



Facultad de Filosofía y Letras
Máster en Prehistoria y Arqueología

Análisis de los Indicios Metalúrgicos de la Cueva de
Arangas (Cabrales, Asturias)

*Analysis of the Metallurgical Evidence from Arangas Cave (Cabrales,
Asturias)*

Alberto Puente García

Directores: Pablo Arias Cabal¹ e Ignacio Montero Ruíz²

Curso 2024 / 2025

¹ Catedrático de Prehistoria en la Universidad de Cantabria.

² Investigador Científico en el Instituto de Historia (CSIC)

A-RESUMEN:

El yacimiento de la Cueva de Arangas presenta en su registro arqueológico un hallazgo de suma importancia para el conocimiento de la metalurgia prehistórica en la región cantábrica. Por ello, es necesaria una actualización y revisión de la documentación arqueológica además de un nuevo estudio de los restos. Sobre este primer objetivo, la investigación prosiguió en dos temas principales: la búsqueda del origen del mineral de cobre procesado en el yacimiento y la caracterización y comparación de las estructuras de combustión en relación con las actividades metalúrgicas. Este trabajo nos ha permitido conocer nuevos datos a través del estudio químico-elemental de los restos metalúrgicos, así como del análisis morfológico y contextual de las estructuras de combustión presuntamente utilizadas para actividades metalúrgicas. Los resultados son prometedores y ofrecen una nueva visión sobre los distintos focos mineros de la cornisa cantábrica a inicios de la Edad del Bronce. Por su parte, las estructuras de combustión presentan importantes indicios para relacionarlas con la metalurgia, como es el alto grado de calcinación de restos y estratos inferiores que presuponen una morfología compleja y sofisticada que no ha llegado completa hasta nuestros días. El estado de la investigación es aún preliminar pero estos datos introducen interesantes ideas, que nos hablan de la importancia del desarrollo de la metalurgia y su tecnología en entornos mineros de primera instancia durante la Prehistoria, como es en este caso el sector centro-oriental de Asturias.

B-ABSTRACT:

The site of the Cueva de Arangas presents in its archaeological record a finding of great importance for the knowledge of prehistoric metallurgy in the Cantabrian region. Therefore, it is necessary to update and revise the archaeological documentation as well as a new study of the remains. On this first objective, the research continued on two main topics: the search for the origin of the copper ore processed at the site and the characterization and comparison of the combustion structures in relation to the metallurgical activities. This work has provided us with new data through the chemical-elemental study of the metallurgical remains, as well as the morphological and contextual analysis of the combustion structures presumably used for metallurgical activities. The results are promising and offer a new vision on the different mining centers of the Cantabrian coast at the beginning of the Bronze Age. On the other hand, the combustion structures present important indications to relate them to metallurgy, such as the high degree of calcination of remains and lower strata that presuppose a complex and sophisticated morphology that has not arrived complete to our days. The state of research is still preliminary but these data introduce interesting ideas, which speak to us of the importance of the development of metallurgy and its technology in mining environments of first instance during the Prehistoric period, as is in this case the central-eastern sector of Asturias.

C-PALABRAS CLAVE:

Arqueometalurgia, Edad del Bronce, Cueva de Arangas, Estructuras de Combustión

D-KEYWORDS:

Archaeometallurgy, Bronze Age, Arangas Cave, Combustion Structures

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco en primer lugar, como no puede ser de otra forma, a mi director Pablo Arias Cabal y a mi codirector Ignacio Montero Ruíz. Ellos han sabido guiarme a través de este trabajo y han resuelto cualquier duda que podría tener. Gracias a Pablo por darme la posibilidad de estudiar este complejo, pero interesante yacimiento y a Ignacio por introducirme en un tema nada conocido por mí, como es la Arqueometalurgia, pero que ha terminado por apasionarme.

Agradezco en segundo lugar a todo el equipo del grupo SCOPE y técnicos del IIIPC porque siempre han estado dispuestos a ayudarme y aconsejarme en cualquier cuestión concreta del trabajo. Doy las gracias a Luis Cesar Teira Mayolini por su incansable ayuda con los sistemas de información geográfica y otras cuestiones de la documentación gráfica de restos arqueológicos. Ignacio Catanedo Tapia, quien no dudó un segundo en ayudarme con el tema de las fotografías, escaneo 3D y digitalización de diapositivas. No podría terminar este párrafo sin hacer una especial mención a Rodrigo Portero, quien también supo responderme a numerosas dudas sobre los restos faunísticos que estudié.

Especial mención querría hacer de mis diez compañeros del Máster con quienes he pasado gran parte del curso en situaciones que a veces han sido más alegres y otras no tanto. No me puedo quejar de compañía y sigo creyendo que hemos sido un muy buen curso por el compañerismo y la amistad resultante. Lo cierto es que todos han sido de gran ayuda y apoyo para la realización de este trabajo y en gran medida nos hemos acompañado mutuamente en este proceso.

Para terminar, quiero dar un especial agradecimiento a Jimena quien, a pesar de la distancia, ha sido mi principal fuente de apoyo e inspiración para seguir adelante con el duro trabajo. Junto a ella, mi familia y mis cuatro amigos de la carrera han conseguido ser ese impulso emocional que me ha hecho llegar hasta aquí, con la esperanza de realizar un buen trabajo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y ARQUEOLÓGICO	7
2.1. MARCO GEOGRÁFICO: CORNISA CANTÁBRICA	7
2.2. MARCO CRONOLÓGICO: LA EDAD DEL BRONCE ANTIGUA	8
2.2.1. Contexto bioclimático:	9
2.2.2. Contexto humano y social:	9
3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	13
3.1. HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	13
3.2. MINERÍA Y METALURGIA DEL BRONCE CANTÁBRICO.....	15
3.2.1. Minería prehistórica del cobre.....	15
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	18
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA:.....	19
5.1. MATERIALES: LA CUEVA DE ARANGAS	20
5.1.1. Secuencia estratigráfica	20
5.1.2. Análisis cronológico	22
5.2. METODOLOGÍA:	24
5.2.1. Análisis químico-elemental de los restos:	25
6. RESULTADOS.....	26
6.1. RESTOS METALÚRGICOS	26
6.1.1. Aproximación general	27
6.1.2. Análisis elemental de restos	30
6.1.3. Caracterización metálica por impurezas:.....	41
6.2. MINERALES Y RECURSOS CUPRÍFEROS:.....	47
6.3. ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN:.....	49

6.4.	TIZNADO Y CALCINACIÓN DE RESTOS FAUNÍSTICOS	55
6.4.1.	Análisis espacial y estratigráfico:	56
6.4.2.	Cambios en las coloraciones óseas:	61
6.4.3.	¿Impregnación de cobre en restos óseos?	63
7.	DISCUSIÓN.....	65
7.1.	LAS PRODUCCIONES METALÚRGICAS DE ARANGAS EN EL CONTEXTO CANTÁBRICO	65
7.2.	LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN METALÚRGICAS:	69
7.2.1.	Calcinación de restos óseos y grado de combustión:	74
8.	CONCLUSIONES.....	75
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
10.	ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	81
10.1.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	81
10.2.	ÍNDICE DE TABLAS.....	83
11.	ANEXO DE IMÁGENES	84
12.	ANEXO DE ANÁLISIS.....	90

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las sociedades que habitaron la cornisa cantábrica durante la Prehistoria reciente ha tenido un menor desarrollo que el de los grupos paleolíticos. Las razones pueden ser variadas y deberse a multitud de factores. En primer lugar, porque la investigación ha estado profundamente enfocada a otros periodos que parecen gozar de mayor presencia en los registros cantábricos, como puede ser el Paleolítico superior y, sobre todo, las manifestaciones del arte parietal paleolítico.

Otro elemento que viene de la mano es la supuesta mayor importancia de otras regiones para el estudio de las sociedades pospaleolíticas y sobre todo durante la Edad de los Metales. Otras regiones peninsulares, especialmente el Sur y el Levante, parecen contener registros arqueológicos más ricos o demostrables de unas culturas más complejas y características de estos momentos de cambios económicos y sociales. Ejemplo de ello son los potentes yacimientos de los asentamientos amurallados calcolíticos como Los Millares (Almería) o ya durante el Bronce como El Argar (Almería) o la Cultura de las Motillas (La Mancha).

Estos ejemplos nada tienen que ver con las sociedades contemporáneas de la cornisa cantábrica que siempre son analizadas con un punto de vista de aislamiento donde los principales avances y cambios económicos y sociales llegan con gran posterioridad respecto a otros lugares europeos y peninsulares.

En nuestro caso abordaremos la investigación de un tema poco o nada tratado para estos contextos cantábricos, como es el estudio de la metalurgia primitiva del cobre, en concreto el estudio de las estructuras de combustión y los restos de actividades metalúrgicas asociados. El registro arqueológico de Arangas debe ser revisitado y actualizado, pues las evidencias que contiene sobre estos dos elementos son de gran importancia para el estudio actual de la evolución de la metalurgia en este contexto.

La depresión prelitoral del Oriente de Asturias cuenta con una riqueza amplísima de minerales cupríferos fácilmente obtenibles. Prueba de su explotación primitiva son las evidencias arqueológicas de varios centros mineros como: El Aramo (Riosa) (de Blas, 1991; 2014; de Blas y Suárez Fernández, 2022) y El Milagro (Onís) (de Blas, 1991; 2001, 2007). También contamos con algunos depósitos de objetos de bronce en Gamonéu (Onís), Asiegu (Cabrales) o el de Fuente de Frieras (Llanes) (de Blas, 1983; 1996; 2011).

Estas evidencias que bien nos afirman que, en este contexto del Bronce antiguo, en torno al 2000 a.C., esta región parece tener una importancia vital en el desarrollo de prácticas metalúrgicas, desde la extracción del mineral, bien atestiguada, hasta la fabricación de objetos y ahí es donde entra en juego la cueva de Arangas y la importancia de su registro arqueológico. Este elemento es fundamental para entender el proceso de cambio tecnológico y económico que vivieron estas sociedades que posteriormente darían lugar a complejas comunidades jerarquizadas política y socialmente.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y ARQUEOLÓGICO

Antes de comenzar cualquier investigación en Prehistoria, es preciso conocer los límites geográficos y cronológicos en los que se encuadra. Sin ellos, será muy difícil comprender cualquier tipo de interpretación de corte histórica o social. Partiremos de lo más general, como es el gran marco geográfico que supone la cornisa cantábrica. Posteriormente, abordaremos el marco cronológico de nuestro contexto arqueológico que dentro de la Prehistoria reciente supone la Edad del Bronce antigua.

2.1. MARCO GEOGRÁFICO: CORNISA CANTÁBRICA

Establecer unos límites físicos es uno de los primeros pasos en la realización de cualquier proyecto de investigación y, aunque a veces parezca algo evidente, se complica al intentar explicar o justificar la elección de un territorio específico frente a otros. Por lo tanto, debe considerarse detenidamente, ya que la escala de análisis es un elemento fundamental que influirá en toda la investigación posterior.

Aunque este trabajo se centra en un único yacimiento y, en principio, podría ser suficiente con referencias de ámbito local o comarcal, el desarrollo del estudio sugirió ampliar esta escala al resto de la cornisa cantábrica. Esto se debe a que, por ciertas características que se detallarán, Arangas no puede excluirse de la dinámica sociocultural que tiene lugar en esta región durante el III y II milenio. Un ejemplo de ello y que tendrá relación con nuestro estudio, será la comparación elemental de minerales y objetos metálicos entre contextos de la propia región como las minas prehistóricas del Aramo.

Por otro lado, numerosos estudios respaldan la idea de considerar la región cantábrica como una unidad de análisis distintiva (Arias y Armendáriz, 1998; Ontañón, 2003a), basándose en "la indiscutible personalidad del Cantábrico como región natural" (Arias y Armendáriz, 1998: 47). Usar las unidades administrativas actuales para estudiar procesos culturales históricos no resulta adecuado y aunque quizás, los accidentes naturales tampoco tienen por qué suponer barreras infranqueables, sería más acertado ajustarse a regiones naturales; estas deberían responder mejor a las diferencias culturales y poblacionales derivadas de la acción de un mismo medio. (Ontañón, 2003a: 24; Arias, 1995: 21).

