** Rock shelter, schematic art, Chalcolithic, Iron Age, preventive conservation, river Baías, Rivabellosa (Alava-Basque Country).

**NOEMI MERA PEÑA<sup>(1)</sup>**

## RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo la documentación y estudio del estado de conservación de las manifestaciones gráficas (pinturas y grabados) presentes en el abrigo Socuevas de San Miguel. Este se encuentra situado cerca del pueblo del mismo nombre, San Miguel, en el valle que forma el río Baías en el límite entre la Ribera Baja y Alta de Álava. Además, y a partir de ello, se presenta una propuesta de conservación, indicando las pertinentes medidas de conservación en base a los problemas que padece. Además de proponer una forma de conservación alternativa que permita musealizar el yacimiento.

## ABSTRACT

This research work aims to document and study the conservation status of the graphic manifestations (paintings and prints) present in the Socuevas de San Miguel shelter. This is located near the town of the same name, San Miguel, in the valley that forms the river Baías on the border between the Ribera Baja and Alta of Alava. In addition, and based on this, a conservation proposal is presented, indicating the relevant conservation measures based on the problems suffered. In addition to proposing an alternative conservation method that allows musealization of the site.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Existen muchas definiciones de conservación, con más o menos consecuencias a soportar por parte de nuestros bienes, si se usan criterios incorrectos. Tal como dice el diccionario mismo de la Real Academia; conservar es una acción en si misma que nos permite mantener algo o cuidar de su permanencia. Hoy en día para los bienes inmuebles se opta por la conservación *in situ*, que protege tanto el propio bien como lo que le rodea, parte y componente de este siendo una especie de biotopo arqueológico, en equilibrio que logra conservar este segmento de historia. Esto nos lleva al punto sobre cómo se deben ‘exponer’ estos lugares, en un discurso de Eduardo Barrón (1858-1911), decía que otra forma de conservación es el planteamiento de una buena exposición, ya que así el espectador “percibe su belleza sin impedimento alguno” (Macarrón, 2008). Aunque él lo plantea como una forma de musealización también se puede aplicar en el tema del control de agentes potenciales de degradación, que ponen en riesgo la correcta visión de los bienes, lo que ocurre en este caso en particular. En los textos legales no se observa de forma generalizada especificaciones técnicas para el seguimiento del patrimonio arqueológico. Tal como expone el IPCE (Instituto de Patrimonio Cultural Español) (2018), en sus fundamentos de conservación preventiva: “... la complejidad en la conservación de ciertos bienes culturales, ... exigen herramientas específicas y complejas, muy diferentes a las desarrolladas hasta ahora, para la aplicación de estrategias de conservación preventiva”, manifestando así la falta de protocolos específicos y detallados para el mantenimiento de los bienes.

<sup>(1)</sup> Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/EHU. C/Tomas y Valiente s/n, 01006 Vitoria—Gasteiz.  
E-mail: nmera003@ikasle.ehu.es  
Directora: Blanca Ochoa Fraile



Este trabajo se centrará en plantear una forma de conservación *in situ*, trazando además ideas alternativas (Ontañón, 2013) de conservación y exposición para el abrigo con arte esquemático de Socuevas de San Miguel. Intentando mantener en el tiempo, las manifestaciones artísticas que aquí se hayan.

Pero ¿por qué Socuevas? Por la sencilla razón de todo el arte, cómo muy bien dice Virgilio Fernández: “es una forma de manifestación cultural universal en la historia del hombre (...) constituye una de las primeras manifestaciones conocidas de la capacidad artística humana...” (Fernández, 2010), y cualquiera de ellas merece la pena simplemente por tener valor para el conocimiento de las sociedades prehistóricas, cómo ejemplos de lo que se puede perder tenemos Lascaux, Altamira, Cantos de la Visera (Fortea, 1974), Tito Bustillo (Gea, 2018).

Los abrigos con manifestaciones artísticas son los más expuestos a cualquier agresión, tanto intrínseca como extrínseca, siendo los más sensibles y para los que se deberían de crear protocolos de conservación específicos para ellos (Herráez, 2005). Se aplican fundamentos que no están diseñados para todos los factores que actúan en este tipo de yacimientos.

El tema de la conservación es algo poco detallado en general, no en todas partes es igual ni tienen el mismo nivel de detalle (Querol, 2010), por lo que no hay uniformidad de criterios. Las medidas que suelen aplicarle en previsión de cualquier factor negativo son a corto plazo, ya sean vallados, carteles, como medidas disuasorias que no suelen funcionar sin vigilancia periódica (Martínez y Guillem, 2010), pero más allá de este tipo de medidas no se ve mucho progreso. Hay que tener en cuenta, la coyuntura económica actual y las realidades de las diferentes administraciones, que ante el volumen de descubrimientos no pueden invertir de forma homogénea en estos, por lo que se deben plantear medidas económicamente sostenibles. Afectando a los criterios de selección y las prioridades a la hora de invertir el dinero público (Macarrón, 2008).

De las poco precisas directrices existentes que menciono, me remito a la tesis de máster de María José Carrasco López (2016), en la que investiga en profundidad el estado de la cuestión y el nivel de protección y directrices para la conservación de los yacimientos a nivel estatal. En la que al igual que María Ángeles Querol expone en su manual del 2010, y a quien cita a lo largo de su trabajo, llega a la conclusión de que no hay ni uniformidad, ni especificidad.

Los criterios seguidos actualmente siguen todavía las premisas de tres grandes teóricos en materia de conservación en general como son, John Ruskin, Eugène Viollet-le-Duc y Camilo Boito, más de este último, considerado el padre de la corriente actual. Cuyas directrices se mueven entre los dos primeros, no tomando medidas radicales para la conservación de los bienes.

## 2.- OBJETIVOS

Plantear una solución de conservación preventiva *in situ* para el abrigo de Socuevas de San Miguel, además de una alternativa si no se puede conservar en el lugar.

Describir los daños y caracterizar los agentes y procesos de alteración.

En base a la bibliografía específica encontrada, diseñar unas pautas o protocolo de conservación preventiva para el yacimiento.

Paralelamente buscar una solución alternativa a la conservación *in situ*.

Dar a conocer la importancia de trabajar más en la protección de los abrigos con arte esquemático de la península.

## 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

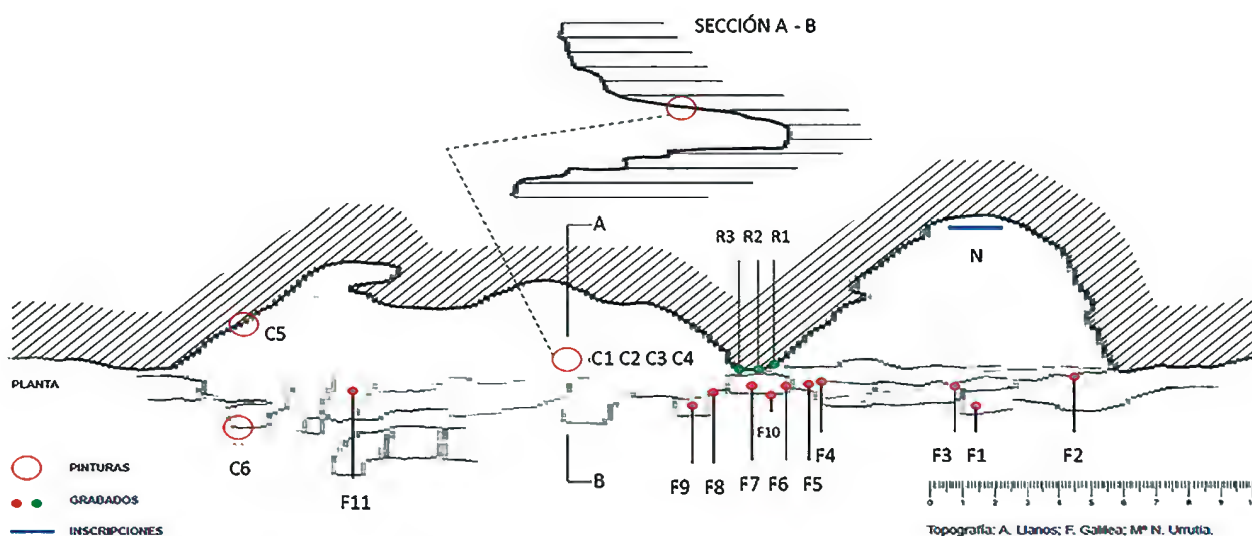
La cavidad de Socuevas de San Miguel domina parte del valle que forma el río Baias (Figura 1), el abrigo bajo roca de esta zona se desarrolla en una alineación de este a oeste. De todo este complejo de abrigos, de unos 55 metros, las representaciones se desarrollan en 28 de ellos, agrupándose los grabados en el extremo más septentrional y las pinturas en el extremo meridional. Este abrigo fue



**Figura 1.** Localización del abrigo de Socuevas de San Miguel.  
**Figure 1.** Location of the Socuevas de San Miguel rock shelter.

descubierto gracias a un incendio provocado por un accidente de tren que se extendió por esta parte del valle en 1998 (Llanos y Vegas, 2009).

Desde su descubrimiento se han realizado unas tres visitas mínimo por parte del equipo de investigación, la primera para realizar una aproximación al mismo. En las tres se realizaron fotografías, pero es a partir de la segunda que se recogen muestras de los pigmentos para analizar su composición. Encontrándose en las muestras una combinación de yeso con bajas proporciones de cuarzo y/o arcilla ferruginosa principalmente. En algunas muestras también se haya presencia de estroncio y bario (celestina y baritina). Se realizan planos (Figura 2), calcos de las pinturas a partir de esas fotografías



**Figura 2.** Plano de distribución de las manifestaciones artísticas (Llanos Ortiz de Landaluze & Vegas Aramburu, 2009).  
**Figure 2.** Distribution plan of artistic manifestations (Llanos Ortiz de Landaluze & Vegas Aramburu, 2009).



y en el caso de algunos grabados con la ayuda de luz rasante, en otros se realizaron calcos de contacto, por ser muy finos, contrastando los resultados en vivo.

Se encuentran en total (Tabla I) seis pinturas en rojo, cuatro paneles de grafías en negro, de los cuales los últimos tres se relacionan con alguna pintura roja y tres grupos de grabados, diferenciados por su factura y periodo temporal. Se puede decir que se enmarcan desde el Calcolítico hasta una época próxima a la edad del hierro o dentro de esta, salvo el grupo de grabados nominativos que son actuales.

Para este trabajo se ha seguido la metodología tomada de los siguientes ejemplos (Vegas, 1990), (Vicent *et al.*, 1999), entre otros; documentar mediante fotografías y apuntes a mano el estado de conservación actual del abrigo, buscar bibliografía sobre el yacimiento y relacionada con el tema de la conservación de bienes arqueológicos.

#### Pinturas rojas:

##### Panel A – C1 a C4 (respectivamente)



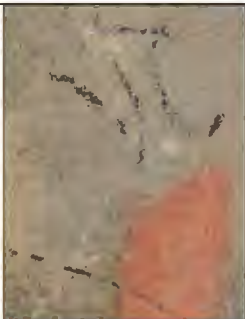
Aislada en la pared – C5



Aislada en el suelo – C6



#### Grafismos en negro:

| En panel A – GF1                                                                    | En figura C1 – GF2                       | En figura C2 – GF3                                                                   | En figura C4 – GF4                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Los trazos que acompañan al antropomorfo |  |  |

**Tabla 1.** Manifestaciones de arte agrupadas por color de pigmento.

**Table 1.** Art manifestations grouped by pigment colour.



Esta documentación requirió de dos visitas al yacimiento de Socuevas de San Miguel, para comparar las fotografías hechas para este trabajo, con las de la documentación realizada en su descubrimiento. Viendo la evolución de las patologías en el tiempo y con el cambio de estación.

Se realiza un reconocimiento en profundidad para observar la interacción del yacimiento con el entorno que le rodea, en dos periodos diferentes del año y así valorar la actuación más correcta.

En ambas visitas se realizó una amplia documentación gráfica para registrar el estado de conservación en esos momentos y poder apreciar la posibilidad de una evolución de las patologías halladas. Además de reconocer el estado del soporte dónde se encuentran las manifestaciones gráficas descubiertas hace veintiún años (Llanos y Vegas, 2009).

En este caso es muy importante hacer una investigación científica que reúna las áreas de geología y climatología inicialmente, con cuyos resultados el conservador-restaurador pueda plantear una solución viable de conservación.

#### 4.- CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

Las condiciones ambientales que se dan en esa zona de la región alavesa, entre la Ribera Alta y Baja, son de escasa precipitación anual, unos 500 mm (Diputación foral de Álava, s.f.) aunque se cree que existe una importante corriente subterránea y pequeños acuíferos diseminados entre las capas permeables e impermeables.

Este recibe mucha insolación a lo largo del día al encontrarse en una zona elevada del valle, en la que crecen especies vegetales de escasa altura que no minimizan el impacto solar, así como la acción del viento, del que no se perciben patologías.