Para determinar la situación durante la Edad del Bronce y evaluar si es válido hablar de un Bronce cantábrico, Pablo Arias y Ángel Armendáriz (1998) analizaron las características de esta etapa. Examinaron si existía una cierta unidad interna con tendencias y procesos comunes en toda la franja cantábrica y, al mismo tiempo, una individualidad que la diferenciara de las zonas extracantábricas. Concluyeron que, a pesar de la escasa información disponible y las diferencias importantes en comportamientos funerarios entre las zonas oriental y occidental, así como la presencia o ausencia de ciertas tipologías metálicas y manifestaciones artísticas en territorios específicos, "no parece que se pueda calificar al Cantábrico de área particularmente heterogénea desde el punto de vista cultural, sobre todo en los inicios de la Edad del Bronce" (Arias y Armendáriz, 1998:

73-75). Por lo tanto, se considera adecuado utilizar esta región como marco de estudio para este trabajo.

La región cantábrica se caracteriza por una geografía, orografía y clima relativamente homogéneo, factores que determinan su vegetación y fauna. Estos elementos, junto con el marcado contraste con las regiones vecinas, son fundamentales para justificar su uso como marco de análisis (Arias, 1995: 21).

Esta estrecha franja se extiende a lo largo de la costa norte de la península ibérica, abarcando unos 350 km de longitud y una anchura promedio de 50 km, delimitada al norte por el mar Cantábrico y las elevadas cumbres de la cordillera cantábrica, que la separan de la Meseta al sur. La orografía montañosa y los desniveles pronunciados condicionan una red hidrográfica de ríos cortos con gran capacidad erosiva, que también actúan como vías naturales de comunicación entre territorios a menudo muy compartimentados.

La proximidad del mar y la barrera montañosa generan un clima oceánico y húmedo, con abundantes precipitaciones, lo que favorece una densa red hidrográfica y una vegetación espesa y abundante. Los grandes contrastes de altitud crean diversos biotopos con fauna y vegetación características. Sin embargo, los límites al este y al oeste son menos definidos.

En el oeste, algunos autores ubican el límite en la cuenca del río Nalón por razones litológicas, topográficas y geológicas (Ontañón, 2003a: 25), mientras que otros lo extienden hasta el río Eo para facilitar la interpretación y el uso de estudios previos basados en límites administrativos actuales. En el este, aunque tradicionalmente el límite se establece en el río Bidasoa, parece más adecuado incluir territorios del norte de Navarra con características similares a las cantábricas, desplazando el límite hasta la cuenca del río Nivelles (Ontañón, 2003a: 25).

2.2. MARCO CRONOLÓGICO: LA EDAD DEL BRONCE ANTIGUA

Una vez situados en el marco geográfico que supone la cornisa cantábrica, debemos hablar de los límites cronológicos de nuestra investigación de acuerdo a las características regionales. Debido a las dataciones y la adscripción estratigráfica, que será mejor explicada en apartados siguientes, nos encontramos en la Edad del Bronce antigua (2200-1600 cal. BC), según la periodización establecida para la Europa atlántica.

El hecho es que establecer unos límites precisos en esta región para separar el Calcolítico de la Edad del Bronce es aún una tarea difícil, la metalurgia ya no es un criterio fiable por sí mismo y otros autores diferencian ambos horizontes en función de elementos más concretos. Por ejemplo, el cambio entre puñales de lengüeta y espigo y hachas más primitivas hacia aleaciones de estaño, puñales de remaches, espadas y hachas “más evolucionadas” (Ontañón, 2003a: 72)

Separar entre el Bronce antiguo y el Bronce pleno o medio también supone otro reto. La mayoría de autores no observan evidentes rupturas entre un periodo u otro y el registro arqueológico solo parece mostrar continuidad (Arias y Armendáriz, 1998: 48-48; Ontañón, 2003a: 72, Ortiz, 1990: 138). Por estos motivos, en este trabajo y al igual que

hacen otros autores (Lull, González & Risch, 1992; Arias, 1995; Arias & Armendáriz, 1998; Ontañón, 2003a), se realiza un trasvase entre periodizaciones. En este sentido, como hemos señalado anteriormente, se aplican las periodizaciones de la Europa Atlántica para la región cantábrica.

2.2.1. Contexto bioclimático:

Existen pocos estudios arqueobotánicos sobre el paisaje de la época, con datos principalmente de yacimientos en el País Vasco, donde se ha avanzado más en esta área. El análisis de restos arqueobotánicos del yacimiento de Kobaederra muestra una evolución desde el Neolítico, dominado por bosques caducifolios con robles representando entre el 72-93%, hasta el Bronce final-Hierro, donde estos porcentajes caen al 37%, siendo reemplazados por especies termófilas como encina, laurel y madroño, y arbustivas como avellano, rosáceas y labiérnago, que proporcionaban recursos importantes a los habitantes (Zapata *et al.*, 1997; Zapata, 1999).

Estos cambios rápidos e intensos, no causados por alteraciones climáticas, indican una modificación antrópica del paisaje para obtener nuevos terrenos agrícolas o pastizales (Zapata *et al.*, 1997: 54-55, 60-62; Zapata, 1999: 321-327; Gutiérrez, 1999: 75). Este patrón podría aplicarse a toda la región cantábrica, donde las diferencias en la vegetación se debían principalmente a variaciones de altitud y la influencia del océano. Se puede inferir un clima similar al actual, donde la expansión del bosque atlántico parece haberse detenido (Eiroa *et al.*, 1999: 81).

La fauna salvaje en la región cantábrica durante este periodo era similar a la actual, presumiblemente más abundante, con especies como ciervo, oso y jabalí siendo las más representadas en los registros faunísticos (Eiroa *et al.*, 1999: 81).

Tanto la vegetación como la fauna estaban influenciadas no solo por el clima, sino también por la peculiar orografía del territorio, que a menudo está compartimentada, creando aislamiento y microclimas variados según la altitud (Ontañón, 2003a). Esta geografía abrupta condicionaba las actividades humanas. Las tierras aptas para la agricultura eran escasas, lo que hacía la región más adecuada para la ganadería, especialmente en las zonas medias y altas con pastos abiertos.

2.2.2. Contexto humano y social:

La Edad del Bronce es reconocida como una etapa de creciente complejidad social, marcada por diferencias más evidentes tanto horizontales como verticales, con jerarquías donde los individuos o grupos destacados buscan manifestar materialmente su poder y estatus. Durante este periodo, las formas de organización social se vuelven más avanzadas y especializadas en comparación con épocas anteriores, sentando las bases para las primeras agrupaciones políticas que perduran hasta tiempos históricos.

La producción y circulación de metales experimentan un notable crecimiento cualitativo y cuantitativo, impulsado por avances tecnológicos y un incremento en los contactos entre diferentes sociedades a nivel regional. En el periodo final de la Edad del Bronce, estos intercambios se intensifican hasta el punto de poder hablarse de un "Bronce atlántico".

En la región cantábrica, esta información se respalda con datos provenientes de yacimientos, principalmente en cuevas, así como de lugares de enterramiento, manifestaciones artísticas y objetos materiales. A modo de resumen, trataremos a continuación algunos de los aspectos fundamentales sobre las sociedades de esta Edad del Bronce en el Cantábrico.

2.2.2.1. Los lugares de ocupación

En cuanto a los lugares de ocupación, solo han podido documentarse en cuevas y no existen por el momento poblados al aire libre. Los elementos definitorios de estas ocupaciones son la presencia de los primeros objetos metálicos de bronce y cerámica del estilo Trespando (Arias y Armendáriz, 1998: 49). Se observa una transición de asentamientos en zonas montañosas a valles, posiblemente debido a un aumento de la agricultura (Ruiz, 1994: 261). La escasez de evidencias de habitaciones al aire libre podría deberse a la construcción con materiales perecederos o a la superposición de asentamientos de la Edad del Hierro sobre los de la Edad del Bronce.

Los yacimientos más informativos incluyen la Cueva de Arenaza en Vizcaya, con una estratigrafía completa desde el Aziliense hasta la época bajorromana. Este sitio ha revelado objetos de bronce como un puñal con escotaduras, puntas de flecha, colgantes y cerámica decorada, datados entre finales del III milenio y mediados del II milenio a.C. (Arias y Armendáriz, 1998: 49-50). En Iruaxpe III, Guipúzcoa, se descubrieron restos de una cabaña circular, además de diversos objetos metálicos, cerámicos y restos faunísticos (Arias y Armendáriz, 1998: 61).

En la cueva del Mirón, se hallaron indicios de uso habitacional como agujeros de poste y hogares. Otros lugares como La Castañera en Cantabria y Lumentxa en Vizcaya también muestran ocupaciones intensas. Otras evidencias que no hay que pasar de largo son las estructuras y restos asociados con la metalurgia, que si bien no son directamente indicativos de un lugar de ocupación, sí deben estar relacionados. Es el caso de Arrikruz 53 (Oñati, Guipuzcoa) o del caso aquí estudiado de la Cueva de Arangas (Arias y Armendáriz, 1998: 61).

2.2.2.2. Los medios de subsistencia

La información sobre las actividades económicas de las sociedades de la Edad del Bronce antigua es limitada debido a la falta de excavaciones y al desconocimiento de sus lugares de habitación (Ruiz, 1994: 261; Arias y Armendáriz, 1998: 62). Inicialmente, los datos agrícolas se inferían de herramientas y patrones de distribución de cuevas sepulcrales en los límites de las tierras fértiles (Ruiz, 1994:261).

Recientemente, técnicas avanzadas han revelado restos vegetales, destacando la presencia de cereales con varios tipos de trigo, la escanda y el panizo, en el yacimiento de Arenaza (Arias y Armendáriz, 1998: 62; Zapata, 1999: 311-312; Zapata, 2005: 557). Análisis polínicos indican un retroceso de bosques a favor de tierras agrícolas durante el Bronce Pleno. Estas evidencias sugieren una agricultura desarrollada y diversificada, con la recolección de frutos silvestres en un papel secundario (Arias y Armendáriz, 1998: 62; Zapata, 1999: 315).

Los estudios arqueofaunísticos apoyan la idea de la existencia de una cabaña ganadera mixta compuesta en su mayoría por ganado bovino, seguido de ovicaprinos y cerdos (Ruiz, 1994; Altuna y Mariezkurrena, 2008). El estudio realizado en la cueva de Arenaza hace 44 años ya apunta en esa dirección, siendo el 95% de fauna consumida especies domésticas (Altuna, 1980). La fauna salvaje representa el porcentaje restante, siendo casi la mitad el ciervo, seguido muy por detrás del uro, el corzo y el jabalí (Arias y Armendáriz, 1998: 63). También se han documentado restos de perro (Zapata, 1999: 309) que al parecer no sirvieron para consumo cárnico (Altuna y Mariezkurrena, 2008).

2.2.2.3. *Los intercambios*

Durante la Edad del Bronce, se intensificaron los intercambios comerciales, motivados por la creciente demanda de cobre y estaño, esenciales para la creación de nuevos objetos metálicos. Estos recursos, debido a su distribución limitada, solo podían obtenerse a través del comercio, lo que facilitó el abastecimiento de regiones carentes de estos minerales. A través de estas redes comerciales, también se difundieron otros productos, ideas y personas, lo que generó patrones técnicos, tecnológicos y culturales comunes en la cornisa cantábrica.

Las rutas de comunicación dentro de esta región eran complicadas y se limitaban a una estrecha franja costera y a los valles fluviales. La conexión con áreas más allá de la franja cantábrica también presentaba dificultades, especialmente hacia el sur, donde la Cordillera Cantábrica es más alta en su zona occidental. No obstante, hacia el este, era más sencillo el acceso entre Cantabria y Burgos, así como entre el País Vasco, Navarra y La Rioja, gracias al corredor natural del valle del Ebro. También eran relativamente accesibles las rutas que conectaban el País Vasco con territorios al norte de los Pirineos (Ontañón, 2003a: 82-83).

Aunque hay indicios de intercambios con otras regiones desde el III milenio, fue en la Edad del Bronce cuando estos intercambios se incrementaron, especialmente durante su fase final. La similitud de ciertos objetos con otros de regiones atlánticas sugiere que pudieron haber sido importados o imitados en talleres locales. Aunque no se ha confirmado la procedencia de estos objetos, es claro que existían contactos entre estas regiones (Arias y Armendáriz, 1998: 65-66).

2.2.2.4. *Ritual funerario*

Después de la notable visibilidad de los enterramientos megalíticos, los rituales funerarios de la Edad del Bronce en la cornisa Cantábrica, al igual que en otras zonas de la fachada atlántica, se presentan como poco conocidos. La escasa información disponible revela una gran diversidad y un panorama heterogéneo, con rituales funerarios altamente regionalizados (Arias y Armendáriz, 1998: 67).

Una práctica de inicios de la Edad del Bronce es la deposición bajo túmulos, como en Los Fitos en la necrópolis de La Cobertoria (Asturias), relacionada con las costumbres funerarias del Noroeste. Estos túmulos son más pequeños que los megalíticos anteriores y parecen asociados a enterramientos individuales (Arias y Armendáriz, 1998: 67).

Otra práctica observada en la región Cantábrica es el reaprovechamiento de antiguas estructuras megalíticas para nuevos enterramientos, evidenciado por la presencia de objetos de la Edad del Bronce en dólmenes preexistentes. En algunos casos, se distingue entre las etapas del Calcolítico y el Bronce por la construcción de un enlosado sobre los restos anteriores (Apellániz y Altuna, 1966: 176-184; Arias y Armendáriz, 1998: 68).

Sin embargo, la forma más común de enterramiento en esta época es en cuevas naturales, donde se depositan los cuerpos directamente en el suelo, manteniendo en muchos casos la tradición de entierros colectivos del Calcolítico. Sin embargo, de las aproximadamente 350 cuevas sepulcrales registradas en la región, solo una parte puede atribuirse con certeza a la Edad del Bronce, con mayor concentración en la zona centro-oriental de la cornisa cantábrica.

Además, se han encontrado inhumaciones en galerías de minas de cobre en Asturias, donde los esqueletos a veces se encuentran en posición flexionada y acompañados de herramientas de minería (de Blas & Suárez, 2022). Los ajuares hallados sugieren enterramientos individuales de figuras destacadas. Existen, por último, indicios de prácticas de cremación, aunque no siempre es posible confirmarlas como rituales funerarios. Algunos túmulos en cuevas cántabras y ciertas urnas funerarias en la cueva de El Bortal (Vizcaya) podrían estar relacionados con este tipo de práctica, presentando paralelismos con hallazgos en el País Vasco francés (Arias y Armendáriz, 1998: 70).

2.2.2.5. *Representaciones artísticas y simbólicas*

El panorama artístico de la Edad del Bronce en la cornisa cantábrica es escaso y desigualmente distribuido. Por un lado, encontramos representaciones de pintura rupestre, generalmente en cuevas y abrigos como la Cova del Demo o el abrigo de Fresnéu en Asturias, y la Cueva del Castillo o La Peñona en Cantabria. Estas pinturas suelen representar de manera esquemática figuras antropomorfas, zoomorfas y diversos signos, generalmente utilizando tintas planas de color rojo (Arias y Armendáriz, 1998: 70-71).

Otro grupo de manifestaciones artísticas lo conforman las insculturas rupestres, como las de Braña de los Pastores en Cantabria, y Picu Berrubia, Pea Colmea o la Xorenga en Asturias. Estas insculturas consisten en grabados sobre la roca, que incluyen cazoletas conectadas por canalillos, cruciformes y figuras antropomorfas esquemáticas.

El grupo más interesante lo constituyen los grabados, a menudo acompañados de pintura u otras técnicas, entre los que destacan los denominados ídolos, como el de Peña Tú en Asturias, el de Hoyo de la Gándara o el conjunto de Monte Hijedo en Cantabria, y la estela de Tabuyo del Monte en León. En estos grabados, la representación de armas junto a figuras antropomorfas sugiere la expresión del poder de una élite guerrera que se diferenciaba del resto de la sociedad (Arias, 1996: 229). La investigación de estos conjuntos no ha cesado, en Peña Tú se han llevado a cabo recientemente nuevas metodologías de análisis y documentación con técnicas fotogramétricas, de escaneo láser y con sensor hiperespectral (Teira *et al.*, 2024)

Estas representaciones siguen las líneas generales del arte esquemático que se observa en otras partes de la península ibérica, y su cronología se sitúa, en términos generales, en diversos momentos de la Edad del Bronce, aunque también se discuten posibles atribuciones a periodos anteriores, como el Neolítico (Arias y Armendáriz, 1998: 70).

Otro elemento posiblemente relacionado con el simbolismo son los depósitos, que algunos autores interpretan como ofrendas rituales a alguna divinidad. Si bien muchos de estos depósitos podrían ser simplemente ocultaciones, en casos donde la "ofrenda" es especialmente valiosa y el lugar de enterramiento es singular, es plausible pensar en rituales de carácter simbólico-religioso. Ejemplos de ello son el hacha de talón y las anillas de Morterika, encontradas en el lecho de un río cercano a unas minas de cobre en Guipúzcoa, o los cuencos de oro de Axtroki, enterrados al pie de una prominente peña caliza. También se destacan las numerosas hachas enterradas en minas que, junto con su uso como lugares de enterramiento, sugieren un cierto carácter sagrado o supraterrrenal (Arias y Armendáriz, 1998: 72-73; de Blas & Suárez, 2022).

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1. HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Las primeras referencias bibliográficas sobre fases posteriores al Asturiense y Aziliense datan de finales del siglo XIX y principios del XX, casi siempre relacionadas con hallazgos esporádicos, como niveles superficiales en cuevas u objetos aislados, generalmente fragmentos de cerámica u objetos de bronce (espadas y hachas) atribuidos al Bronce español (Rincón Vila, 1985). Excavaciones internacionales realizadas a principios del siglo XX en las cuevas del Castillo y Hornos de la Peña revelaron niveles con fragmentos cerámicos, que en el caso de Hornos de la Peña fueron clasificados como eneolíticos.

A partir de este momento, se realizó una carta arqueológica y un inventario de fenómenos espeleológicos. En esta etapa comenzaron algunas excavaciones y prospecciones en cuevas y yacimientos al aire libre, abarcando el campo de investigación desde el Mesolítico hasta el Medieval. En 1971, bajo la dirección del Seminario Sautuola, se localizaron yacimientos con culturas posteriores al Epipaleolítico, recolectando materiales en superficie y realizando sondeos para buscar posibles estratigrafías,

estudiando áreas geográficas concretas y excavando cuevas con niveles habitacionales y funerarios como La Castañera (Arias, 1996).

En esta década se revitalizó la actividad arqueológica en torno al Museo de Prehistoria y Arqueología y los organismos vinculados a él, como el Instituto Sautuola. Sin embargo, el estudio de la Prehistoria Reciente no se benefició tanto como el del Paleolítico. Las publicaciones fueron escasas en relación con lo excavado y los materiales ingresaban al museo con insuficiente información contextual (Arias, 1996).

Desde mediados de los ochenta, se produjo un cambio cualitativo en Cantabria en el estudio de las épocas postpaleolíticas, vinculado a la implantación del estudio de la Prehistoria en la universidad (Arias, 1996). La renovación metodológica afectó considerablemente el estudio de fases de la Prehistoria reciente regional, como el proceso de neolitización o el fenómeno del megalitismo.

Una obra importante en este contexto fue *La Prehistoria en Cantabria* (González Sainz y González Morales, 1986), que interpretó desde una perspectiva metodológica moderna la escasa información arqueológica disponible para el Neolítico, Calcolítico y Edad del Bronce. Esta renovación tecnológica fue acompañada de un gran impulso en los trabajos de campo y prospecciones realizadas por E. Muñoz y sus colaboraciones con el grupo CAEAP (González Sainz y González Morales, 1986), descubriendo decenas de nuevos yacimientos, documentando el fenómeno megalítico e iniciando excavaciones sistemáticas en diversos yacimientos.

Los aspectos arqueometalúrgicos fueron abordados por primera vez en la memoria de licenciatura de A. Giribet (1986) (Arias *et al.*, 2005), que incluyó análisis cuantitativos de una muestra de objetos metálicos del Bronce en Cantabria. La metodología utilizada, espectrometría de absorción atómica, hizo que los resultados fueran poco aprovechables, al estar sobrerrepresentados elementos como el estaño (Sn) y el plomo (Pb), e infrarrepresentados otros como el arsénico (As) o el zinc (Zn) (Arias *et al.*, 2005).

Proyectos de investigación como "Studien zu den Anfängen der Metallurgie" (Junghans *et al.*, 1968; 1974), fueron pioneros en analizar materiales ibéricos mediante espectrometría de emisión, y el más reciente "Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica" (Rovira Llorens y Montero Ruiz, 2018) que también utilizó espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF).

Para compensar las carencias en el estudio de la Edad del Bronce en Cantabria para el contexto peninsular, el IIPC (Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria) promovió un proyecto denominado "La industria metálica de la Prehistoria reciente de Cantabria: Análisis fisicoquímico y morfotipológico" (Arias *et al.*, 2005), cuyo objetivo fue analizar la composición química de los materiales metálicos del Calcolítico y Edad del Bronce en Cantabria. Este estudio ha aportado un buen corpus de análisis elementales sobre dichos objetos metálicos que recientemente se ha visto enriquecido por nuevos hallazgos y análisis (Fernández Ibáñez *et al.*, 2018)

En conclusión, en las últimas décadas se han logrado avances significativos en el estudio de los períodos postpaleolíticos, aunque persisten problemas estructurales graves, como la precariedad de medios económicos y técnicos. Además, existe un notable desequilibrio en las investigaciones dedicadas a determinadas fases. Aunque la investigación sobre el

Neolítico y el Calcolítico ha mejorado, la dedicada a la Edad del Bronce y la Edad del Hierro y sobre temas como la Arqueometalurgia sigue siendo escasa y discontinua.

3.2. MINERIA Y METALURGIA DEL BRONCE CANTÁBRICO

La actividad metalúrgica, ya desde sus fases más iniciales, consta de una serie de acciones y procesos donde intervenían múltiples recursos y herramientas. En primer lugar, hace falta triturar el mineral metalífero para posteriormente reducirlo a través de un proceso fisicoquímico mediante la combustión a una alta temperatura.

Después, debía ser nuevamente procesado para separar la escoria del metal y este someterle a un nuevo proceso térmico para fabricar las piezas. A este proceso se le denomina la fundición y tenía como objetivo transformar el estado del metal de sólido a líquido para así obtener el caldo metálico que se verterá sobre moldes para fabricar objetos predeterminados. Después de ello, el objeto final puede someterse a diversos tratamientos y reacondicionamientos mecánicos como la forja en frío o puede volver a tener un tratamiento térmico como en el recocido (Montero Ruiz, 2010).

Como se puede imaginar, son necesarios ciertos recursos como los propios minerales o el combustible (carbón vegetal) junto a herramientas y materiales que faciliten las tareas necesarias como pueden ser: martillos moledores, tenazas, toberas y boquillas para fuelles y tubos de soplado que permitían la ventilación adecuada, vasijas de reducción, crisoles, moldes... (Montero Ruiz, 2010). El elemento fundamental que nos queda por mencionar son las estructuras de combustión. A continuación, desgranaremos la información disponible sobre algunos de estos temas para el contexto de la Edad del Bronce cantábrica.

3.2.1. Minería prehistorica del cobre

El estudio de la minería prehistórica es uno de los campos que mejor nos pueden ayudar a completar un trabajo arqueometalúrgico. Conocer el origen de los recursos minerales metalíferos y las tareas de extracción que deben llevarse a cabo, son aspectos fundamentales si queremos contextualizar el verdadero papel de la metalurgia en estas sociedades prehistóricas. Quedan exentos de nuestra investigación la minería prehistórica del sílex, la sal u otros recursos de uso ornamental que sin duda son mucho más antiguos a la metalurgia.

La distribución geográfica se presenta de forma muy localizada. Por ese motivo, es realmente interesante el estudio químico-elemental e isotópico de los restos minerales y metálicos, pues nos permitirán conocer con precisión la procedencia de esos recursos. Aspecto fundamental para conocer si el mineral se procesaba a pie de mina, en lugares cercanos o por si el contrario era transportado hasta lugares lejanos mediante intercambios.

Hace unos años, el profesor Roberto Vidal recopiló las explotaciones de mineral metálico conocidas para la Prehistoria peninsular. Se incluyeron 24, únicamente aquellas que

contasen con materiales arqueológicos datables y adscritos para momentos prehistóricos (Vidal, 2012: 68). Se observa una gran concentración de estas minas en el suroeste, coincidiendo geológicamente con la faja pirítica ibérica y la zona Ossa Morena, ricas en grandes masas de sulfuros polimetálicos y yacimientos filonianos de hierro, cobre y plomo, respectivamente (Pérez Macías, 2008: 12-13).

Sin embargo, como bien venimos señalando anteriormente, las manifestaciones mineras prehistóricas de la cornisa cantábrica son las mejor conocidas hasta ahora. Trabajos posteriores han puesto de manifiesto de nuevo la importancia de otros centros mineros de la península con nuevas dataciones por ^{14}C , que han completado la visión acerca de este fenómeno minero prehistórico (Montero Ruiz y Rovira Llorens, 2022).