Geológicamente esta zona se compone de materiales detríticos-terrágenos y carbonatados del Mioceno medio-superior, en los que se pueden encontrar restos de ostrácodos, oogonios y characeas, de forma diseminada en estratos atribuidos al Mioceno superior (IGME, 1979). En el abrigo se observa bien esta secuencia siendo la capa inferior con conglomerados calcáreos más finos y la parte superior con una gran masa con clastos de mayor tamaño. En el estudio ante mencionado de Llanos Ortiz de Landaluze y Vegas Aramburu (2009), se define que el abrigo de Socuevas de San Miguel está formado por conglomerados, areniscas, limolitas, margas y calizas, materiales muy sensibles a la acción del agua y el viento. Son materiales de entre 3-5 de dureza sobre 10 en la escala de Mohs.

Es por el orden de las capas, antes mencionadas, y la tipología del material constituyente, que se aprecian los efectos del agua sobre la pared y el suelo (erosión y manchas de escorrentías), al filtrarse desde la capa superior y encontrarse con una capa más compacta que en vez de absorber, deja correr el agua por su cara externa o superficie (Figuras 3 y 4).

##### 4.1. Descripción de las patologías del abrigo de socuevas de San Miguel

A continuación, se describen las patologías halladas en el abrigo de Socuevas de San Miguel de oeste a este, siguiendo la orientación del mismo, las cuales se pueden ver en fotografías de los anexos, se describirán por agrupaciones siguiendo la nomenclatura dada en el artículo de Armando Llanos y José Ignacio Vegas.

En general el abrigo se ve afectado por la vegetación, siendo una patología que puede afectar a la estabilidad de este del soporte. Bajo una mayor supervisión, pasaría de algo negativo a positivo al convertirse en la solución para mitigar las agresiones producidas por los factores climáticos y la insolación. El agua, es el otro agente que afecta de forma generalizada, se filtra de la capa superior de conglomerado, extremadamente permeable y frágil, provocando que comience a fisurarse (A-4) y desprenderse en algunas áreas y observándose en diferentes fases del proceso en otras zonas.

- La primera pareja de pinturas (C5 y C6 en el plano) se encuentran nada más atravesar la puerta de la verja, una a la izquierda sobre la pared y la otra a la derecha en el suelo.

La primera representación (Figura 5) está realizada a pincel sobre arenisca compactada, presenta velos de calcificación (A-2) formados por el paso reiterado de agua que transporta la disolución



**Figura 3.** Muestra de la erosión del suelo causada por el agua causada por el agua procedente de la capa superior.

**Figure 3.** Sample of soil erosion caused by water from the top layer.





**Figura 4.** Detalle de la erosión producida por efecto del agua.  
**Figure 4.** Detail of the erosion caused by the effect of water.



**Figura 5.** Antropomorfo a finales de mayo del 2019 (C5).  
**Figure 5.** Anthropomorphic at the end of May 2019 (C5).



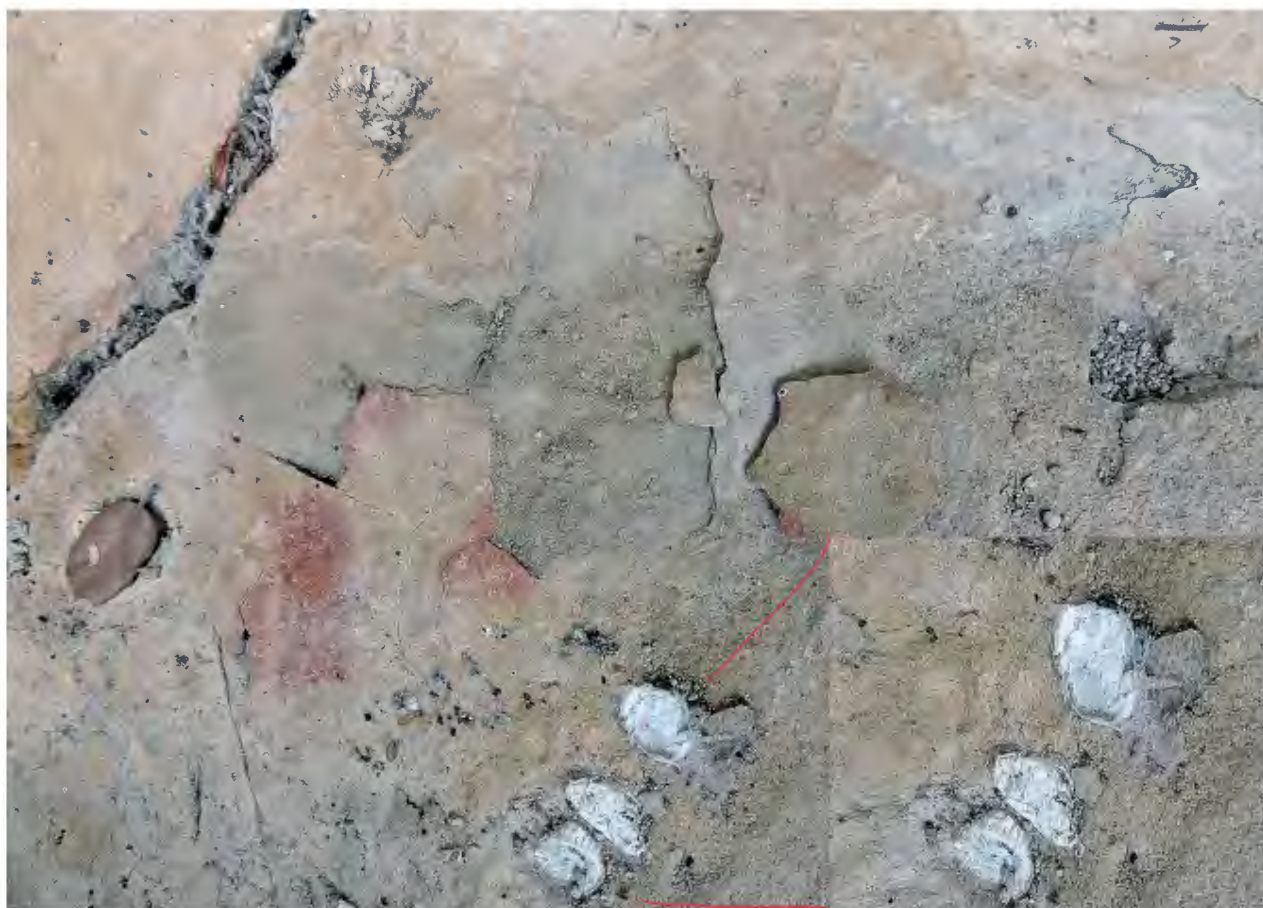
de la calcita que va generando una sedimentación detrítica sobre el motivo. La segunda (Figura 6) se encuentra en un estado de pésima conservación, cuando las descubrieron ya debía de estar con descamaciones, y para protegerla se optó por una cubrición (A-3). Esta ayuda a tener unas condiciones adecuadas para la proliferación de nidos de araña sobre la superficie y una descamación activa, al generarse más humedad y por lo tanto más cambios de temperatura y humedad relativa.

- La siguiente es un grabado (Figura 7a y b) situado debajo de la visera en el suelo, más expuesto a las inclemencias del tiempo, ubicado debajo de una filtración que está generando una capa calcífico-detrítica. Lo que ha provocado una erosión por el paso del agua o la disolución del soporte por la acumulación de esta, más probablemente en invierno. Presenta en el borde de la depresión formada un cerco de coloración ocre. La piedra se encuentra pulverulenta en la superficie, los bordes del fino grabado se han suavizado notablemente.

A su izquierda hay unas enredaderas muy peligrosas para la estabilidad física (Figura 8). Ya que enraízan como mucha facilidad en cualquier soporte y con el tiempo esta unión se hace lo suficientemente fuerte como para restar estabilidad.

- La segunda agrupación de pinturas (C1-C4 en el plano) está situada sobre una capa de arenisca justo debajo del estrato del conglomerado. En esta zona se observan descamaciones recientes con una estabilidad relativa (Figura 9 a y b).

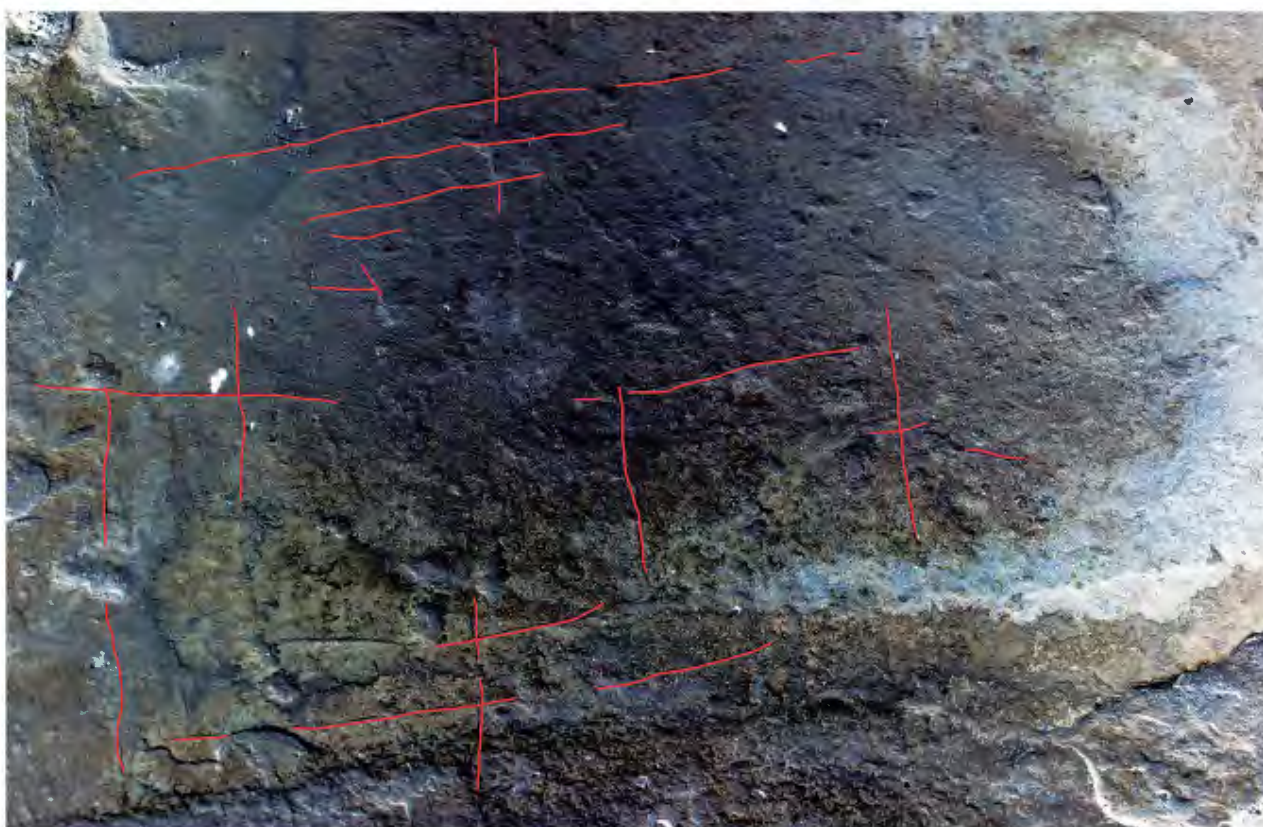
En la segunda visita se comprueba la estabilidad de la veladura de calcita que posee la figura principal. En ninguna de las dos se aprecia marcas de agua recientes, pero sí que alrededor de la misma hay evidencias de circulación activa de agua dejando una costra de color negro (A-6), no es reciente ya que esta compactada, por lo que ha pasado su ciclo de desarrollo. Al estar situada en



**Figura 6.** Pintura en el suelo en julio de 2019, con descamación activa y nidos de araña (ampliación) (C6).

**Figure 6.** Paint on the ground in July 2019, with active flaking and spider nests (enlargement) (C6).





**Figura 7 a y b.** a- original. b- con colores invertidos para apreciar los finos grabados (F11 en el plano).  
**Figure 7 a & b.** a- original. b- with inverted colors to appreciate the fine engravings (F11 on the plane).





**Figura 8.** Agente biológico de degradación.  
**Figure 8.** Biological agent of degradation.

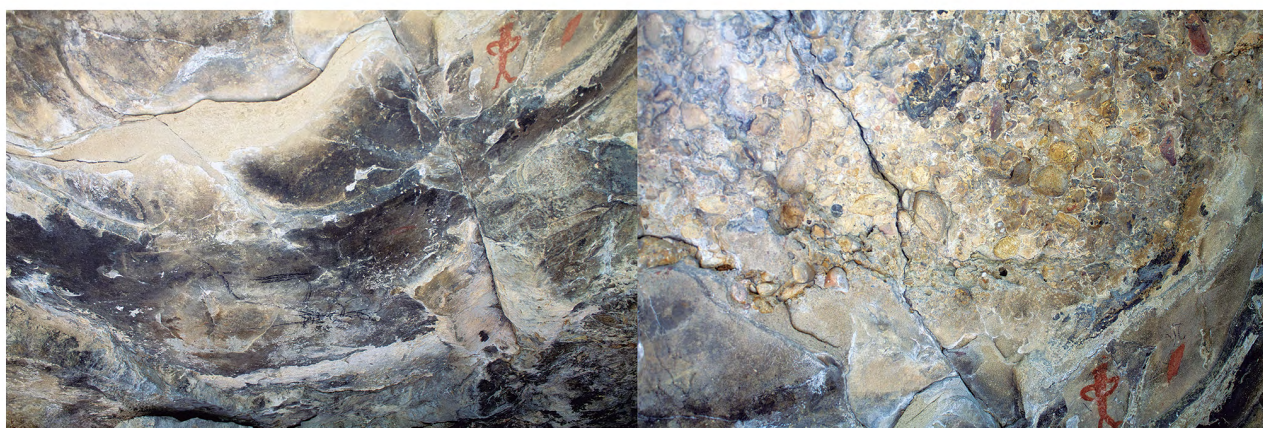


**Figuras 9 a y b.** Visita en mayo y julio respectivamente del 2019, las líneas naranjas separan los grafismos en negro de las figuras en rojo.  
**Figure 9 a & b.** Visited in May and July 2019 respectively, the orange lines separate the black graphics from the red figures.



la zona muy cercana al techo y gracias a la vegetación actual que mitiga el impacto de los agentes externos, este panel está protegido. En esta área hay un árbol que habría que controlar, pudiendo convertirse en zona de anidación, rozar sus ramas sobre el panel por acción del viento, etc.

Algunos grafismos de color negro, probablemente de factura 'reciente' pero no antes del descubrimiento, se encuentran rallados (A-5). De considerarse un acto vandálico se sitúa dentro de los agentes antrópicos. Otro factor importante es la geología, al estar ubicado en el primer estrato entre la arenisca y el conglomerado, y siendo un material 'débil' se pueden apreciar fracturas y otras degradaciones típicas de estos materiales. En general tienen ampollas, deslaminaciones y descamaciones como consecuencia de lo anterior, es un estrato muy margoso y de tendencia a la arenización, por lo que la superficie está pulverulenta. A la izquierda del motivo, hay una mayor actividad de disgregación (Figura 10 a y b), está más pulverulento y con poca cohesión de las placas, poniendo en peligro el soporte. El soporte parece más estable dentro de las estaciones más secas del año, al no ser los periodos más lluviosos.



**Figuras 10 a y b.** Detalle figura 9 de las degradaciones que afectan al panel, tanto a los grafismos en negro como en general.  
**Figure 10 a & b.** Detail figure 9 of the degradations affecting the panel, both to black graphics and in general.

Los grabados de la parte extrema del abrigo (grupos F y R en el plano) se encuentran ya tan degradados que es muy difícil poder apreciarlos incluso a simple vista. El que más fácil se puede apreciar es el que se encuentra en posición horizontal (F1 en el plano), sobre un estrato de caliza compacta donde se acumula el agua, es un saliente más expuesto lo que favorece la formación de un velo calcítico. Estos agentes atmosféricos provocan fracturas, erosión hídrica, descamación y óxidos en superficie por migración de los componentes férricos, al pasar por ciclos de humectación-desección.

En este también se observa como agente potencial de degradación, factores biológicos tales como, unas enredaderas y en la parte superior un nido de ave que hace que las heces caigan encima (Figura 11 a y b).

El resto de los grabados de esta zona (F2-F10 y F12 en el plano), situados en las superficies verticales, están más expuestos al impacto térmico del sol, el aire y el agua, a pesar de la vegetación que cubre el vallado, por lo que se encuentran muy erosionados. También considerar el factor geológico, al estar situados sobre un estrato más compacto, en su mayoría, se aprecia mucha fracturación micro y macro al acercarse al conglomerado que es la parte más inestable sobre la que están situados algunos. Está cubierto de un velo calcítico de origen detrítico, parecido a la Figura 5.

No se va a entrar a nombrar los grabados nominativos (N en el plano) de evidente factura posterior a las pinturas y grabados originales, que suponen un ataque al patrimonio, además de unas grafías en negro desdibujadas que tampoco son originales (Figura 12).

## 5.- RESULTADOS

Se adjuntan algunas fotografías con el fin de ilustrar todo lo explicado anteriormente de las patologías, organizado (Anexos 1-6) en la Tabla II desarrollando los factores de alteración hallados en el





**Figuras 11 a y b.** Arriba original. abajo- colores trucados para poder apreciar el grabado que mejor se conserva y heces de ave (cirulo azul).

**Figure 11 a & b.** Original above. below- tricked colour to be able to appreciate the engraving that is best preserved and bird excrement (blue circle).



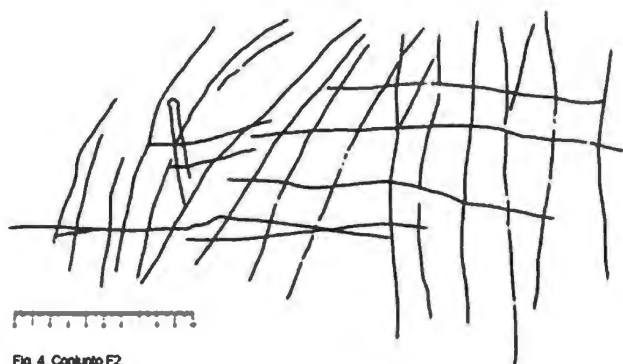


Fig. 4. Conjunto F2.

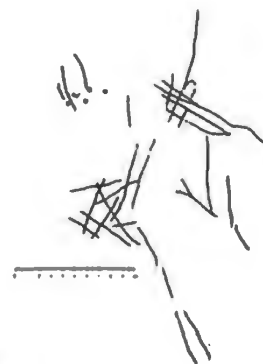


Fig. 5. Conjunto F3.

**Figuras 12.** Calcos de los grabados (Llanos Ortiz de Landaluze & Vegas Aramburu, 2009).

**Figure 12.** Decal of the engravings (Llanos Ortiz de Landaluze & Vegas Aramburu, 2009).

abrigo y sus consecuencias. Esta está resumida y extraída del artículo de Mael y Domingo (2018), añadiendo las muestras de arte afectado y en qué grado. La tabla del artículo es un resumen de los agentes que se estudian en general en conservación-restauración:

En esta parte se ve en qué grado afectan los agentes antrópicos al abrigo, siendo los que más, los indirectos, ya que el abrigo parece que se ha recuperado del daño causado por el fuego.

Los agentes naturales tal como se observa en esta parte de la tabla son los que afectan más al abrigo que los expuestos en la parte de agentes antrópicos. Y son en los que se justificará la propuesta alternativa de conservación que se puede observar en el siguiente apartado.

En los Anexos 7-11 se ofrece la comparativa sobre el estado del abrigo en la primera visita a finales de mayo versus una segunda en julio, apreciando la evolución de la vegetación colindante.

## 6.- PROPUESTA DE CONSERVACIÓN

La administración, tras el fuego, realizó una documentación fotográfica completa del abrigo, que sirve para ver su evolución después de este. Posteriormente hizo un análisis compositivo tanto del soporte como de los pigmentos de las manifestaciones de arte. Esto sirve para ver su comportamiento tras su exposición al aire libre y calcular su comportamiento en el futuro. Aunque no posee amplias muestras de arte, se hizo un cerramiento que cubre justo la extensión del abrigo. No consta en el informe consultado la fecha en la que se puso el cierre. Este permanece actualmente, pero por sí

| FACTORES DE ALTERACIÓN |            |                        |                     | CONSECUENCIA Y PATOLOGÍAS OBSERVABLES                                                                                                                                                                                                          | MUESTRAS DE ARTE<br>(nomenclatura del artículo de A. Llanos e I. Vegas) | GRADO DE AFECCIÓN<br>(1 – 3) |
|------------------------|------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| AGENTES ANTRÓPICOS     | Directos   | Vandalismo             | Grafitis            | Incisiones, raspados, pintados                                                                                                                                                                                                                 | C1-C4                                                                   | 1                            |
|                        |            | Fuego                  | Incendio accidental | Alteración/destrucción del medio;<br>estrés térmico; shock térmico;<br>desprendimiento; fracturación;<br>fisuras y microfisuras; exfoliación;<br>descamación; disgregación;<br>pérdidas de soporte y capa pictórica; pátinas de humo y cenizas | 3 (EN 1998)                                                             |                              |
|                        | Indirectos | Falta de mantenimiento |                     | Vegetación sin control                                                                                                                                                                                                                         | GENERAL                                                                 | 2                            |

**Tabla 2. A.** Agentes antrópicos.  
**Table 2. A.** Anthropogenic agents.

| FACTORES DE ALTERACIÓN |              |                                  |                                                                                                       | CONSECUENCIA Y<br>PATOLOGÍAS OBSERVABLES                                                                                                                                   | MUESTRAS DE<br>ARTE<br>(nomenclatura<br>del artículo de A.<br>Llanos e I. Vegas | GRADO<br>DE<br>AFECCIÓN<br>(1 – 3) |
|------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| AGENTES NATURALES      | Geológicos   | Meteorización                    | Remoción en masa; probable hidroclastia; erosión alveolar                                             | Tensiones mecánicas; desprendimientos; abrasiones; fracturación; fisuras y microfisuras; exfoliación; descamación; disgregación; erosión                                   | C1-C4, C6, F11                                                                  | 3, 3, 3                            |
|                        |              | Formaciones                      | Carbonataciones                                                                                       | Costras; cubrición de la capa pictórica                                                                                                                                    | C1, C5, F4-F10                                                                  | 1, 1, 2                            |
|                        | Ambientales  | Cambios climáticos               | Diarios; estacionales                                                                                 | Estrés térmico; shock térmico; fracturación; fisuras y microfisuras; exfoliación; descamación; disgregación; ampollas; estallidos; erosión                                 | F1, F4-F10                                                                      | 1, 3                               |
|                        |              | Insolación y exposición lumínica |                                                                                                       | Catalización de reacciones químicas; alteraciones cromáticas; estrés térmico                                                                                               | C6, F4-F11                                                                      | 2, 3                               |
|                        |              | Agua                             | Humedad Relativa; capilaridad; precipitaciones (lluvia, nieve, granizo); coladas hídricas; inundación | Disolución y recristalización de sales; eflorescencias; disolución y arrastre de soporte y capa pictórica; atracción de agentes biológicos; costras; concreciones; pátinas | C1-C4, F1-F3, F11                                                               | 2, 3, 3                            |
|                        |              | Viento                           |                                                                                                       | Trasporte de elementos aeronavegantes abrasivos; erosión; transporte de polvo, semillas, cenizas; depósitos de polvo y otros elementos                                     | 2-3 GENERALIZADO                                                                |                                    |
|                        | Biodeterioro | Plantas superiores               |                                                                                                       | Acciones físicas mecánicas y químicas; fracturación; desprendimientos; cambios en patrones ambientales; material combustible; atracción de otras formas de biodeterioro    | C6, C1, F4-F10, F11                                                             | 1, 1, 1, 1,                        |
|                        |              | Macrofauna                       | Aves                                                                                                  | Depósitos                                                                                                                                                                  | F1                                                                              | 2                                  |
|                        |              | Microfauna                       | Insectos, arácnidos                                                                                   | Nidos; telarañas; depósitos; deyecciones; atracción de otras formas de biodeterioro                                                                                        | C6                                                                              | 2                                  |
|                        |              | Reacciones químicas              |                                                                                                       | Transformación del soporte y la capa pictórica; costras; concreciones; pátinas; oxidación; disgregación; alteraciones cromáticas                                           | F11                                                                             | 2                                  |

Tabla 2. B. Agentes naturales.

Table 2. B. Natural agents

solo no es suficiente como medida de protección como bien dicen Martínez y Guillem (2010), ya que se han visto alteraciones de origen antrópico bastante recientes, raspado de las grafías en negro y grabados nominativos. Sería necesario un plan de visitas periódicas, para mayor control en general.

Se deben ampliar las medidas de protección, ya que el abrigo está expuesto más al viento y a una fuerte insolación. Una solución sería plantar una serie de árboles que hicieran pantalla. Mientras estos crecen poner una malla verde (Figura 13) sobre la verja. Esta sería de un material sintético tratado para soportar los UV, ayudando a disminuir la cantidad de insolación recibida por el abrigo más los aerosoles transportados por el viento. Los árboles deben soportar bien las condiciones climáticas de la frontera entre la Ribera Alta y Baja. Al ser una zona de escasa precipitación hay que buscar entre las especies que no necesiten mucha agua pero que sean de suficiente follaje para que mitigue el viento y el impacto solar (Magar, 2001) que afecta bastante a Socuevas de San Miguel, también habría que tener en cuenta la altura que alcanza la o las especies seleccionadas, no optando por extremos, ni muy alto ni muy bajo ya que no cumplirían con su función correctamente y el tipo de hoja, mejor perenne. La encina (*Quercus Ilex*), está bastante extendida por la provincia alavesa, es de hoja persistente y tiene la característica excelente de optimizar sus funciones vitales según la estación en la que se encuentre. En este tipo de árbol la subespecie *rotundifolia*, que también se le conoce como Carrascal, es la que mejor aguanta estos cambios de estaciones. Al ser de crecimiento lento se debe pensar en otro tipo de árbol de desarrollo más rápido que pueda coexistir con él y que ayude con la función protectora para con el yacimiento, durante todo el año. Esta medida requerirá de una profunda planificación sobre donde plantarlos, teniendo en cuenta lo que se requiere de ellos, además del crecimiento de sus raíces, haciendo una estimación.