3.2.1.1. Explotaciones del macizo cantábrico

Obviando el resto de casos aislados localizados en el Noroeste o el valle del Ebro, la gran concentración de minas conocidas se encuentra en la cordillera cantábrica, en el sector centro-oriente de Asturias (Fig. 3). Existen indicios de que las minas de cobre en la región centro-oriental de Asturias fueron explotadas al menos desde la época calcolítica. En esa área, el cobre es abundante y de fácil extracción y procesamiento, ya que se presenta en forma de carbonatos y óxidos (de Blas y Fernández, 1992).

En los extensos depósitos carboníferos de la Asturias central se ubica el complejo minero más grande, en la sierra del Aramo (Riosa), donde el volumen de cobre extraído se estima entre 60 y 80 toneladas (de Blas, 2011). En la sierra del Aramo se han documentado restos de una intensa actividad minera, incluyendo sistemas de seguridad y movimiento, como pequeños pilares para anclar cuerdas, aberturas en los muros para apoyar los pies y desplazarse verticalmente, y sistemas de iluminación con antorchas de tejo (de Blas, 2014: 59). Además, se ha constatado el uso de sistemas de ventilación en las labores donde se extraía el mineral mediante la técnica de caldas o arranque al fuego (de Blas, 2014: 54).

El instrumental utilizado incluía herramientas de piedra, como grandes percutores, diversos tipos de mazas y martillos, cuñas, trituradores, así como herramientas de asta de ciervo. Además del hallazgo de un par de bateas de madera para el acarreo del mineral, es incuestionable que existieran otros métodos de mayor comodidad o flexibilidad como la utilización de sacos de piel y otros materiales perecederos (de Blas, 2014: 62). Varias decenas de dataciones radiocarbónicas sobre útiles de asta, madera carbonizada de las antorchas y los propios huesos humanos enterrados muestran *grosso modo* que el ciclo minero del Aramo se prolonga un milenio entre el 2500 y el 1500 a.C. (de Blas, 2014: 53).

Desde tiempos calcolíticos, la producción de cobre en el Cantábrico occidental, específicamente en Asturias, superó las necesidades regionales, generando un excedente que se destinó a la exportación hacia otras zonas con menor disponibilidad de este mineral, como los centros metalúrgicos activos de Galicia y la cuenca central de la Submeseta Norte (Ontañón, 2003). Esto sugiere que la primera metalurgia en la región

cantábrica podría haber desempeñado un papel crucial en la dinamización de la economía local y facilitado la interacción con otras áreas de la península.

El descubrimiento en el siglo XIX de actividades mineras prehistóricas en El Milagro (Onís) proporcionó valiosos vestigios arqueológicos sobre el tipo de herramientas utilizadas en la extracción de mineral, así como restos óseos humanos dentro de las minas. La mineralización se caracteriza por la presencia de sulfuros, sulfosales, óxidos y carbonatos de cobre insertos en la fractura de la roca (de Blas, 2007: 725).

La suerte de estas herramientas ha sido variada; algunas fueron registradas y distribuidas entre diferentes instituciones. Nueve dataciones han sido obtenidas sobre útiles de asta y los resultados obtenidos presentan nuevamente un gran ciclo minero que se extendería de forma imprecisa durante un milenio entre el Calcolítico y el Bronce Antiguo a igual modo que lo hacen las explotaciones del Aramo (de Blas, 2007: 749).

Al sur de esta región, en la actual provincia de León, se encuentran dos más de estas manifestaciones de explotaciones mineras prehistóricas. La Profunda (Cármenes) y la mina Colón (Pendilla) presentan evidencias de explotación prehistórica con unas mineralizaciones de: calcopirita, calcosina, cobre gris, cuprita, malaquita y azurita que comparten un contexto geológico común de edad paleozoica (Vidal, 2012).

3.2.1.2. Contexto regional de la cueva de Arangas

Para terminar, mencionaremos unas breves noticias sobre las explotaciones mineras que se encuentran en el contexto más cercano a la Cueva de Arangas. La propia mina de El Milagro se localiza a escasos 20 km. al Oeste de Arangas. Además de este importante ejemplo, existen otras manifestaciones más dudosas.

La mina Delfina (Ortiguero), a unos 15 km. de Arangas, presenta vestigios de labores antiguas de fecha imprecisable ante la ausencia de elementos claros (de Blas, 1983). Trabajos antiguos localizaron un pozo vertical de 48 metros con sección rectangular y otra apertura que parece coincidir y seguir la extensión del mineral cuprífero (Hevia, 1959).

Otra noticia proviene de la presunta explotación prehistórica de Avín (Onís), donde parecieron hallarse algunas herramientas u otros objetos antiguos en el siglo XIX (de Blas, 1983). Otros autores posteriores confundirán esta explotación con la mina de El Milagro, situada en el mismo concejo, sin que se vuelvan a producir más noticias.

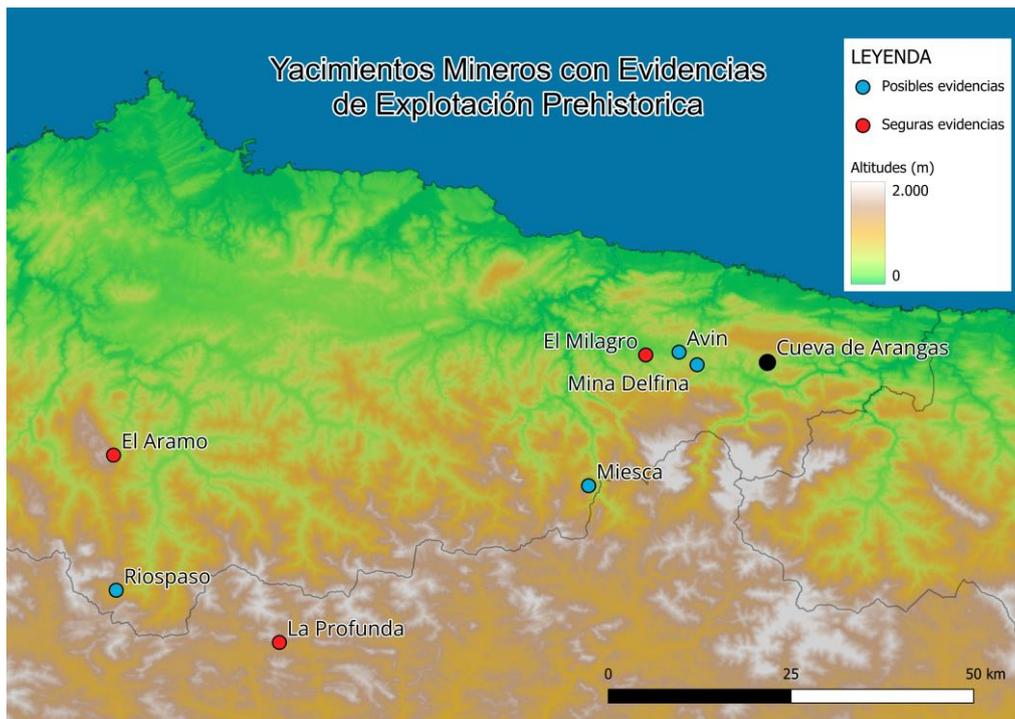


Figura 1: Mapa de la región centro-oriental de Asturias con la localización de los yacimientos mineros prehistóricos y la cueva de Arangas.

Fuente: elaboración propia

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Una vez conocidos los precedentes, nos encontramos en el punto de partida de nuestra investigación. La formulación de hipótesis es la parte fundamental de este momento, debemos ser capaces de idear una afirmación, en base al conocimiento previo, que pueda ser o no validada mediante nuestra contrastación de los datos. Esta es la más elemental función de nuestra investigación, sin olvidar que dicha hipótesis debe ser útil y servir a un interés futuro en el campo de la investigación prehistórica.

Con todo ello, la hipótesis formulada para nuestra investigación es la que sigue en estas líneas: *Los grupos que habitaron la cueva de Arangas durante el Bronce Antiguo explotaban los recursos minerales (cobre) de su entorno más cercano y realizaban las actividades metalúrgicas en una estructura de combustión compleja asimilable a un horno metalúrgico.*

Una vez expuesta la hipótesis, debemos organizar y sistematizar la información para obtener unos objetivos claros y definidos que deberán guiar el curso de la investigación. Estos objetivos pueden resumirse de forma esquemática en los tres siguientes, aunque están abiertos a pequeñas modificaciones o añadidos en función del trabajo de investigación y las problemáticas que puedan surgir.

Objetivo 1: Ampliar el conocimiento sobre los restos arqueológicos directamente relacionados con las actividades metalúrgicas.

Desde la publicación referente a las campañas de excavación, aún no se ha realizado un estudio concreto sobre las evidencias metalúrgicas de la cueva de Arangas. El tema es tratado de forma somera en dicha publicación, aportando información básica sobre los restos y centrándose en los más llamativos como es el puñal de remaches. También se incluyen algunos análisis de composición elemental pero únicamente para realizar una caracterización general (Arias & Ontañón, 1999).

Por ello, se ve necesario un nuevo estudio sobre los restos, incluyendo esta vez los menos llamativos o que suscitaron menos interés para la primera publicación, como los restos de crisol, minerales o las escorias. Todo ello, nos permitirá tener una imagen mucho más completa y actualizada, útil para la comparación con otros contextos arqueológicos y para posibilitar nuevos tipos de análisis en el futuro.

Objetivo 2: Buscar la procedencia más probable del mineral de cobre hallado en la cueva, que es utilizado como materia prima para la metalurgia.

Este elemento es de vital importancia para determinar si la extracción de este recurso mineral se realizaba en los entornos más cercanos al yacimiento o si, por el contrario, era obtenido de entornos más lejanos como el conocido centro minero de El Milagro y posteriormente era distribuido a través de redes de intercambio. Este es un elemento fundamental para interpretar que patrones seguían las comunidades prehistóricas.

Objetivo 3: Caracterizar las estructuras de combustión en relación con las actividades metalúrgicas.

Las similitudes morfológicas y la asociación espacial exclusiva o intensa con materiales metalúrgicos pueden ayudarnos a desentrañar si las poblaciones de este período se preocupaban por establecer estructuras fijas y especializadas en la producción metalúrgica. Esto, añadido al estudio tafonómico de los restos afectados por la combustión, puede nuevamente aportarnos jugosa información sobre el grado de especialización y desarrollo tecnológico de la metalurgia en estos estadios tan tempranos.

Relacionando los tres objetivos podemos inferir en aspectos de gran interés para las comunidades de este periodo de la Edad de Bronce antigua. Por ejemplo, si la localización de estos afloramientos minerales podía influir en el grado de especialización metalúrgica de las comunidades cercanas o si esta actividad pudo suponer un gran aliciente para el crecimiento económico de dichas comunidades en un momento de despegue de la metalurgia primitiva.

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA:

Una vez expuestos los objetivos, nos disponemos a explicar cuáles son los materiales de estudio para nuestra investigación y que metodología vamos a emplear para la resolución de dichos objetivos. La metodología se ha dividido a grandes rasgos en dos tipos de

estudio: microespacial y macroespacial. Además, se extenderá la explicación cuando se trate el método de análisis elemental que se ha realizado sobre algunos restos.

5.1. MATERIALES: LA CUEVA DE ARANGAS

Los materiales están compuestos por dos grupos a grandes rasgos: restos arqueológicos del yacimiento que van a ser objeto de varios análisis y documentación arqueológica que nos permitirá reconstruir los contextos ya destruidos.

La cueva de Arangas se encuentra a las afueras de la aldea con el mismo nombre, en la ladera meridional de la sierra de Cuera, en el extremo noreste del municipio de Cabrales (ver ANEXO N°1). La cueva está formada por un gran abrigo de 7 m. de anchura y 3 m. de fondo, orientado al E, tras él, se abre una gran sala rectangular alargada de 25 m. con anchura media de entre 6-7 m.

Cuenta con una amplia secuencia estratigráfica desde niveles del Paleolítico superior a un potente depósito de niveles holocenos. El depósito arqueológico presenta un fuerte buzamiento desde el abrigo hacia el interior. Añadido esto a los procesos erosivos que afectaron en la entrada y la apertura de numerosas estructuras durante el Bronce y en época contemporánea, la estratigrafía más reciente ha desaparecido en gran parte de la entrada.

Las excavaciones en este yacimiento se iniciaron en 1985 con la apertura de varios sondeos en el abrigo (área A) y al noreste de la sala (área B). Entre 1992 y 1994 se ampliaron estos primeros sondeos, particularmente el B y se abrieron nuevas áreas de excavación, en la parte meridional del vestíbulo (área C) y otra al fondo de la cueva (área D) además de regularizar el perfil de una zanja abierta en el centro de la cueva (área E), presumiblemente de buscadores de tesoros. Ya entre 1995 y 1998 se desarrollaron las campañas que excavaron las estructuras del área B y los niveles de la D y la última campaña de 1998 se centró en enlazar las áreas B, C, D y E para establecer la correcta correlación estratigráfica entre ellas.

5.1.1. Secuencia estratigráfica

Dividiendo por zonas, en el área A, se encuentra en superficie el estrato de arcilla estéril que sirve de base a toda la secuencia, en las áreas B y C afloran los depósitos mesolíticos y solamente a partir del centro del vestíbulo, en las áreas E y D, es donde se encuentra la amplia secuencia holocena. En el área D es donde se encuentra la secuencia que a nosotros más nos interesa por contemporaneidad al objeto de nuestro estudio (Fig. 2).

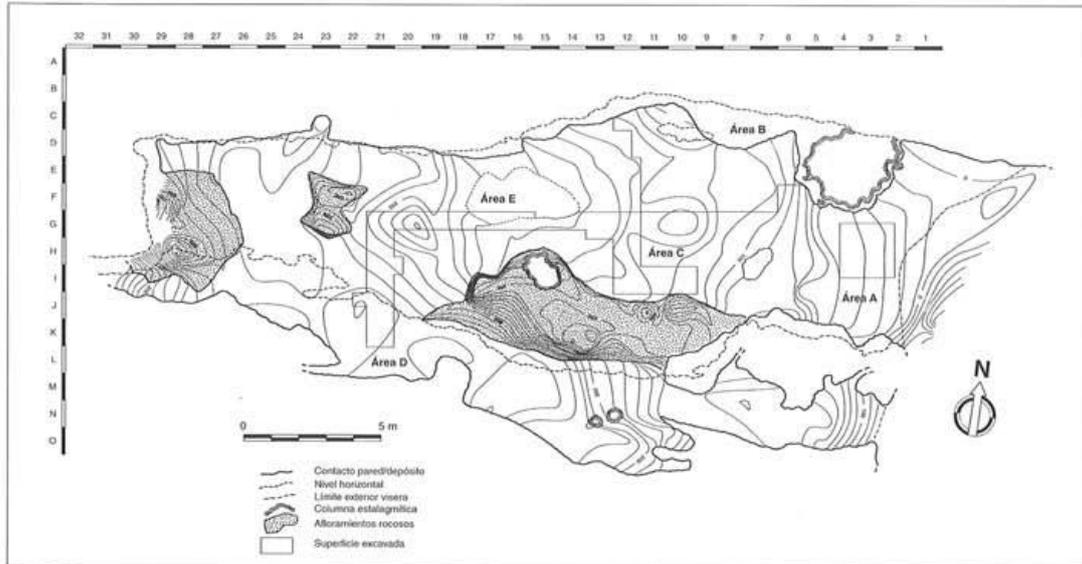


Figura 2: Plano de la cueva de Arangas, con las áreas de excavación señalada.

Fuente: Arias Cabal, P., & Ontañón Peredo, R. (1999). Excavaciones arqueológicas en la cueva de Arangas (1995-1998). Las ocupaciones de la edad del bronce.

En dicha área se documenta un potente paquete estratigráfico que llega a 1,95 m. de espesor. Dicho paquete ha podido dividirse en tres estratos: dos con mayor riqueza en fauna y algunos carbones y el último, que destaca por su riqueza en cerámicas (millares de fragmentos) y por el hallazgo de un puñal de remaches de bronce. Dicho nivel puede dividirse aún más en dos subniveles: uno inferior con predominio de cerámicas decoradas y otro superior con predominio de cerámicas lisas.

Otro elemento destacable de este nivel es el hallazgo de numerosas evidencias de actividad metalúrgica: mineral de cobre parcialmente reducido, escorias, gotas de cobre fundido y un fragmento de crisol. Estos restos arqueológicos suponen el principal objeto de análisis de nuestro trabajo, junto a los objetos metálicos propiamente dichos, representados únicamente por el puñal de remaches y un punzón de cobre.

Cambiando de lugar, debemos señalar que existen unas estructuras excavadas situadas en la mitad septentrional del vestíbulo (área B), alguna incluso adosada a la pared. Dichas estructuras han cortado la secuencia mesolítica y paleolítica que aflora en esta área y contienen materiales más modernos. Una gran cubeta de forma oval, de 40 cm. de profundidad, 120 cm. de longitud y 105 cm. de anchura, se encuentra entre los cuadros: F10, F9, E10 y E9.

Junto a esta, se encontraron hasta 5 estructuras excavadas con diversa morfología e interpretación. Al norte de la anterior y junto a la pared septentrional de la cueva, se halló otra de estas estructuras con indicios de calcinación, aunque de menor tamaño (20 cm. de diámetro). A unos 30 cm. al noreste de esta última, se encontró otra estructura ovalada de similar tamaño, con indicios de combustión, aunque no de calcinación como las anteriores.

Algo más al este, en los cuadros E7, E8 y F7, se documentó un gran hoyo circular de unos 120 cm. de diámetro y 40 cm. de profundidad. En el interior se encontraron grandes bloques de caliza, numerosos objetos líticos, huesos y cerámicas sin orientaciones homogéneas y con sedimentos de origen diverso. Algunos de los materiales estaban quemados, pero no hay mayor indicio de combustión.

Muy cerca de esta, hacia el sur, se encontró una estructura de menos costosa interpretación. Un hoyo circular de unos 65 cm. de diámetro y 30 cm. de profundidad con las paredes recubiertas de arcilla. En su interior se documentó un gran depósito de cáscaras de avellanas, lo que evidencia una función de silo.

Por último, en la parte central de la cueva y junto a la pared septentrional, se halló otra estructura de difícil interpretación. Dos grandes bloques junto a la pared delimitaban un área triangular rellena de arcilla. Junto a dichos bloques aparecen amontonamientos de piedra con materiales desechados como una pieza de molino de mano y un yunque-percutor en canto de cuarcita.

Los análisis preliminares parecen indicar que tres de ellas se tratan de estructuras de combustión, las dos primeras quizás relacionadas con la actividad metalúrgica y la tercera con un fuego abierto (Arias & Ontañón, 1999: 79). Otra de las estructuras parece tener una función clara como silo y las dos restantes aún mantienen una mayor incertidumbre en cuanto a su interpretación.

Para poder analizar los restos de las estructuras deberemos acudir a la documentación arqueológica producida en las campañas de 1995 a 1998. Contamos fundamentalmente con una extensa colección fotográfica y algunos planos sobre papel milimetrado que nos permitirán acercarnos a los aspectos morfológicos de la estructura en el momento de su excavación. También deberemos consultar la documentación arqueológica (fichas estratigráficas, cuaderno de campo...) para poder reconstruir con precisión la secuencia estratigráfica.

Por último, también analizaremos algunos restos faunísticos asociados a las estructuras que, de forma secundaria, se relacionan con la metalurgia. Son todos aquellos afectados por procesos de calcinación o incluso impregnación mineral o metálica.

5.1.2. Análisis cronológico

La cronología del nivel superior del área D y de estas estructuras del área B parece coetánea por la similitud en los materiales cerámicos y la homogeneidad de las dataciones. Existen dos dataciones de termoluminiscencia sobre cerámicas decoradas del área D con resultados similares (MAD-374b: 4025 ± 304 BP y MAD-374a: 3953 ± 309 BP) (Arias & Ontañón, 1999: 78).

Para la datación de la primera de las estructuras, se analizaron tres muestras de sedimento de su base. Dos de ellas son arcilla calcinada (MAD-375aa: 4078 ± 805 BP, MAD-375a: 4070 ± 657 BP) y la otra muestra corresponde a tierra carbonosa superpuesta a lo anterior (MAD-375c: 4068 ± 362 BP). Una cuarta datación ha sido obtenida a través de una

muestra de 8 pequeños fragmentos de cerámica incluidos en la estructura (MAD-373: 4052 ± 353 BP) (Arias & Ontañón, 1999: 78).

Estos resultados, imprecisos pero coherentes entre sí, nos indican que las estructuras son contemporáneas al nivel superior de la secuencia holocena del área D. La gran homogeneidad estadística entre las dataciones nos permite hacer una aproximación de mayor probabilidad en torno a la media ponderada situándonos en el intervalo de 2186-2099 BC (Fig. 3). Por tanto, podemos concluir que la apertura y funcionamiento de las estructuras se inicia en un momento de la Edad del Bronce antigua, estrechamente relacionado con las cerámicas decoradas y restos de actividades metalúrgicas de otros puntos de la cueva.

Existen tres dataciones de ^{14}C sobre muestras de semillas: OxA-24163, OxA-24164 y OxA-25914 cuyas especies son: *Hordeum vulgare nudum* (cebada), *Triticum aestivum* (trigo) y *Corylus avellana* (avellana) respectivamente. Son atribuibles también a este nivel del Bronce con intervalos de 1959-1766 cal BC tanto para la muestra de trigo como de cebada y 1876-1632 cal BC para la avellana. Por otro lado, la tipología y la composición química del puñal de remaches lo sitúan en el Bronce Pleno, lo que nos lleva a pensar que este depósito se rellenó a lo largo de un periodo prolongado que al menos abarca la primera mitad del II milenio a.C. (Arias & Ontañón, 1999: 78).

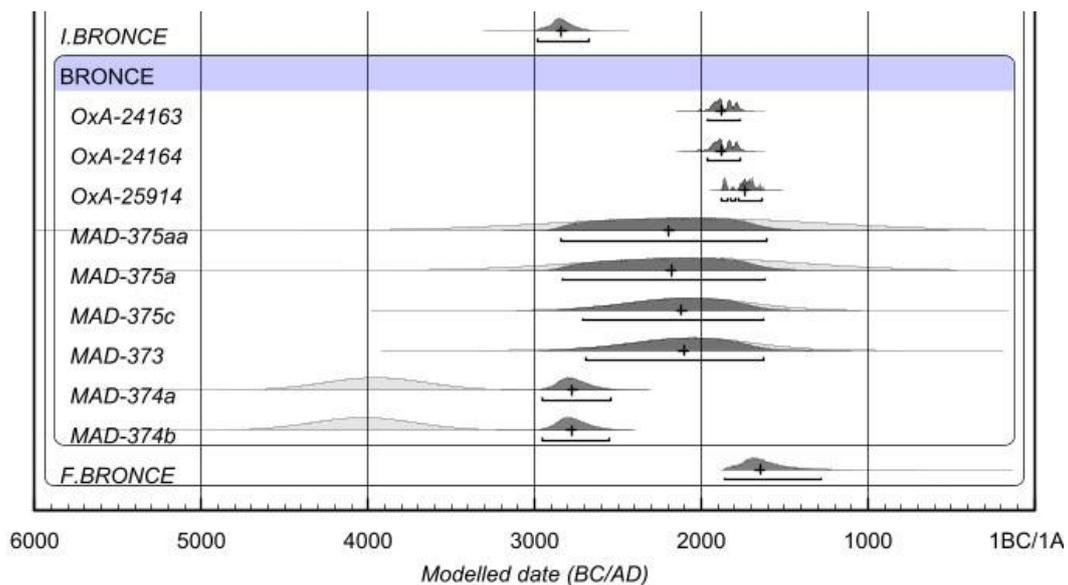


Figura 3: Modelo bayesiano con las dataciones calibradas de los restos adscritos a la Edad del Bronce antigua en la Cueva de Arangas.

Fuente: Calibradas con la curva atmosférica de IntCal20 (Reimer et al. 2020) en OxCal software v.4.4.4. (Bronk Ramsey, 2021).

5.2. METODOLOGÍA:

La metodología ha sido dividida en dos campos diferenciados, aunque algunas de las líneas están íntimamente relacionadas para abordar mejor los objetivos. Por un lado, encontramos el estudio microespacial, es decir, a nivel del propio yacimiento. En este sentido, se estudiarán las características morfológicas de la estructura y de los restos arqueológicos, además de inferir sobre las relaciones espaciales y estratigráficas entre ambos.

Actualmente, no existe ninguna representación gráfica de la estructura y de su contexto espacial y su elaboración podría ayudar no solo para realizar la investigación, sino para tener documentación directa y rigurosa sobre una realidad arqueológica no disponible hasta ahora. Para poder llevarla a cabo debemos seguir unos pasos previos. En primer lugar, debe interpretarse la documentación arqueológica, posteriormente se debe transformar dicha documentación de su formato analógico actual al digital. Para ello contaremos con el escáner de diapositivas y negativos: Reflecta ProScan 10T.