**Figura 13.** Ejemplo de malla verde.  
**Figure 13.** Example of green mesh.

Estas serían las dos medidas para paliar los principales efectos negativos, vandalismo y los efectos climáticos, que padece el abrigo de Socuevas de San Miguel de forma general. Ya que existen zonas bastante estables como la del considerado panel principal, que lo único que requeriría es un seguimiento periódico de la veladura y del soporte.

Pero lo mismo que se propone reforestar la ladera con estas especies arbóreas, también es importante tener un mayor control de la vegetación adyacente, la cual puede llegar a ser con el tiempo, un factor biológico de degradación definitivo. Se puede apreciar mejor el estado actual en las fotografías de los anexos.

En algunos casos va a requerir de una ligera poda, si se actúa lo más prontamente posible, hay algunos árboles cercanos, enredaderas y zarzales, en la zona central, que están creciendo sin control tanto fuera como dentro del vallado que cierra el abrigo. Los dos últimos serían los primeros sobre los que actuar, ya que si se les deja crecer más en las enredaderas formarían una unión más fuerte con la roca soporte y al intentar retirarlas podría provocar la rotura de este y en el caso de los zarzales formar una masa tupida que no deja crecer a otras especies vegetales que mitiguen el impacto solar y que también sirve como base para la colonización de ciertas especies animales. En ambos casos las sustancias que segregan las raíces podrían añadir un factor químico que desestabilizaría aún más la roca soporte, tanto de forma física como compositivamente cambiando el comportamiento de este frente a las agresiones externas.

Dado los riesgos geológicos unidos a los hidrológicos, no es recomendable realizar ninguna consolidación de los paneles. Ya que no merece la pena drenar el agua, al ser la capa superior de con-



glomerado y muy permeable. Cualquier reparación estará destinada al fracaso, sobre todo si no se añade algún elastómero que mitigue las tensiones estructurales, en el caso de los desprendimientos más graves. En los pequeños se podría intentar con algún adhesivo sintético distribuido en puntos, para que haya un libre intercambio de humedad entre el sustrato y el ambiente (Bednarik, 1995). En el caso de la figura C6 hubiera sido buena opción estudiar la utilización de un adhesivo o consolidante, a la par de una cubrición con una margen de distancia que mitigase la insolación y el agua, así como en el considerado el panel principal (C1-4) también con problemas de estabilidad, en el momento del descubrimiento, actualmente no tiene justificación el actuar.

Se podría optar por una opción más económica como un panel informativo o una que aúne las nuevas tecnologías con la posibilidad de exponer en un museo. Aquí se propone la realización de un facsímil a través de la tecnología 3D, el cual se podría exponer, sirviendo además como registro del estado actual de Socuevas de San Miguel, tanto el formato físico del facsímil como el archivo digital servirían para esto. A continuación, se muestra un ejemplo realizado con el programa Agisoft Metashape Standard versión 1.5.3 (Figuras 14 y 15) del considerado el panel principal de pinturas:



**Figura 14.** 3D realizado con la versión estándar del programa Metashape.

**Figure 14.** 3D made with the standard version of the Metashape program.



**Figura 15.** Rotaciones del 3D.

**Figure 15.** 3D rotations.

## 7.- CONCLUSIONES

Lo negativo de no haber un estándar de medidas de protección juega en detrimento de muchos yacimientos. Aunque si hay unas bases, es necesario estudiar hasta cuándo y dónde se puede intervenir, especificar unos límites con un margen adaptables a cualquier yacimiento. Más investigación dedicada a las manifestaciones al aire libre, sobre todo en materia de consolidación, ya que el comportamiento de los posibles productos en estas condiciones cambia su comportamiento.

Crear un reglamento específico si no a nivel estatal, provincial podría ayudar a paliar las lagunas de los reglamentos. Que, aunque no tenga un nivel de representaciones de 'alto rango', sirve para poner un punto en el mapa y observar hasta donde llegaron las representaciones de arte esquemático. Hasta hace no mucho enclaustradas en la zona de levante y que gracias al accidente por el cual se descubrió Socuevas, estamos viendo un ejemplo más de que esto no es así. Aportando más datos sobre la realización del arte parietal de este tipo y su evolución en el tiempo.

Hoy en día se pueden apreciar dos posturas opuestas entre sí en cuanto a la conservación del patrimonio, está el ejemplo de Altamira una cueva (Sánchez-Moral *et al.*, 2014), en donde se ha hecho un profundo estudio geológico y del entorno, comportamiento hídrico, un análisis microambiental, del aire, en definitiva, es un yacimiento al que se le ha dado la suficiente importancia como para realizar una gran inversión. No ocurre lo mismo con los yacimientos al aire libre en los cuales no existen estudios en profundidad que ayude a conservarlos en las mejores condiciones (Mael y Domingo, 2018), este tipo de yacimientos representan un mayor desafío a la hora de encontrar soluciones, pero todavía falta mucho recorrido para alcanzar a los estudios de cuevas o de yacimientos relevantes.

## 8.- AGRADECIMIENTOS

Agradecer primero a la Diputación Foral de Álava la concesión de este proyecto, al Bibat por su ayuda en la búsqueda de documentación de forma muy rápida. Y por último a mi tutora y a algunos asesores por la guía y la paciencia a la hora de tutelarme en la realización de este trabajo de final de máster, sin cuya ayuda no hubiera sido posible.

## 9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDNARIK, R. G.

1995 A new method to date petroglyphs. *Archaeometry*, 34: 108-117.

CARRASCO, M. J.

2016 *La monitorización de yacimientos arqueológicos en la Región de Murcia. Propuesta de una ficha para el diagnóstico del estado de conservación*. Trabajo final de máster, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

FERNÁNDEZ, V.

2010 Estado y conservación del arte rupestre. Algunas reflexiones y planteamientos para Cantabria. Las Cuevas con arte paleolítico en Cantabria. *Asociación Cántabra para la defensa del Patrimonio Subterráneo*, 367-368.

FORTEA, F. J.

1974 Algunas aportaciones a los problemas del arte levantino. *Zephyrus*, XXV: 225-257.

HERRÁEZ, J.

2005 La conservación preventiva del arte rupestre. *Arkeolan*. 13: 98-107

IGME (Instituto Geológico y Minero Español)

1979 Mapa geológico de España E. 1:50.000. Miranda de Ebro. 1. Madrid: Ministerio de Industria y Energía

IPCE (Instituto de Patrimonio Cultural Español)

2018 Fundamentos de Conservación Preventiva. Plan Nacional de Conservación Preventiva. Madrid: Ministerio de Cultura y Deporte.

LLANOS, A. y VEGAS, J.I.

2009 Caverna de Socuevas de San Miguel (San Miguel. Álava). Sus pinturas y grabados. *Estudios de arqueología alavesa*. 24: 225-274.

MACARRÓN, A.

2008 *Conservación del Patrimonio Cultural: Criterios y normativas*. Editorial Síntesis. Madrid.

MAGAR, V.

2001 Conservación de arte rupestre. En: *Conservación in situ de materiales arqueológicos. Un manual*. R. Schneider (Ed.): 101-106. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Córdoba (México).

MARTINEZ, R. y GUILLEM, P. M.

2010 Nuevas perspectivas metodológicas en la documentación y estudio y en la conservación del arte rupestre del arco mediterráneo. *La ciencia y el Arte II: Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, II: 138-148.

QUEROL, M. A.

2010 *Manual de Gestión del Patrimonio Cultural*. Akal: Madrid.

SANCHEZ-MORAL, S., CUEZVA, S., FERNÁNDEZ-CORTÉS, Á., *et al.*

2014 Estudio integral del estado de conservación de la cueva de Altamira y su arte paleolítico (2007 - 2009). Perspectivas futuras de conservación. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Madrid.

VEGAS, J.

1990 Arte Postpaleolítico en el País Vasco. *Munibe*. 42: 189-197.

VICENT, J. M., RODRIGUEZ, A. L., BERROCAL, M.C., *et al.*

1999 Documentación del arte rupestre levantino. Actuaciones del departamento de prehistoria del CSIC. *Revista de arqueología*. 218: 14-23.



## ANEXOS

### ANEXO 1



**Anexo 1.** Vista de la secuencia del estrato.  
**Appendix 1.** View of the stratum sequence.



**ANEXO 2**

**Anexo 2.** Muestra del velo de calcita.  
**Appendix 2.** Calcite veil sample.



### ANEXO 3



**Anexo 3.** Estado C6.  
**Appendix 3.** Status C6.

### ANEXO 4



**Anexo 4.** Grietas, fisuras y descamaciones en el panel principal.  
**Appendix 4.** Cracks, cracks and flaking on the main panel.



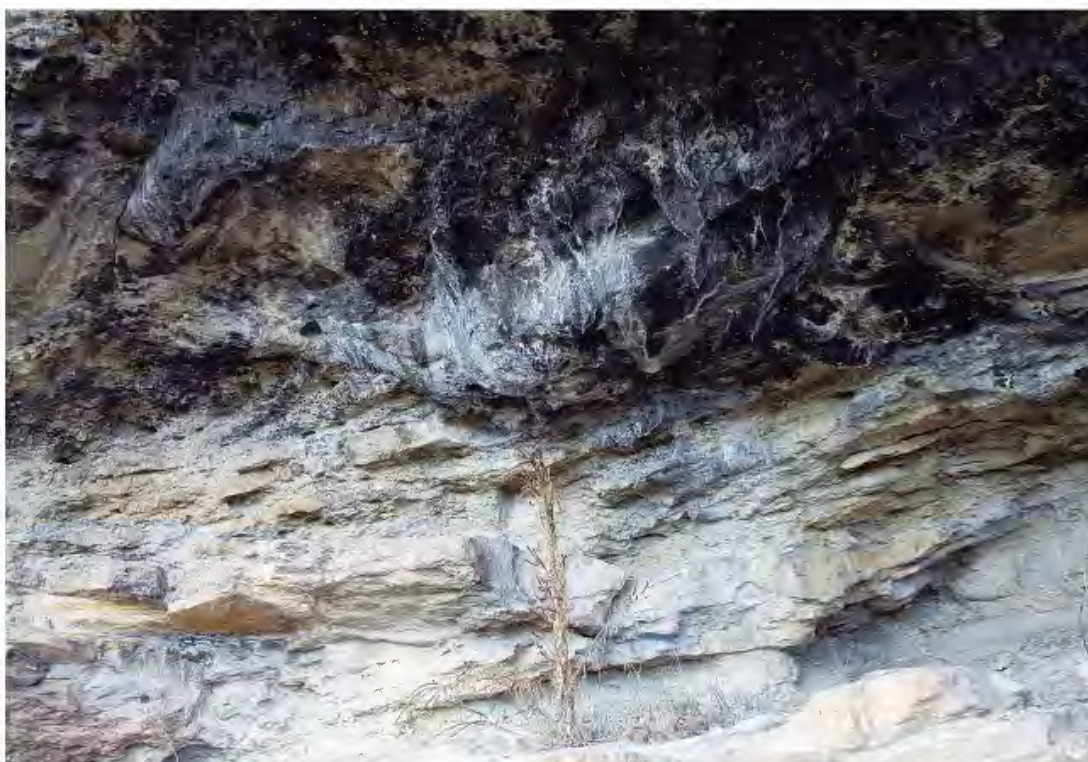
## ANEXO 5



**Anexo 5.** Grafismos en negro con, costras calcíticas y rayadas.

**Appendix 5.** Graphics with chalky, scratched scabs.

## ANEXO 6



**Anexo 6.** Marcas de escorrentía en el estrato de conglomerado.

**Appendix 6.** Marks of runoff in the conglomerate stratum.



## ANEXO 7



**Anexo 7 a y b.** Crecimiento de planta superior en mayo y julio 2019 respectivamente.  
**Appendix 7 a & b.** Upstairs growth in May and July 2019 respectively.

## ANEXO 8



**Anexo 8 a y b.** Crecimiento de planta superior en mayo y julio 2019 respectivamente.  
**Appendix 8 a & b.** Upstairs growth in May and July 2019 respectively.



## ANEXO 9



**Anexo 9 a y b.** Crecimiento de planta superior, enredaderas, zarzas, etc., en mayo y julio 2019 respectivamente.  
**Appendix 9 a & b.** Top-floor growth, vines, brambles, etc., in May and July 2019 respectively.