Tampoco existe documentación gráfica sobre la mayoría de restos metalúrgicos más allá del puñal de bronce. El trabajo de documentación fotográfica será, por tanto, fundamental. Para esta labor contamos con la instalación del IIIPC en materia de cámaras fotográficas y objetivos macro (Nikon D750 y Sony Alpha 6400, prestada por el técnico Ignacio Castañedo). Añadido a la documentación fotográfica, incluiremos también el escaneo del fragmento de crisol con el escáner de metrología óptica 3D: ATOS Q y el perfilómetro óptico 3D: S Neox.

Tras ello, ya podremos trabajar para establecer las relaciones espaciales en función de la unidad espacial básica con la que contamos, que son los nueve sectores en los que se divide cada cuadro de excavación. El análisis espacial de los restos será importante para determinar si existen espacios con cierto grado de especialización o, por si el contrario, las actividades metalúrgicas se solapaban directamente a las domésticas.

Por otro lado, abordaremos un estudio macroespacial, por el cual relacionaremos los restos metalúrgicos y minerales con sus homólogos de otros yacimientos y contextos de la cornisa cantábrica. Esta comparación se realizará desde el marco de la caracterización elemental de cada objeto o resto. Para ello, contaremos con los resultados de análisis y microanálisis realizados por espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) y microscopio electrónico de barrido (MEB), respectivamente. Algunos de ellos, previos a este trabajo y otros realizados *ex profeso*.

En resumen, podemos contar con estas líneas principales de trabajo:

- Estudio general de restos metalúrgicos para conocer sus características básicas: tipo de material, morfología, coloración y tamaño **(O.1)**.
- Análisis elemental de restos con supuesta adscripción metalúrgica con microscopio electrónico de barrido (SEM) y espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) **(O.1)**
- Caracterización metálica por impurezas de los restos metalúrgicos de Arangas según la clasificación de Pollard *et al.* (2015). Esto nos permitirá luego

- compararlos con otros contextos donde se hayan realizado análisis elementales de este mismo tipo **(O.1)**.
- Comparación elemental de los minerales ricos en cobre del yacimiento con su entorno cercano y con otros contextos arqueológicos.
 - o Salida de campo para obtener muestras de mineral de cobre para el análisis petrográfico y por SEM **(O.2)**
 - Realizar una reconstrucción gráfica de las estructuras de combustión y su contexto a través de la documentación arqueológica, fundamentalmente fotografías y planos. **(O.3)**
 - Análisis espacial no cuantitativo del material arqueológico asociado: restos metalúrgicos, estructuras de combustión y fauna calcinada. **(O.1 y O.3)**

5.2.1. Análisis químico-elemental de los restos:

El análisis de los restos minerales y metalúrgicos se realizará utilizando varios métodos en función de los objetivos buscados. El uso de (SEM) y (XRF), como métodos de análisis elemental, nos permitirá realizar un acercamiento a la composición química de los restos.

Esta información sobre la composición elemental permite averiguar primeramente si un resto tiene contenido metálico, de qué tipo y en qué proporciones. Todo ello nos permite saber con qué aleación cuenta el resto metálico o si existe una gran pérdida de metal, atrapado en las escorias por una deficiente reducción. En definitiva, es la única forma de poder diferenciar la composición química de los restos.

Del mismo modo, estos análisis elementales nos permiten la comparación con objetos y producciones de otros contextos analizados de la misma forma. Una comparación de gran interés sí se quiere inferir sobre la relación y procedencia de objetos finales o recursos minerales de similar o diferente composición elemental.

Para la realización de los nuevos análisis de nuestro estudio, utilizaremos el microscopio electrónico de barrido (SEM), marca Zeiss, modelo EVO MA 15, perteneciente al LADY CIM (Universidad de Cantabria) y operado por la doctora y técnica de microscopía Ana Cimentada Hernández. Este equipo puede trabajar tanto en alto vacío como en condiciones ambientales, permitiendo la adquisición de imágenes sobre materiales no conductores. El voltaje de aceleración de electrones alcanza los 30 kV y la magnificación varía entre x7 y x106. Dispone de un sistema de microanálisis por espectroscopia de energía dispersiva (EDS) que permite determinar la naturaleza química de los materiales analizados.

Principios generales del método:

El microscopio electrónico de barrido (MEB/SEM) permite la observación y caracterización de materiales orgánicos e inorgánicos mediante el estudio de su superficie. La técnica se basa en el barrido controlado de la superficie de la muestra por un haz de electrones y en el aprovechamiento de las diferentes señales producidas como resultado de la interacción entre los átomos constituyentes de la muestra y el haz.

Para general información sobre la topografía de las muestras, se aprovecha principalmente la emisión de *electrones secundarios* (SE). Por su parte, la emisión de *electrones retrodispersados* (BSE) aporta información sobre las diferentes fases de composición, en función de las diferencias existentes en el peso del átomo (z) de los elementos constituyentes de la muestra.

La emisión de *rayos X característicos* permite realizar análisis de composición cuantitativos o cualitativos de la muestra, mediante técnicas como la espectroscopia por longitudes de onda de rayos X (WDS) o la espectroscopia por energía dispersiva de rayos X (EDX).

En el microanálisis EDX se estudia la energía de la radiación de rayos X característicos emitidos por la muestra como resultado del bombardeo con el haz de electrones, que proporciona información sobre la composición del total de la muestra, o de zonas concretas de esta.

Con un análisis elemental puedes intentar identificar centros productores en función de la presencia de elementos minoritarios (1-0,1 %) en los restos metales. Aunque este método nuevamente sea descartado para un análisis de procedencia a nivel general, es muy útil para discriminar la procedencia a escala local o regional debido a la menor cantidad de posibilidades que confluyen.

Más allá de la búsqueda del origen de aprovisionamiento del mineral, los análisis elementales de (SEM) y (XRF) nos permiten realizar un estudio integral de restos como las escorias metalúrgicas. Se trata de una herramienta analítica que permite la observación, la caracterización topográfica y morfológica y el estudio composicional de la muestra.

Estos dos tipos de análisis pueden realizarse incluso de forma conjunta, pues muchos microscopios electrónicos suelen estar equipados de un microanalizador de fluorescencia de rayos X (SEM-EDX). Esta conjunción permite obtener una visión topográfica de conjunto y formar una imagen virtual en función de la composición química de la muestra, lo que permite realizar análisis elementales cuantitativos en diferentes zonas de interés.

6. RESULTADOS

El proceso tecnológico de la metalurgia genera toda una serie de evidencias arqueológicas que posteriormente pueden ser estudiadas dentro del registro material. La metalurgia es un proceso de procesos y la complejidad de su análisis dependerá de los objetivos que se busquen en cada investigación. Todos los elementos que intervienen son susceptibles de análisis, desde la materia prima, las herramientas, las estructuras que puedan intervenir hasta los propios productos y subproductos de la metalurgia.

6.1. RESTOS METALÚRGICOS

Los restos arqueológicos más evidentes pueden ser los propios objetos metálicos, productos finales de este largo proceso técnico. Sin embargo, existen otros restos materiales que también son originados por la metalúrgica en los registros arqueológicos.

Estamos hablando de las herramientas y los subproductos que se generan fundamentalmente. Desde los molinos de piedra para machacar minerales o escoria, cerámicas para la reducción, crisoles para la fundición, moldes y todos los elementos avivadores del fuego, para nuestra cronología fundamentalmente tubos de soplado. También son interesantes todos los subproductos derivados de los procesos de combustión, como los minerales parcialmente reducidos, las escorias o las gotas de fundición.

6.1.1. Aproximación general

Los restos de actividades metalúrgicas de las excavaciones de Arangas habían sido clasificados y almacenados dentro de la categoría de *Otros*. Este hecho es debido a lo extraordinario que suponen generalmente estos materiales en un yacimiento prehistórico y más sabiendo que nos encontramos en la cornisa cantábrica y la larga secuencia de ocupación del sitio. Por este motivo, nuestra primera labor fue analizar los materiales de esta categoría en conjunto para poder discriminar los restos metalúrgicos de otros que nada tienen que ver con nuestro contexto.

Nuestra base de datos cuenta con 94 entradas de inventario tras realizar una primera discriminación de restos claramente modernos, como podían ser restos de casquillos de bala o fragmentos de latas o chapas de objetos contemporáneos.

Estos 94 restos presentan una diversidad en cuanto a su adscripción al material propia de esta clasificación de *Otros* y de la falta de estudios previos. Podemos encontrar muchas nomenclaturas derivadas de su adscripción preliminar, muchas veces realizada a pie de excavación. A modo de ejemplo: cobre, muestra de cobre, escoria, mineral-escoria, metal de cobre, escoria de hierro..... Esto también es debido a la imposibilidad de realizar una adscripción más detallada *de visu* sin la ayuda, por ejemplo, de un análisis elemental o metalográfico.

Si reducimos las nomenclaturas a grandes grupos, como pueden ser: mineral, mineral hierro, escoria, cobre, limonita, mineral-escoria, metal, metal hierro, terracota y crisol, podemos realizar un primer análisis composicional de la muestra (Fig. 4). Así pues, podemos observar una amplia mayoría de restos que han sido definidos como mineral con un 62 % y si ampliásemos esta categoría con mineral de hierro y limonita el porcentaje alcanzaría el 75 %. Muy por detrás quedan los restos de escorias con un 10 % o los restos de cobre con 8 %, además de un único fragmento de crisol.

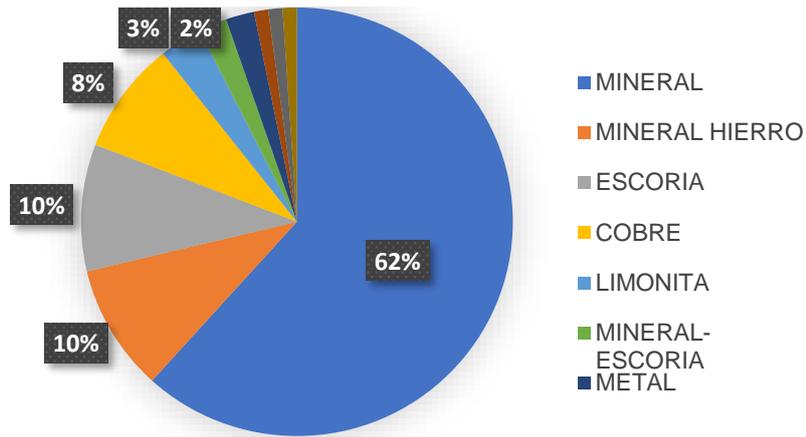


Figura 4: Clasificación general por porcentajes de los restos metalúrgicos según su adscripción de material

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Tabla

Después de hacer esta primera clasificación, las siguientes características que podemos analizar de forma general son: el tamaño y el número de fragmentos que conforman los restos. Existen numerosos restos compuestos de múltiples fragmentos de pequeñísimo tamaño, por tanto, decidimos establecer una clasificación dual para medir el número de fragmentos: *Uno/Varios*. Respecto al tamaño, únicamente medimos los restos con una longitud superior a 10 milímetros. Desde ahí establecimos una escala de rangos de 10 en 10 milímetros hasta los superiores a 40.

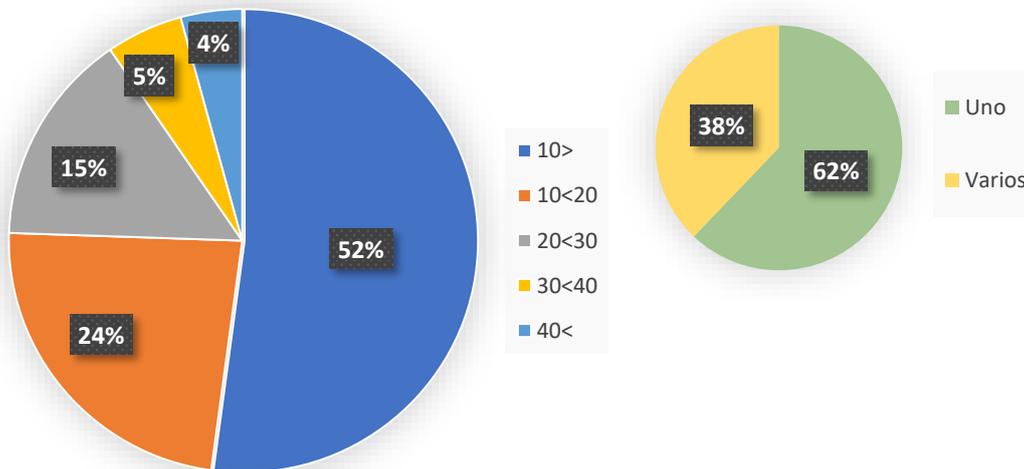


Figura 5: Clasificación porcentual por tamaños de los restos metalúrgicos, valores expresados en milímetros (izq.). Distribución general de los restos metalúrgicos según el número de fragmentos que lo conformen (dcha.).