## ANEXO 10



**Anexo 10.** Vegetación en mayo del 2019.  
**Appendix 10.** Vegetation in May 2019.



## ANEXO 11



**Anexo 11.** Vegetación en julio del 2019.

**Appendix 11.** Vegetation in July 2019.



|                                                                          |       |       |       |      |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|
| CKQ Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies | nº 10 | 87-98 | LEIOA | 2020 | ISSN 2245-1282 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----------------|

# Análisis petrográfico de la cerámica neolítica del yacimiento de El Prado (Pancorbo, Burgos)

## Petrographic analysis of the neolithic ceramics of the El Prado site (Pancorbo, Burgos)

**PALABRAS CLAVES:** Neolítico, península ibérica, cerámica, petrografía.

**KEY WORDS:** Neolithic, Iberian Peninsula, ceramic, petrography.

**URKO SANTAMARIA DIAZ<sup>(1)</sup>**

### RESUMEN

El presente estudio plantea un análisis petrográfico de las cerámicas del asentamiento neolítico al aire libre de El Prado (Pancorbo, Burgos). Se marca como objetivo conocer la secuencia de manufactura y los rasgos tecnológicos aplicados a la cerámica, así como explorar las diferencias diacrónicas en su elaboración. La materia prima con la que se abastecieron procedía del entorno local y se ha observado el uso de desgrasantes de calcita y chamota en la manufactura de las cerámicas.

### ABSTRACT

This study presents a petrographic analysis of the Neolithic ceramics of the open air site El Prado in Pancorbo, Burgos. The aim of this paper is to know the manufacturing sequence and the technological features applied to ceramics, as well as to explore the diachronic differences in their manufacture. The raw material with which they were supplied came from the local environment and has been observed the use of calcite and grog in the manufacture of ceramics.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El Neolítico supuso una de las grandes transformaciones de la historia de la humanidad. Tradicionalmente se ha caracterizado el Neolítico con comunidades totalmente sedentarias, caracterizadas por un incremento de población, la aparición de la economía de producción y de otras tecnologías como la cerámica y la piedra pulimentada. Sin embargo, actualmente ciertos cambios tradicionalmente asociados al Neolítico están bien documentados en momentos previos, como por ejemplo cierto grado de sedentarización y la existencia de redes de intercambio (TARRIÑO, 2006). El Neolítico, por tanto, lo podemos definir como la transición entre dos tipos de base de subsistencia que supone la implantación y consolidación de la agricultura y ganadería. Este cambio ha sido profundamente estudiado y existen múltiples debates sobre la cronología y amplitud del mismo y el papel de las poblaciones mesolíticas en este proceso (HALSTEAD, 2012). Sin embargo, no se trata solamente de un cambio económico, sino que también afecta las esferas sociales e ideológicas (HALSTEAD, 2012). Representa una nueva conceptualización del entorno, transformando los ámbitos de la subsistencia, las relaciones sociales y las formas de comprender y transformar el paisaje (MARTÍNEZ DE LAGRÁN *et al*, 2012).

El comienzo del Neolítico en la península ibérica se sitúa en torno al 5600-5500 cal BC en el litoral mediterráneo, como resultado de una combinación de diversos mecanismos tanto de difusión demográfica (HERVELLA *et al*, 2012) como cultural (BESSE y GUILAINE, 2017), con la introducción de la agricultura, datada a partir de especies vegetales domésticas en yacimientos como la Cova de l'Or (GARCÍA-PUCHOL *et al*, 2017) y Mas d'Is (BERNABEU *et al*, 2003). Desde el litoral mediterráneo, la expansión de la agricultura y ganadería se produjo a través del valle Ebro hacia el interior peninsular,

<sup>(1)</sup> Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Facultad de Letras, UPV/EHU, C/ Tomás y Valiente s/n 01006 Vitoria-Gasteiz, hurko83@gmail.com.

**Director.** Asier Gómez Olivencia. Departamento Estratigrafía y Paleontología. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.

**Directora.** Miriam Cubas Morera. Área de Prehistoria, Departamento de Historia I y Filosofía. Universidad de Alcalá.





donde las primeras evidencias neolíticas se documentan, en torno al 5500-5300 cal BC (GARRIDO *et al*, 2012).

La cerámica es uno de los restos arqueológicos más abundantes en los yacimientos de la prehistoria reciente, y un elemento activo en la vida de las primeras sociedades campesinas, relacionada, en la mayor parte de los casos, con las actividades culinarias, aunque también aparece asociada a contextos de carácter funerario. Esto lo convierte en uno de los principales *proxies* para el estudio del Neolítico a través de las múltiples aplicaciones de análisis que abarcan desde el enfoque tecnológico, a la aproximación morfotipológica y su funcionalidad.

El presente estudio tiene como objetivo principal conocer el papel de la cerámica en el seno de la comunidad neolítica de El Prado a través del análisis petrográfico de una selección de muestras del conjunto cerámico. A partir de este objetivo general, se ha establecido una serie de objetivos específicos: 1) conocer la secuencia de manufactura desde la captación de las materias primas hasta el descarte del material en el yacimiento arqueológico; 2) explorar las diferencias diacrónicas en las técnicas de elaboración de las cerámicas y contextualizarlas con la procedencia arqueológica, para poder relacionarla con la distinta funcionalidad que se le otorga a los fosos del yacimiento.

En base a la información disponible sobre cerámicas neolíticas en la península ibérica (CLOP-GARCÍA, 2007; CUBAS, 2013; MCCLURE y MOLINA 2008), se puede plantear como hipótesis de partida; que las cerámicas del Neolítico en el yacimiento de El Prado presentarían una manufactura realizada a partir de materias primas disponibles en el entorno. Para contrastar esta hipótesis se estudiará la mineralogía cerámica y se comparará con la información geológica del entorno del yacimiento para ver si hay coherencia o, si por lo contrario, se observan diferencias en la materia prima, fruto del aprovisionamiento en un territorio más amplio o de intercambios con otras comunidades neolíticas. En segundo lugar, se ha observado que a lo largo del Neolítico no existe una producción estandarizada de la cerámica, observándose una cierta variabilidad en lo que a materias primas se refiere, aunque sí se han observado patrones recurrentes en las decoraciones y en el uso tecnológico de los desgrasantes (QUINN, 2013). Esto permite plantear que las cerámicas de El Prado podrían presentar una pauta común en la elección de los desgrasantes acorde a lo disponible en el entorno.

## 2.- LA EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA: EL YACIMIENTO DE EL PRADO

El yacimiento arqueológico de El Prado se localiza en el municipio de Pancorbo, en la provincia de Burgos (Figura 1). Está situado en una zona de transición geológica, morfológica y ambiental en las regiones naturales de La Bureba y los Montes Obarenes. La formación de ambos ambientes y sus materiales son diferentes, con sedimentos terciarios de origen fluvial en La Bureba con margas, arcillas y areniscas; y materiales cretácicos de origen lacustre en los Montes Obarenes, con abundantes calizas y dolomías (JIMÉNEZ-ECHEVARRÍA, 2017a). Se trata de un asentamiento al aire libre que abarca distintos momentos del Neolítico, localizado en un fondo de valle junto al desfiladero de Pancorbo, el cual ha servido de corredor natural desde la prehistoria, conectando la Meseta con el valle del Ebro. La neolitización de esta región se produjo en torno al 5500 cal BC como se observa en yacimientos como Mendandia (ALDAY, 2005) o Los Cascajos-El Blanquillo (GARCÍA y SESMA, 2007).

El yacimiento, descubierto en el año 2013, ocupa una superficie de 4.605 m<sup>2</sup> y forma parte de los denominados “campos de hoyos”, un tipo común como lugar de hábitat en la prehistoria reciente peninsular. Todo el registro estratigráfico está asociado a 50 estructuras negativas que se organizan en dos unidades de habitación con las mismas pautas estructurales (ALONSO-FERNÁNDEZ, 2017a). Se han obtenido cuatro dataciones absolutas por <sup>14</sup>C AMS y termoluminiscencia. Las dataciones radiocarbónicas de los restos óseos de las dos inhumaciones sitúan los eventos funerarios entre el 4830-4700 cal BC (Beta-366569: 5880±30 BP) y el 5220-5030 cal BC (Beta-438208: 6170±30 BP) en sintonía con los materiales arqueológicos encontrados. Una tercera datación procedente de una estructura de combustión sitúa su formación en un momento ligeramente más antiguo 5300-5060 cal BC (Beta-382775: 6220±30 BP). Por último, se realizó una datación por termoluminiscencia en un depósito cerámico que arrojó una cronología más reciente de finales del Neolítico 4040-3300 cal BC (MADN-6449bisBIN: 5687±373 BP) (JIMÉNEZ-ECHEVARRÍA, 2017b).



**Figura 1.** Localización del asentamiento neolítico de El Prado y otros yacimientos cercanos.

**Figure 1.** Location of El Prado Neolithic archaeological site and other nearby sites.

Las estructuras negativas documentadas son en su mayoría fosas o cubetas de escasa profundidad y sin revestimientos, seguidas por silos con revestimiento a base de arcilla con una posible funcionalidad de almacenaje. Existen dos fosas posiblemente relacionadas con el aprovechamiento de agua, una estructura de combustión y, por último, dos fosas funerarias asociadas a cada uno de los momentos de ocupación del asentamiento.

El asentamiento se interpreta como una ocupación de carácter temporal pero no necesariamente estacional y por el escaso número de materiales arqueológicos. La implantación agrícola de esta comunidad queda demostrada por la existencia de silos de almacenamiento (ALONSO-FERNÁNDEZ, 2017a), el registro palinológico (PÉREZ y LÓPEZ, 2017) y por distintos útiles líticos relacionados con el procesamiento de cereales (LAZÚEN y GONZÁLEZ-URQUIJO, 2017). El conjunto arqueozoológico, con mayor abundancia de restos de especies salvajes cazadas que de animales domésticos, contrasta con los resultados palinológicos que confirman un paisaje antropizado de pastos (JIMÉNEZ-ECHEVARRÍA, 2017c).

### 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

El conjunto cerámico documentado en el yacimiento de El Prado presenta características similares a otros yacimientos del neolítico antiguo de la Meseta Norte y del Alto/Medio valle del Ebro. Se trata generalmente de perfiles simples de tendencia abierta o recta, abundando las ollas y cuencos hemisféricos y globulares, y en menor número, recipientes de gran tamaño de borde cerrado y cuello estrecho. Destaca la presencia de recipientes con fondo cónico y la abundancia de elementos de prensión. Las técnicas y motivos decorativos comparten similitud con el valle del Ebro (ALONSO-FERNÁNDEZ, 2017b).

Actualmente, el material se encuentra depositado en el Centro Provincial de Burgos. Se han seleccionado 22 muestras de diferentes tipos de estructuras (silos, fosas, una estructura relacionada con el aprovechamiento del agua, estructuras funerarias y una estructura de combustión), distintas morfologías y motivos decorativos (ANEXO 1). La selección de muestras abarca toda la variabilidad contextual, tecnológica, morfológica y decorativa observada en el material cerámico. La preparación de las láminas delgadas se ha realizado mediante un corte vertical para conseguir mayor información sobre la tecnología empleada en su manufactura (QUINN, 2013). Todas las muestras han sido

analizadas mediante microscopio petrográfico de luz polarizada NIKON ECLIPSE LV100N POL y las fotografías tomadas con una cámara NIKON DIGITAL SIGHT DS-FI2 con el objetivo de conocer los rasgos texturales.

En relación con la matriz arcillosa se han considerado distintos aspectos como la coloración y la actividad óptica para conocer el grado de cocción de las cerámicas. La descripción de los poros dentro de la matriz se ha basado en las siguientes categorías: morfología y esfericidad (PETTIJOHN *et al*, 1973), densidad (MATTHEW *et al*, 1991), distribución y orientación. Con ello, se ha pretendido realizar un acercamiento a la técnica de modelado. En la descripción de las inclusiones no plásticas, se ha considerado la identificación mineralógica de las inclusiones, el tamaño, la morfología y esfericidad (PETTIJOHN *et al*, 1973), la densidad (MATTHEW *et al*, 1991) y la distribución. En relación al tamaño de las inclusiones, se ha medido, cuando ha sido posible, un mínimo de 100 inclusiones. Todo ello con el objetivo de discernir por un lado entre las inclusiones no plásticas, las cuales son partículas minerales u orgánicas que aparecen como residuales en la arcilla procedente de la roca de origen y de carácter no intencional por parte del alfarero o alfarera y, por otro lado, los desgrasantes, que son partículas añadidas intencionalmente en la arcilla con la finalidad de modificar sus cualidades plásticas.

Las láminas delgadas fueron después clasificadas en diferentes grupos de manufactura en función de sus rasgos texturales referentes a la matriz, inclusiones y porosidad (QUINN, 2013; WHIT-BREAD, 1989). Las diferencias de tamaño entre poblaciones se han explorado mediante la utilización de distintos test estadísticos. Debido a la distribución no normal de las poblaciones, se han empleado análisis no paramétricos (Kruskal-Wallis y U de Mann Whitney) considerando los minerales más representativos (calcita, cuarzo, calcita dolomitizada y chamota). Para estos análisis se utilizó el software PAST. En la representación visual de las distribuciones de los tamaños de grano se han utilizado histogramas realizados mediante el software SPSS.