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Tabla

Como vemos en el gráfico, los tamaños parecen formar una composición común de una mayoría de restos pequeños y muy pequeños, haciéndose excepcional la aparición de restos superiores a los 5 cm. (Fig. 5). Si observamos la clasificación general por número de fragmentos, veremos esa mayoría de restos únicos, aunque debemos tener en cuenta ese 38 % de restos formados por varios fragmentos. Si ahora analizamos estas dos variables en conjunto obtendremos estos dos gráficos.

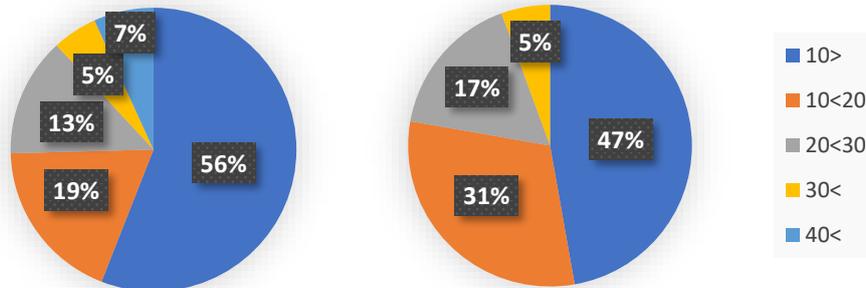


Figura 6: Clasificación porcentual por tamaños de los restos metalúrgicos, para los restos de un único fragmento (izq.) y los compuestos por varios (dcha.).

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Tabla

Los restos más grandes únicamente están compuestos por un fragmento, como puede ser lógico. Sin embargo, cuando se trata de varios fragmentos, la mayoría se la llevan los tamaños superiores a los 10 milímetros. Especialmente la categoría de 10 a 20 milímetros destaca por encima de las demás (Fig. 6). Esto nos puede estar indicando que estos restos pudieron ser más grandes en origen, aunque no mucho más de lo visto en los fragmentos únicos debido a la preponderancia de este rango inferior de tamaños.

Presentándose en nuestro registro un único fragmento de crisol, mereció la pena una labor de documentación mayor de este resto. Este fragmento fue objeto de fotografías como otros restos, pero además se le realizó un escaneo 3D para conservar su forma y aspecto para posibles análisis o trabajos en el futuro. Este escaneo también nos permitió obtener una sección perfecta del resto y así observar su perfil de una forma mucho más precisa a cómo se realizaría a través de un dibujo (Fig. 7).

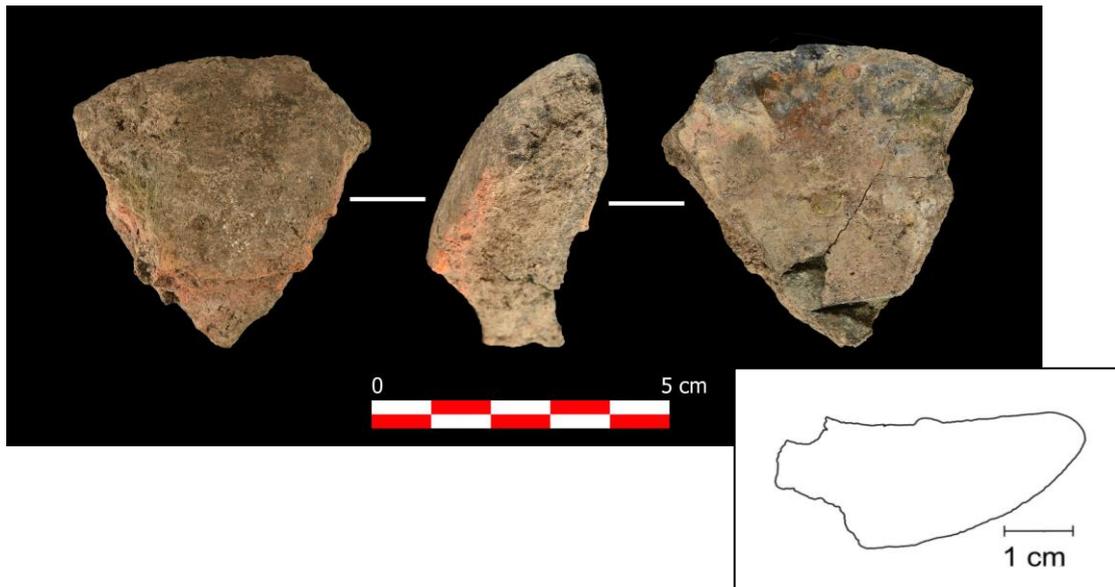


Figura 7: Fotografía de las dos caras y el perfil del fragmento de crisol con N° de inventario: 8295 (izq.) y sección del mismo obtenida a través del modelo 3D (dcha.).

Fuente: elaboración propia

6.1.2. Análisis elemental de restos

Para conocer la verdadera naturaleza de los restos metalúrgicos y poder discriminarlos de entre el total de restos recogidos, es necesario llevar a cabo algún tipo de análisis físico-químico. Por ello, nos propusimos realizar una serie de análisis de XRF y microanálisis por MEB sobre muestras que aún no habían sido analizadas de entre los restos de Arangas. Como analizar todos los restos no resultaba una opción útil y viable, se propuso una selección de muestras según los siguientes criterios.

En primer lugar, se seleccionarían todos aquellos restos cuya adscripción presentase relación segura con las actividades metalúrgicas. Entre ellas se incluyen: escorias, restos de cobre, mineral-escoria y restos de metal sin identificar, incluyendo un resto de presunto metal de hierro. Junto a estas, incluimos también nueve muestras de minerales que debido a su morfología y características podrían estar relacionadas con la metalurgia. Cuatro fueron primeramente analizadas por XRF y las otras cinco ya lo fueron con el MEB.

Excluimos, por tanto, todos aquellos restos que ya habían sido analizados con anterioridad, como el puñal, el crisol y varias escorias (Arias & Ontañón, 1999). También excluimos todos aquellos restos de rocas y minerales que no sugirieran una posible relación con el cobre o subproductos metálicos como los restos de limonita y otros minerales relacionados con el hierro o las propias rocas de la cueva.

La selección finalmente está compuesta por veintiocho muestras de diversa morfología y composición. Algunos son restos de pequeño tamaño, otros de mediano tamaño. En concreto, existían dos de ellos que por sus características fue necesario extraer un fragmento de menor tamaño. Estas diferentes acciones se explicarán más en detalle en los apartados referentes a dichas muestras.

Es importante comentar que, ninguna de las muestras fue previamente preparada. No se aplicaron procedimientos específicos para la limpieza superficial de las muestras ni para la obtención de láminas delgadas del interior de las mismas. Como nuestro objetivo aquí se centra únicamente en poder incluir o descartar dichos restos dentro de las actividades metalúrgicas, supone un esfuerzo y destrucción innecesaria para tanta cantidad de restos arqueológicos. A continuación, se presentan los resultados de la serie de nuevos análisis y microanálisis realizados sobre las muestras de Arangas:

PA29953-06: Se realizó un análisis por XRF de una muestra de los tres fragmentos de mineral que forman el N° de Inventario: 11184. Presentan una forma alargada, una coloración grisácea y una superficie rugosa. Los resultados confirman que tiene un alto contenido en hierro y una muy baja presencia de manganeso. Aun con ello, la mayoría de la composición de la muestra presenta elementos que no son destacables para nuestra investigación. Seguramente forme parte de alguna roca de la propia cueva y por tanto tener un origen natural.

PA29953-07 y PA29953-08: Dos análisis de XRF se realizaron sobre dos fragmentos de mineral del N° de Inventario 24987. Presentan una superficie rugosa y una coloración negruzca sin más elementos destacables. Tras observar la concordancia en los resultados de los dos análisis, podemos prácticamente confirmar que efectivamente las dos muestras pertenecieron en un origen a la misma roca. Aunque en su gran mayoría presentan un conjunto de elementos no reseñables para nuestro estudio, resulta llamativo resaltar la ligera señal que aportan de cobre. Indicativo quizás de ser contaminación superficial por estar enterrado en el entorno de la actividad metalúrgica.

PA29953-09: Un pequeño resto de forma esférica y superficie lisa era buen candidato a poder atribuirse a una gota de fundición de cobre, por tanto, fue analizado por XRF. Los resultados, sin embargo, aportan otra realidad. Presenta cantidades de hierro y una pequeña señal de cobre, aunque el protagonista acaba siendo el manganeso con más de la mayoría del porcentaje. Podría tratarse de un mineral de manganeso y tener relación con algún tipo de explotación humana, aunque eso escapa de los objetivos de nuestro trabajo.

PA29953-10: Otro resto de forma esférica, aunque aplanado, fue objeto de otro análisis por XRF por su posible relación con minerales o restos de cobre. El resultado aportó un apabullante 99,6 % de hierro, por lo que no quedan muchas dudas sobre su naturaleza. El análisis también obtuvo una ligera señal de arsénico, aunque si no existe relación con el cobre no nos resulta de mayor interés.

Una vez expuestos los resultados de los análisis realizados por XRF, es momento de presentar los realizados con el MEB. Debido a la extensa información derivada de los múltiples microanálisis y de las respectivas imágenes virtuales de la microestructura de cada muestra, hemos decidido uniformizar los comentarios y utilizar unas fichas individualizadas para cada muestra.

Estas fichas estarán disponibles en el anexo a modo de material complementario a este capítulo (ver ANEXO ANALISIS). A continuación, solo me mostrarán aquellos análisis que, por el interés de la muestra y de los resultados obtenidos, merecen incluirse aquí.

ANALISIS	N° INV.	TIPO	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Mn	OTROS
PA29953-06	11184	Mineral	23,3	ND	ND	ND	ND	0,09	76,5
PA29953-07	24987	Frag. Mineral	1,33	0,04	0,15	ND	0,02	5,18	93,2
PA29953-08	24987	Otro Frag.	1,01	0,03	0,08	ND	0,01	0,62	98,2
PA29953-09	6580	Bolita mineral	20,4	3,41	11,4	ND	1,09	63,6	ND
PA29953-10	13445	Bolita mineral aplanada	99,6	ND	ND	0,29	ND	ND	ND

Tabla 1: Resultados de los nuevos análisis por XRF medidos en porcentaje sobre el 100% de la muestra.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de XRF

AR-11094: Este pequeño resto fue rápidamente seleccionado para su microanálisis por MEB debido a la visible presencia de coloraciones verdosas en su superficie, indicativo claro de la presencia de cobre (ver ANEXO N°4). El primero de los microanálisis (AR-11094/1) se realizó sobre una zona amplia de la muestra (Fig. 8) y por ello aporta todo un conjunto de elementos que más tienen que ver con los residuos del sedimento como el sílice, aunque podemos ver que la amplia mayoría del porcentaje la conforma el oxígeno y el cobre.

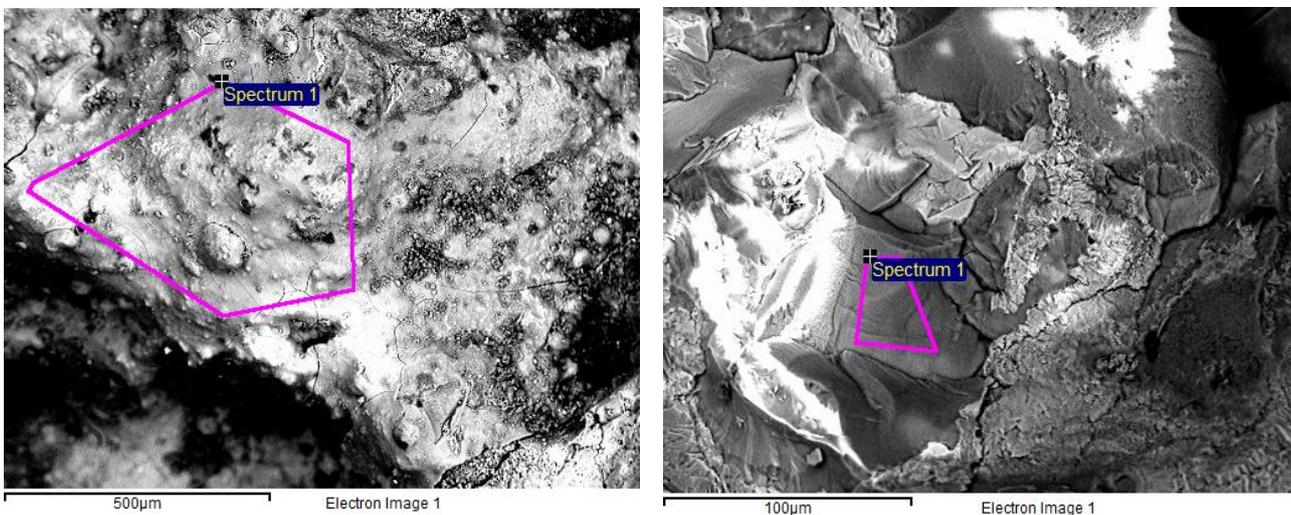


Figura 8: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-11094, del primer microanálisis (izq.) y del tercero (dcha.).