## 4.- RESULTADOS

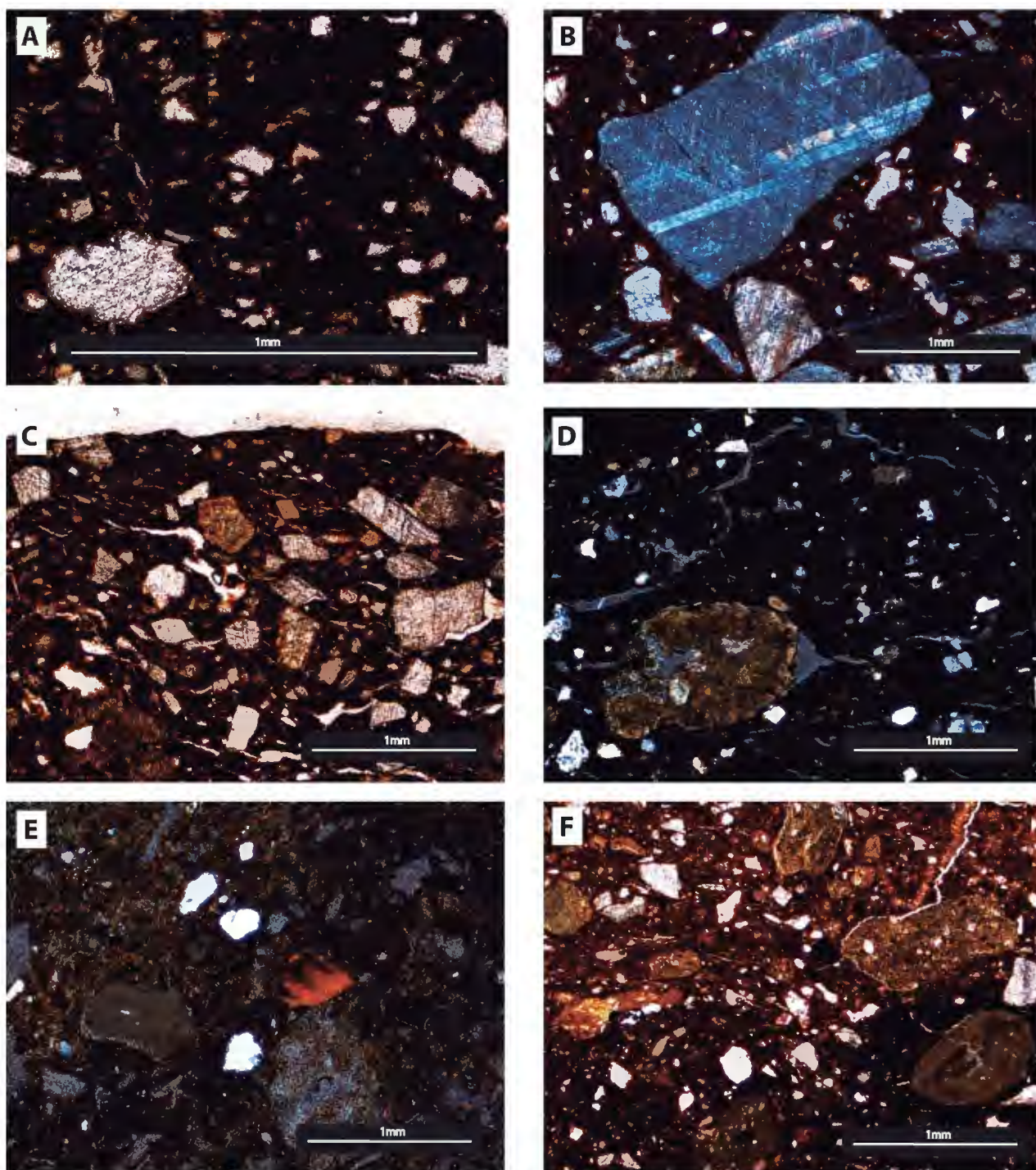
### 4.1. Descripción de los grupos de manufactura

El análisis petrográfico de las 22 muestras seleccionadas ha permitido la diferenciación de seis grupos de manufactura en función de las características de la matriz y de las inclusiones no plásticas. La muestra EP-22 no ha podido ser contabilizada por no estar en condiciones de analizarla petrográficamente por un fallo en la preparación de la lámina delgada.

**Grupo 1 (EP-8)** (Fig. 2A): Se compone de una sola lámina, un galbo de cocción alternante. La matriz es de color marrón oscura y con un alto grado de birrefringencia. La porosidad es muy escasa con morfología redondeada. Las inclusiones identificadas son el cuarzo que constituye la más abundante seguida de la moscovita. Los cuarzos tienen una morfología redondeada y esférica, con una distribución homogénea en toda la matriz. El tamaño medio del cuarzo es de  $0,1\pm0,08$  mm. Las moscovitas en cambio presentan una morfología angulosa y un tamaño medio del grano de  $0,08\pm0,03$  mm.

**Grupo 2 (EP-4, EP-5, EP-6, EP-9, EP-10 y EP-19)** (Fig. 2B): Lo componen seis muestras, de las cuales, tres son galbos, una base y dos bordes. Las cocciones son alternantes excepto dos muestras que son oxidantes. Las matrices se caracterizan por una coloración marrón y anaranjada con poros de morfología alargada y una orientación preferencial paralela a las superficies, destacando la muestra EP-5 donde los poros, en mitad de la muestra modifican su orientación y pasan a ser perpendiculares a la superficie. Se pueden observar distintas mineralogías: calcitas, calizas, algunas de ellas posiblemente de origen lacustre o marino, cuarzos y nódulos ferruginosos de forma abundante. En tres muestras también se ha encontrado, en menor medida, moscovita de morfología angulosa y olivino de morfología redondeada en una muestra. Se observan claramente dos poblaciones entre las inclusiones, por un lado, las calcitas de morfología angulosa y de un tamaño medio que oscila entre  $0,29\pm0,19$  mm en la EP-9 y  $0,61\pm0,48$  mm en la EP-4 y, por otro lado, los cuarzos con un tamaño medio de los granos que oscila entre  $0,13\pm0,09$  mm en la EP-5 y  $0,21\pm0,23$  mm. en la EP-6. Las calizas y los nódulos ferruginosos presentan una morfología redondeada.





**Figura 2.** Micrografías de lámina delgada de los rasgos texturales observados en los distintos grupos de manufactura. A) Grupo manufactura 1, fotografía en PPL (EP-8). B) Grupo manufactura 2, fotografía en XPL (EP-5). C) Grupo manufactura 3, fotografía en PPL (EP-7). D) Grupo de manufactura 4, fotografía en XPL (EP-3). E) Grupo de manufactura 5, fotografía en XPL (EP-15). F) Grupo de manufactura 6, fotografía en PPL (EP-14). Las siglas PPL hacen referencia a luz polarizada plana mientras que XPL hace referencia a luz polarizada cruzada.

**Figure 2.** Micrographs of the thin section and textural features observed in the different fabrics. A) Fabric 1, PPL photograph (EP-8). B) Fabric 2, XPL photograph (EP-5). C) Fabric 3, PPL photograph (EP-7). D) Fabric 4, XPL photograph (EP-3). E) Fabric 5, XPL photograph (EP-15). F) Fabric 6, PPL photograph (EP-14). The acronym PPL refers to plane polarized light while XPL refers to crossed polarized light.

**Grupo 3 (EP-1, EP-2, EP-7, EP-11, EP-12, EP-13, EP-16, EP-17 y EP-18)** (Fig. 2C): Lo componen nueve muestras, de las cuales cuatro son galbos, dos son bases, dos son bordes y una es un cuello. Todas ellas son de cocción alternante. La actividad óptica de la matriz arcillosa presenta una birrefringencia alta. La porosidad es alta con poros de morfología alargada y una orientación preferencial paralela a las superficies. Se pueden distinguir 5 mineralogías: calcitas espáticas, calcitas en proceso de dolomitización, fragmentos de roca caliza, muchas de ellas posiblemente de origen marino o lacustre, cuarzos y nódulos ferruginosos. Las calcitas espáticas son de morfología muy angulosa con un tamaño medio que oscila entre  $0,29 \pm 0,29$  mm en la EP-17 y  $1,51 \pm 1,19$  mm en la EP-1, mientras que las calcitas dolomitizadas son de morfología menos angulosa con un tamaño medio que oscila entre  $0,12 \pm 0,06$  mm en la EP-18 y  $0,8 \pm 0,78$  mm en la EP-16. Los cuarzos redondeados son de morfología redondeada con un tamaño medio de los granos de  $0,1 \pm 0,06$  mm.

**Grupo 4 (EP-3)** (Fig. 2D): Se trata de un galbo con perforaciones de cocción alternante. La matriz es de color marrón oscuro con alta birrefringencia. La porosidad es alta con poros de morfología alargada con una orientación preferencial paralela a las superficies. Se han identificado fragmentos de roca caliza y calcitas en proceso de dolomitización, estas últimas con una morfología ligeramente angulosa y con un tamaño de grano medio de  $0,14 \pm 0,18$  mm. También se ha identificado cuarzo, de morfología redondeada y con un tamaño medio de  $0,15 \pm 0,16$  mm. Por último, añadir que también se ha identificado nódulos ferruginosos, una turmalina y cuatro moscovitas.

**Grupo 5 (EP-15)** (Fig. 2E): Está formado por una muestra, un galbo con cocción alternante. La matriz tiene una birrefringencia alta y es de color marrón anaranjado. La porosidad es homogénea con poros de morfología alargada y con una orientación preferencial paralela a la superficie. Las inclusiones mayoritarias son los cuarzos de morfología redondeada con un tamaño medio de  $0,13 \pm 0,09$  mm. La muestra contiene fragmentos de roca caliza en bajo número y también dos restos óseos y dos biotitas.

**Grupo 6 (EP-14, EP-20, EP-21 y EP-23)** (Fig. 2F): Lo componen cuatro muestras, dos galbos, un cuello y una base, todos con cocción alternante. Las características de la matriz son la alta birrefringencia y una coloración marrón. Los poros son homogéneos en todas las muestras, de morfología alargada y con una orientación preferencial paralela a las superficies. Las inclusiones no plásticas están caracterizadas por el cuarzo de morfología redondeada y con un tamaño medio que oscilaría entre  $0,13 \pm 0,09$  mm en la EP-23 y  $0,15 \pm 0,22$  mm en la EP-20. La chamota de morfología ligeramente angular y con un tamaño medio que oscilaría entre  $0,14 \pm 0,09$  mm. en la EP-23 y  $1,23 \pm 0,68$  mm. en la EP-21. Las muestras EP-14 y EP-20 destacan por la presencia de calcitas de morfología angulosa y con un tamaño medio de los granos de  $0,31 \pm 0,24$  mm. La muestra EP-23 únicamente presenta un fragmento de calcita y otra en proceso de dolomitización.

## 4.2. Rasgos texturales: las poblaciones mineralógicas en los grupos identificados

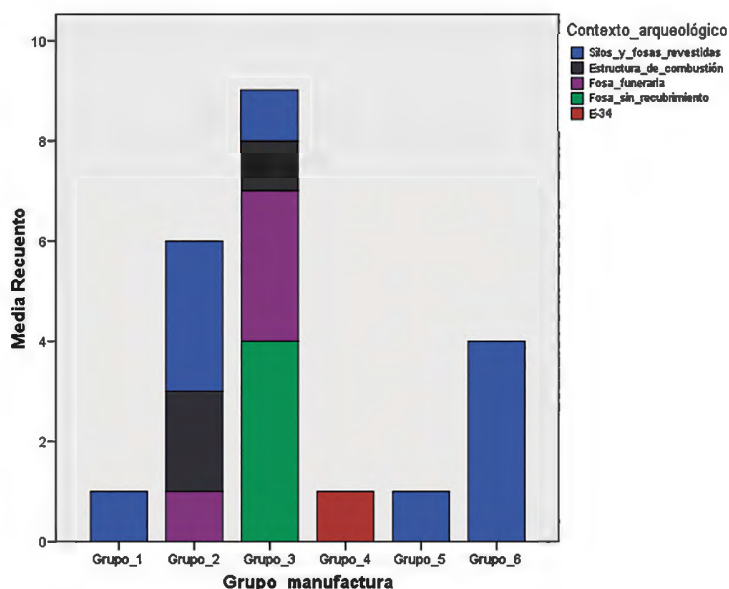
Tras la clasificación de las muestras en los distintos grupos de manufactura, se realizaron distintos análisis estadísticos para discernir entre desgrasantes e inclusiones no plásticas a través de las diferencias observadas en los tamaños de grano de cada mineralogía identificada. Se han considerado los cuarzos, las calcitas, las calcitas dolomitizadas y la chamota por ser las mineralogías más abundantes y presentes en la mayor parte de las muestras. Las únicas muestras no consideradas han sido la EP-8 y la EP-15 porque solo presentan granos de cuarzo. Las calcitas presentan una morfología muy angulosa, mientras que en la chamota esta morfología angulosa no es tan marcada, al igual que las calcitas dolomitizadas, donde la morfología es sub-angular a sub-redondeada y los cuarzos con una morfología redondeada.

En primer lugar, se aplicó un test de normalidad a las dimensiones de cada mineralogía por cada muestra para explorar si éstas presentaban una distribución normal de los valores, dando negativa en todos los casos. Por lo que se optó por realizar un test no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los tamaños de las mineralogías observadas en cada muestra. Todos estos análisis dieron como resultado la existencia de una diferencia significativa entre las medianas. Por lo que nos encontramos ante distintas mineralogías diferenciadas claramente por su tamaño de grano. En aquellos casos en



los que se compararon más de dos mineralogías en el test Kruskal-Wallis (EP-1, EP-2, EP-7, EP-11, EP-12, EP-13, EP-14, EP-16, EP-17, EP-18 y EP-20), también realizamos una prueba de Mann-Whitney entre cada par de mineralogías, con el objetivo de explorar las diferencias de población entre todas las mineralogías de las muestras analizadas. Todas las mineralogías presentan diferencias significativas entre sí en cuanto al tamaño de grano, exceptuando, las muestras EP-7 y la EP-17, donde no había diferencia significativa de tamaño entre los cuarzos y las calcitas dolomitizadas, y la muestra EP-13, donde la diferencia entre las calcitas y las calcitas dolomitizadas no era significativa. Por lo que, exceptuando los tres casos anteriormente mencionados, todas las poblaciones mineralógicas daban una diferencia significativa en cuanto al tamaño. La representación de las diferencias de estas poblaciones se puede apreciar en los histogramas.

Por otro lado, se hizo una comparativa entre los grupos de manufactura y el contexto arqueológico donde fueron encontrados con el objetivo de conocer la relación entre la funcionalidad otorgada a los fosos y los grupos de manufactura (Figura 3). De esta manera, se observa que el grupo de manufactura 1, está vinculado al contexto de silos y fosas revestidas. El grupo de manufactura 2, está relacionado con silos y fosas revestidas, estructura de combustión y fosa funeraria. El grupo de manufactura 3 se relaciona con fosas sin recubrimiento, silos y fosas revestidas, estructura de combustión y fosa funeraria. El grupo de manufactura 4 proviene de la estructura E-34 del Neolítico final, el cual se ha interpretado como una fosa de carácter ritual de tipo votivo (ALONSO-FERNÁNDEZ, 2017a). El grupo de manufactura 5 se relacionó con el contexto de silos y fosas revestidas. El grupo de manufactura 6 quedó relacionado únicamente con el contexto de silos y fosas revestidas.



**Figura 3.** Número de muestras por grupo de manufactura identificadas en las distintas estructuras arqueológicas.

**Figure 3.** Number of samples per fabric group identified in the different archaeological contexts.

## 5.- DISCUSIÓN

### 5.1. Procedencia de las materias primas

La comparación de la cerámica del yacimiento con el entorno geológico sugiere una recogida de la materia prima en un entorno cercano (IGME 1978). En el entorno del yacimiento hay unas series litológicas representadas por calizas y dolomías y por las facies de Pancorbo de arcilla margosa rojas, calizas en la bases y conglomerados. También se encuentran materiales del Cretácico Superior representados por calizas, calizas arenosas, calcarenitas y dolomías, de origen lacustre (JIMÉNEZ-ECHEVARRÍA, 2017a), todo ello a una distancia del yacimiento entre 1 a 3 kilómetros. Esto estaría reflejando, por tanto, una disponibilidad de las materias primas en el entorno del yacimiento coherente con la mineralogía observada en las láminas delgadas analizadas, todo ello en consonancia con otros trabajos realizados del Neolítico inicial en la península ibérica (CLOP-GARCÍA, 2007; CUBAS, 2013; MCCLURE y MOLINA 2008).

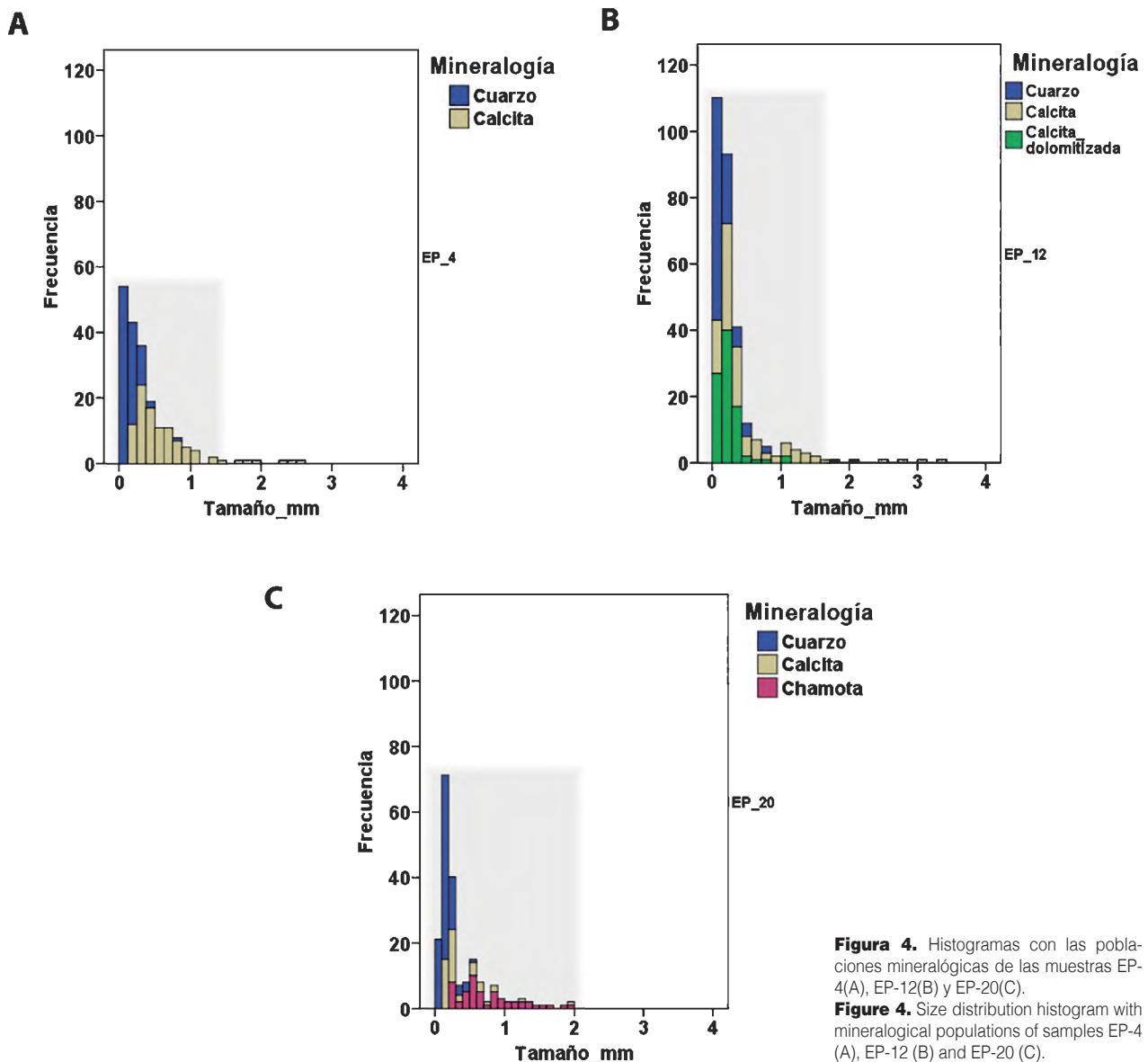
La identificación de inclusiones como las calcitas, las calcitas dolomitizadas y fragmentos de roca caliza, algunas de claro origen marino o lacustre, permite proponer que el aprovisionamiento de la materia prima para la realización de las cerámicas se produjo en el entorno inmediato, por lo que se descartaría una posible cerámica foránea fruto de intercambios entre comunidades campesinas diferentes. Teniendo en cuenta la descripción mineralógica de las muestras y su posterior clasificación en grupos de manufactura, se puede observar que la arcilla procede al menos tres lugares diferentes del propio entorno de Pancorbo; uno con arcillas con cuarzo, nódulos ferruginosos y caliza (Grupo 2,



5 y parte del grupo 6), otro similar, pero con calcitas dolomitizadas (grupo 3, 4 y parte del grupo 6) y un último caracterizado por la presencia únicamente de cuarzos y moscovitas (grupo 1).

## 5.2. Rasgos tecnológicos

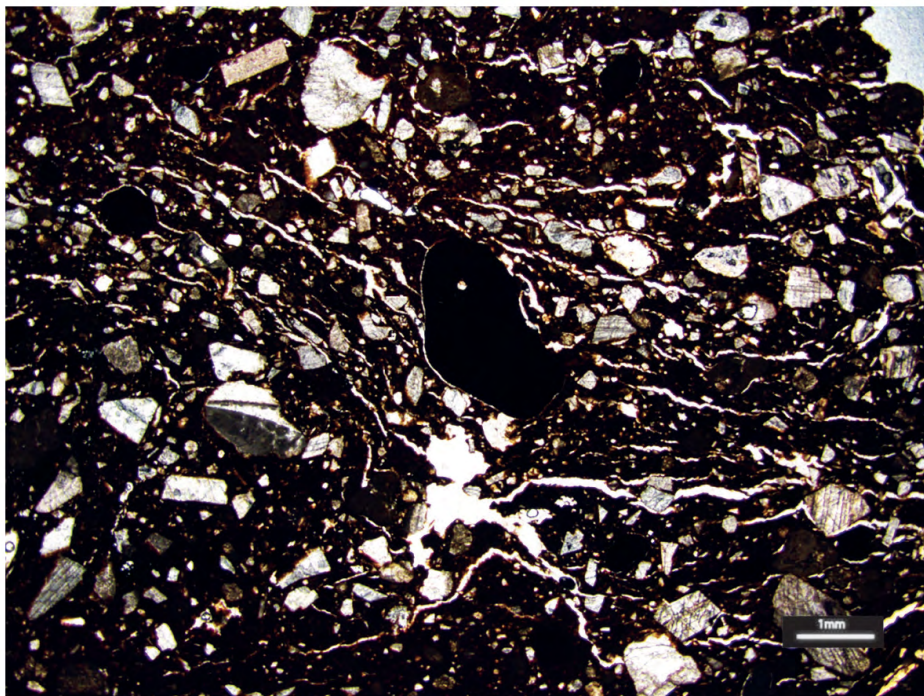
Los resultados de la comparación de los tamaños de grano de las distintas poblaciones mineralógicas y su morfología nos permiten proponer el uso de las calcitas y la chamota como desgrasantes añadidos intencionadamente. Los grupos de manufactura 2, 3 y 6 son los que presentan la utilización intencional de desgrasantes. Las distintas distribuciones de tamaño de las mineralogías se pueden observar claramente en la Figura 4. En ella se representan las muestras más características de los grupos de manufactura anteriormente mencionados (EP-4, EP-12 y EP-20). De esta forma, en el conjunto cerámico analizado, nos encontramos ante cerámicas sin desgrasante, otras con desgrasante de calcita, otra con chamota y con calcita y chamota. La utilización de chamota y calcita está bien documentada en el Neolítico inicial (CLOP-GARCÍA, 2007; CUBAS, 2013), por lo que su identificación en el yacimiento de El Prado no es discordante con la evidencia disponible. Se puede observar que el uso tecnológico del desgrasante se utilizó en arcillas de distinto origen.



**Figura 4.** Histogramas con las poblaciones mineralógicas de las muestras EP-4(A), EP-12(B) y EP-20(C).

**Figure 4.** Size distribution histogram with mineralogical populations of samples EP-4 (A), EP-12 (B) and EP-20 (C).

Por otro lado, las evidencias de marcas tecnológicas relacionadas con los procesos de modelado son escasas en las muestras analizadas. La muestra EP-5 donde los poros, en mitad de la muestra cambia la orientación preferencial perpendicular a la superficie para luego volver a una orientación preferencial paralela a la superficie, se podría interpretar como la unión de dos placas en el proceso de modelado (Figura 5).



**Figura 5.** Muestra EP-5 donde se aprecia el cambio de orientación de los poros, fotografía en PPL.

**Figure 5.** Sample EP-5 where orientation of the voids is appreciated, photo in PPL.

### 5.3. Funcionalidad de los contextos arqueológicos y su relación con los grupos de manufactura

La relación entre los grupos de manufactura y la funcionalidad de los hoyos donde fueron encontradas las muestras, no muestra un patrón recurrente. Aunque se tiene que destacar que el grupo de manufactura 4 únicamente aparece en la fosa del Neolítico final. Por otro lado, destaca la relación del grupo de manufactura 6 con los silos y fosas revestidas, las cuales servían como contenedores a medio y largo plazo para la reserva de alimentos (ALONSO-FERNÁNDEZ, 2017a). Pero no es el único grupo relacionado con este contexto, siendo además la funcionalidad más frecuente de los hoyos en el yacimiento (Fig. 3). Por lo tanto, no parece observarse una relación entre las distintas materias primas y los contextos arqueológicos de procedencia.

## 6.- CONCLUSIONES

La mineralogía de las muestras estudiadas y el entorno geológico presentan una gran coherencia, y, por ello, lo más probable es que la materia prima utilizada para la manufactura cerámica sea procedente del entorno más cercano, siendo todas ellas de ámbito local. Estos resultados estarían en consonancia con lo observado en otras cerámicas del Neolítico inicial de la península ibérica. No se aprecia una estandarización en el aprovisionamiento de la arcilla, aunque se observa una utilización recurrente de los desgrasantes. El uso de desgrasante no se relaciona con un contexto arqueológico concreto. En cualquier caso, no podemos afirmar que exista una estandarización de la manufactura, pero sí una pauta recurrente en la elección de los desgrasantes. Por otro lado, la única muestra perteneciente al Neolítico Final (EP-3, grupo manufactura 4), no contiene desgrasantes y presenta rasgos texturales diferentes a las muestras adscritas a momentos más antiguas, denotando distintas elecciones tecnológicas en su elaboración.

## 7.- AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Carmen Alonso Fernández por la disponibilidad de los materiales y su confianza en este estudio, a Miguel Ángel Sánchez Carro de la Universidad de Cantabria por toda la ayuda prestada en la preparación de las muestras, y al Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la UPV/EHU por abrirme sus puertas. También me gustaría agradecer a Miriam Cubas y Asier Gómez por su infinita paciencia y por prestarme ayuda en cualquier momento y por último a Lorea Valcárcel Jiménez por ilustrarme cuando lo necesitaba.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

ALDAY RUIZ, A

- 2005 El campamento prehistórico de Mendandia: ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8500 y el 6400 b. P, Diputación Foral de Álava (Colección Barandiarán, 9), Vitoria.

ALONSO-FERNÁNDEZ, C.

- 2017 Estudio técnico, formal y decorativo de la cerámica del yacimiento El Prado. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica)*, 79-91. Archaeopress, Oxford.
- 2017 Registro estratigráfico de El Prado y evidencias estructurales. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica)*, 9-25. Archaeopress, Oxford.

BESSE, M., y GUILAINE, J.

- 2017 *Materials, productions, exchange network and their impact on the societies of Neolithic Europe*, Oxford, Archaeopress.

BERNABEU, J. A., KÖHLER, T. O., CASTILLO, A. D., PUCHE, M. G., y HERNÁNDEZ, F. J. M.

- 2003 Mas d'Is (Penàguila, Alicante): aldeas y recintos monumentales del Neolítico Inicial en el valle del Serpis. *Trabajos de prehistoria*, 60(2): 39-59.

CLOP-GARCÍA, X.

- 2007 *Materia prima, cerámica y sociedad. La gestión de los recursos minerales para manufacturas cerámicas del 3100 al 1500 ANE en el noreste de la Península Ibérica*. Archaeopress, Oxford.

CUBAS, M.

- 2013 *La aparición de la tecnología cerámica en la región cantábrica*, Archaeopress, Oxford.

GARCÍA, J.G., y SESMA, J.

- 2007 Enterramientos en el poblado neolítico de Los Cascajos (Los Arcos), *La tierra te sea leve. Arqueología de la muerte en Navarra*, 52-58. Gobierno de Navarra. Departamento de Cultura y Turismo. Institución Príncipe de Viana, Pamplona.

GARCÍA-PUCHOL, O., CASTILLO, A. A. D., y PARDO-GORDÓ, S.

- 2017 Timing the Western Mediterranean last hunter-gatherers and first farmers. En *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*, 69-99. Springer.

GARRIDO, R. P., ROJO, M. A., DE LAGRÁN, I. G. M., y TEJEDOR, C.

- 2012 Cuenca del Duero. En *El neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*, 464-505. Madrid. Cátedra.

HALSTEAD, P.

- 2012 Las transformaciones económicas del Neolítico en Europa. En *El neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*, 27-40. Madrid. Cátedra.

HERVELLA, M., IZAGIRRE, N., ALONSO, S., FREGEL, R., ALONSO, A., CABRERA, V. M., y DE LA RÚA, C.

- 2012 Ancient DNA from hunter-gatherer and farmer groups from Northern Spain supports a random dispersion model for the Neolithic expansion into Europe. *PLoS one*, 7(4), e34417.



IGME

1978 *Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 'Casalarreina'.* Madrid, Ministerio de Industria.

JIMÉNEZ-ECHEVARRÍA, J.

2017 Cronología absoluta del registro arqueológico de El Prado. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica, 27-38.* Archaeopress, Oxford.

2017 El yacimiento arqueológico "El Prado": marco geográfico, geomorfológico y ambiental. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica, 3-7.* Archaeopress, Oxford.

2017 Estudio arqueozoológico del yacimiento El Prado. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica, 165-172.* Archaeopress, Oxford.

LAZÚEN, T., y GONZALEZ-URQUIJO, J.

2017 Functional analysis of chipped stone too is from the Neolithic open air site of El Prado. En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica, 67-77.* Archaeopress, Oxford.

MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I. G., PENA, R. G., GUERRA, M. Á. R., y RODRÍGUEZ, C. T.

2012 Historia de un debate: planteamientos teóricos sobre la neolitización de Europa y la Península Ibérica. En *El neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo, 71-94.* Madrid. Cátedra.

McCLURE, S. D., y MOLINA BALAGUER, L.

2008 Neolithic ceramic technology and cardial ware in the Alcoi basin, Valencia. En *IV Congreso del Neolítico Peninsular.* Museo Arqueológico de Alicante, Alicante.

MATTHEW, A. J., WOODS, A. J. y OLIVER, C.

1991 Spots before the eyes: new comparison charts for visual percentage estimation in archaeological material. En *Recent developments in ceramic petrology, 211-263.* British Museum (Occasional Paper 81), Londres.

PÉREZ, S.D. y LÓPEZ, J. A. S.

2017 El Neolítico antiguo en la sub-meseta Norte desde una perspectiva paleoambiental: estudio palinológico del yacimiento arqueológico de El Prado (Pancorbo, Burgos). En *Vida y muerte en el asentamiento del Neolítico Antiguo de El Prado (Pancorbo, Burgos: construyendo el Neolítico en la Península Ibérica, 155-164.* Archaeopress, Oxford.

PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. y SIEVER, R.

1973 *Sand and sandstone,* Springer-Verlag, Nueva York.

QUINN, P. S.

2013 Ceramic petrography. *The interpretation of archaeological pottery and related artefacts in thin section,* Archaeopress, Oxford.

TARRIÑO, A.

2006 *El sílex en la cuenca vasco-cantábrica y el Pirineo navarro,* Ministerio de Cultura (Monografías Centro de Investigación y Museo de Altamira), Madrid.

WHITBREAD, I. K.

1989 A proposal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient ceramic technology. *Archaeometry: proceedings of the 25th international symposium, 127-138.* Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

## ANEXO 1: ANÁLISIS MACROSCÓPICO

| Muestra | Año  | UE   | Estructura                         | Sigla         | Dimensiones |         |        | Manufactura    |            | Morfología              |                    | Tratamiento superficial |               |                      | Decoración   |                       |
|---------|------|------|------------------------------------|---------------|-------------|---------|--------|----------------|------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------------|
|         |      |      |                                    |               | Longitud    | Anchura | Grosor | Técnicas       | Cocción    | Morfología fragmento    | Morfología         | Sup. Interior           | Sup. Exterior | Técnica de ejecución | Localización | Motivos representados |
| EP-1    | 2016 | 801  | E-8 Fosa/Cubeta sin recubrimiento  | 13.16/801.07  | 28.32       | 18.55   | 6.27   | A mano         | Alternante | Borde                   | redondeado convexo | Alisado                 | Alisado       | Impresa, Boquite     | exterior     | lineal paralelo       |
| EP-2    | 2016 | 2101 | E-21 Fosa/Cubeta sin recubrimiento | 13.16/2101.03 | 23.14       | 35.88   | 7.51   | a mano         | Alternante | Galbo                   | convexo            | inapreciable            | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-3    | 2016 | 3401 | E-34                               | 13.16/3401.02 | 29.45       | 39.85   | 6.57   | A mano         | Alternante | Galbo con perforaciones | convexos           | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-4    | 2016 | 4902 | E-49 Silos y fosas revestidas      | 13.16/4902.09 | 48.66       | 43.76   | 10.05  | A mano         | Alternante | base                    | cónica             | Alisado                 | regularizado  | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-5    | 2016 | 604  | E-6 Fosa funeraria                 | 13.16/604.02  | 55.98       | 75.34   | 10.69  | A mano         | Oxidante   | galbo                   | convexo            | alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-6    | 2016 | 4902 | E-49 Silos y fosas revestidas      | 13.16/4902.10 | 42.12       | 31.71   | 10.5   | A mano         | Alternante | galbo indeterminado     | convexo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-7    | 2016 | 1002 | E-10 Silos y fosas revestidas      | 13.16/1002.5  | 28.1        | 30.56   | 9.55   | A mano         | Alternante | cuello                  | concavo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-8    | 2016 | 1002 | E-10 Silos y fosas revestidas      | 13.16/1002.04 | 39.64       | 33.14   | 9.17   | A mano         | Alternante | galbo                   | convexo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-9    | 2016 | 4003 | E-40 Estructura de combustión      | 13.16/4003.05 | 65.37       | 51.57   | 11.24  | A mano         | Alternante | galbo                   | convexo            | Alisado                 | inapreciable  | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-10   | 2016 | 4001 | E-40 Estructura de combustión      | 13.16/4001.27 | 34.76       | 30.55   | 10.16  | A mano         | Oxidante   | borde                   | redondeado convexo | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-11   | 2016 | 4001 | E-40 Estructura de combustión      | 13.16/4001.28 | 40.2        | 37.24   | 10.75  | A mano         | Alternante | Borde                   | redondeado convexo | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-12   | 2016 | 702  | E-7 Fosa/Cubeta sin recubrimiento  | 13.16/702.11  | 66.67       | 80.75   | 14.5   | A mano         | Alternante | base                    | cónica             | inapreciable            | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-13   | 2016 | 701  | E-7 Fosa/Cubeta sin recubrimiento  | 13.16/701.16  | 36          | 35.09   | 10.73  | A mano         | Alternante | galbo                   | recto              | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-14   | 2016 | 2602 | E-26 Silos y fosas revestidas      | 13.16/2602.05 | 32.8        | 51.37   | 11.3   | A mano         | Alternante | cuello                  | concavo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-15   | 2016 | 2601 | E-26 Silos y fosas revestidas      | 13.16/2601.09 | 45.27       | 25.41   | 11.26  | A mano         | Alternante | galbo                   | convexo            | regularizado            | inapreciable  | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-16   | 2016 | 1402 | E-14 Fosa funeraria                | 13.16/1402.17 | 62.24       | 76.3    | 9.71   | A mano         | Alternante | galbo                   | convexo            | Alisado                 | bruñido       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-17   | 2016 | 1402 | E-14 Fosa funeraria                | 13.16/1402.21 | 66.71       | 96.97   | 11.37  | A mano         | Alternante | base                    |                    | regularizado            | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-18   | 2016 | 1402 | E-14 Fosa funeraria                | 13.16/1402.16 | 55.03       | 69.49   | 8.43   | A mano         | Alternante | galbo                   | convexo            | inapreciable            | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-19   | 2016 | 306  | E-3 Silos y fosas revestidas       | 13.16/306.4   | 45          | 57.53   | 8.48   | A mano         | Alternante | Borde                   | redondeado convexo | regularizado            | regularizado  | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-20   | 2016 | 301  | E-3 Silos y fosas revestidas       | 13.16/301.16  | 23.1        | 52.73   | 14.15  | A mano         | Alternante | base                    | cónica             | inapreciable            | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-21   | 2016 | 304  | E-3 Silos y fosas revestidas       | 13.16/304.1   | 45.69       | 26.67   | 9.87   | A mano         | Alternante | galbo indeterminado     | convexo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-22   | 2016 | 304  | E-3 Silos y fosas revestidas       | 13.16/304.02  | 33.66       | 25.4    | 12.44  | a mano. Placas | Alternante | galbo indeterminado     | convexo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |
| EP-23   | 2016 | 306  | E-3 Silos y fosas revestidas       | 13.16/306.03  | 31.33       | 40.13   | 9.86   | A mano         | Alternante | galbo indeterminado     | convexo            | Alisado                 | Alisado       | ---                  | ---          | ---                   |



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

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



**CKQ**

Estudios de Cuaternario  
Kuaternario Ikasketak  
Quaternary Studies

**N.º 10 - 2020**

---

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



**ANA DE DIOS CUBILLAS**

Estudio de la mineralogía y estructuras de *cold seeps* y sus implicaciones astrobiológicas en el satélite Europa

**JON ANDER GONZÁLEZ DE HEREDIA FERNÁNDEZ DE ERIBE**

Análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados en la Estación Megalítica de Entzia-Urbasa (Álava-Navarra)

**JAGOBA HIDALGO MASA**

Análisis de las estructuras visibles del yacimiento arqueológico de Malmasin (Arrigorriaga, Bizkaia): aportación de las imágenes LIDAR

**NOEMI MERA PEÑA**

Abrigo de Socuevas de San Miguel (Rivabellosa, País Vasco): Análisis del estado de conservación y propuestas de acción preventiva

**URKO SANTAMARIA DIAZ**

Análisis petrográfico de la cerámica neolítica del yacimiento de El Prado (Pancorbo, Burgos)



SOCIEDAD DE CIENCIAS  
SCIENCE SOCIETY  
SOCIÉTÉ DE SCIENCES