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, los microanálisis se dirigieron a una zona de la muestra donde podrían percibirse mejor la superficie de los granos de la composición material. Los resultados del segundo microanálisis se realizaron sobre una zona amplia de estos granos y los dos siguientes sobre la superficie de dos granos separados y de distinto peso atómico. Los

resultados nuevamente muestran altos niveles de oxígeno y cobre, siendo quizás lo más llamativo la aparición del azufre o el cloro en niveles significativos.

Otro microanálisis realizado sobre otra zona de la muestra nos aporta resultados coherentes con el resto de microanálisis. Podemos discernir que se trata de un óxido de cobre, sin poder concluir más sobre la auténtica naturaleza del mineral de origen. Aún en condiciones superficiales y sin preparar, las proporciones no se ajustan a minerales como la tenorita (79,9% Cu y 21,1% O) o la cuprita (88,8% Cu y 11,2% O).

ANÁLISIS	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Cu
AR-11094/1	56,91	0,41	0,38	16,69	0,46	0,23	0,75	0,15	2,05	21,97
AR-11094/2	57,52	ND	ND	1,93	ND	6,9	ND	ND	ND	33,65
AR-11094/3	56,93	ND	ND	16	ND	ND	3,43	ND	0,95	22,68
AR-11094/4	38,07	ND	ND	2,98	ND	ND	14,13	ND	ND	44,83
AR-11094/5	60,06	ND	ND	6,82	ND	4,74	ND	ND	0,4	27,97

Tabla 2: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-11094) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

AR-8228: Para poder analizar este resto cómodamente junto a otras muestras fue necesaria la extracción de un pequeño fragmento de coloración verdosa (ver ANEXO N°3). Se realizaron cinco microanálisis sobre varias zonas diferenciadas. Por un lado, se mostró atención en la zona de fragmentación donde parecía aflorar la superficie más pura del material. Por otro lado, se analizaron una especie de bolas que parecían formar parte de la microestructura del material (Fig. 9).

Los tres primeros análisis son los realizados sobre las superficies de corte de apariencia más pura (Fig. 9). Los resultados nos presentan un óxido de cobre con la presencia de algún otro elemento a modo de contaminación externa al objeto. Las bolas también presentan este óxido de cobre, aunque con mayor cantidad de cobre y menor de oxígeno. También se presentan otros elementos como el silicio que podrían sugerir que se trata de otro tipo de mineral como la Crisacola, cuyas proporciones son: 33,9 % Cu, 17,1%Si y 45% O, valores muy parecidos al punto 5 (AR-8228/5).

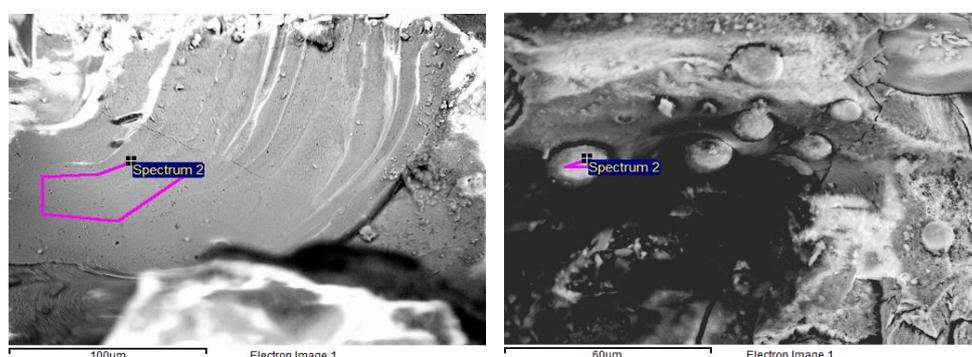


Figura 9: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-8228, del segundo microanálisis (izq.) y del quinto (dcha.).

Fuente: elaboración propia

ANALISIS	O	Mg	Si	P	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Cu
AR-8228/1	80,7	ND	1,92	ND	17,3						
AR-8228/2	71,6	ND	0,52	0,74	ND	ND	0,67	ND	ND	ND	26,4
AR-8228/3	80,9	ND	19								
AR-8228/4	50	0,64	13,8	0,44	0,18	0,23	2,1	5,24	0,28	0,89	26,1
AR-8228/5	35	0,41	13,6	0,47	ND	0,34	3,51	8,94	ND	1,23	36,4

Tabla 3: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-8228) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

AR-37256: Para la obtención de esta muestra fue necesario separar los diferentes fragmentos de material que conformaban este resto. Además del sedimento concreccionado y pequeñas piedras, se pudo diferenciar la existencia de dos bloques de piedra que encajaban otro objeto de irregular morfología y sospechosa apariencia de escoria (Fig. 10). Todos ellos, con restos oxidados de cobre sobre su superficie. De uno de los restos con superficie verdosa que se extrajo del proceso, se obtuvo finalmente la muestra.

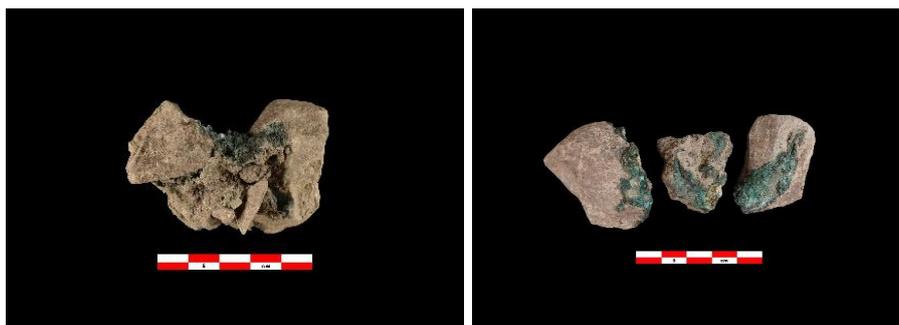


Figura 10: Fotografías del resto N° 37256, antes (izq.) y después (dcha.).

Fuente: elaboración propia

Se realizaron dos microanálisis sobre la misma. Uno sobre una superficie más amplia y rugosa y otro sobre otra superficie más angulosa y que parecía ser más pura. El primer microanálisis presenta unos resultados con más diversidad, notándose la presencia del silicio que pudiera formar parte de la ganga o del mineral. Sin embargo, el segundo análisis sí presenta unos resultados más claros para caracterizarlo con un óxido de cobre, siendo ligeramente alto el valor del azufre, lo que nos puede estar indicando también la presencia de sulfuros de cobre.

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe	Cu
AR-37256/1	64,4	0,49	0,71	15,9	0,36	0,27	0,19	0,17	1,41	0,27	15,7
AR-37256/2	56,6	ND	0,97	1,4	0,73	5,5	ND	ND	ND	ND	34,7

Tabla 4: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-37256) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

La presencia de estos óxidos de cobre en superficies verdosas sobre minerales o rocas, como hemos visto en estos tres casos comentados, también se hace patente en otra muestra analizada (ver análisis, AR-8258). A falta de una preparación y reanálisis de estas muestras, solo podemos avanzar que se tratan de óxidos de cobre derivados de minerales relativamente ricos en este metal.

AR-4519: Este resto irregular fue identificado como una escoria de metal de cobre, seguramente debido a su morfología y coloración grisácea y con superficies ligeramente verdosas (ver ANEXO N°3). Seis microanálisis fueron realizados debido, nuevamente, a su diversidad en la microestructura. El primero de los microanálisis se realizó sobre una superficie amplia y rugosa y los resultados aportaron una señal clara de óxido de cobre y hierro, aunque con la existencia de muchos otros elementos de contaminación del sedimento.

El segundo microanálisis se realizó sobre una sospechosa banda de mayor peso atómico que bien se diferenciaba con la imagen virtual del microscopio. El resultado aportó una alta señal de silicio en detrimento de los elementos metálicos (Cu y Fe). El tercer microanálisis se realizó sobre una superficie diferente respecto al resto del objeto. Sus resultados fueron igualmente llamativos, pues la alta señal de fósforo y calcio bien nos podrían estar hablando de algún minúsculo resto de hueso incrustado en la muestra.

Los últimos tres microanálisis se realizaron a una escala mucho menor, sobre una superficie donde los granos cristalinos se percibían mejor. Algunos de ellos presentaban una morfología más alargada y delgada respecto a otros (Fig. 11). Esto puede estar indicándonos una microestructura compuesta por granos aplastados y deformados, al menos de forma localizada. Los resultados de estos tres últimos aportaron una más clara adscripción a óxidos de hierro, posiblemente asociados a otros menores de cobre.

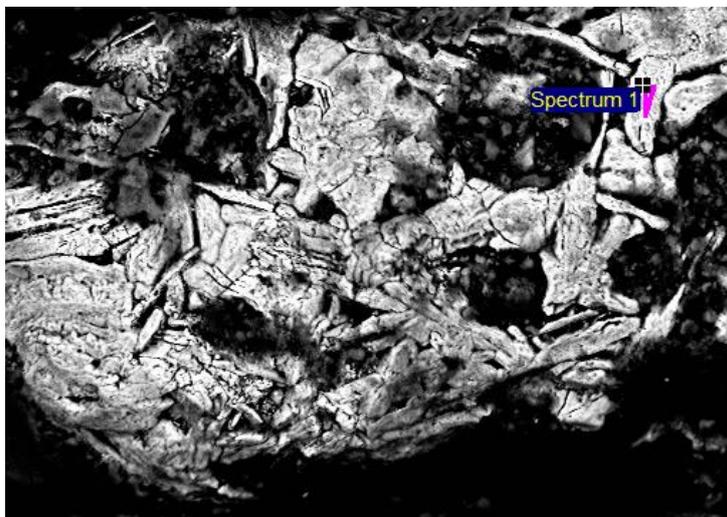


Figura 11: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-4519 durante el último microanálisis, en ella se pueden apreciar los granos alargados y aplastados de la microestructura.

Fuente: elaboración propia

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Fe	Cu
AR-4519/1	53,4	0,4	1,13	5,14	5,47	0,35	0,43	3,74	8,68	21,1
AR-4519/2	60,8	0,38	1,33	15,4	0,81	ND	0,27	3,03	2,59	15,2
AR-4519/3	63	0,32	0,67	1,47	12,4	ND	ND	19,7	0,57	1,8
AR-4519/4	37,3	ND	0,53	0,63	ND	ND	ND	0,31	38	22,8
AR-4519/5	37,1	ND	0,24	0,41	ND	ND	ND	0,27	50	11,8
AR-4519/6	26,2	0,29	0,74	4,48	0,84	ND	0,46	1,8	36	29,1

Tabla 5: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-4519) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

AR-25000: Se trata de un pequeño resto de forma irregular con coloraciones diversas entre grisáceas, anaranjadas y marrones (ver ANEXO N°3). Es adscrito como resto de metal y fue objeto de hasta cinco microanálisis debido a lo extraordinario de sus resultados. La imagen virtual presenta una curiosa microestructura de granos alargados y agrietados con la intermitente presencia de agujas y otras formas diversas de granos. Por otro lado, existen unas zonas muy específicas de la imagen con mayor peso atómico (Fig. 12).

El primero de los análisis se realizó sobre una zona muy reducida donde se detectaron los granos en forma de aguja. Aun con la presencia común del oxígeno y el hierro, los resultados sorprenden con ese gran porcentaje tanto de estaño como de plomo. Algo muy fuera de lo común de una composición normal de algún mineral o resto natural de roca de los que venimos analizando.

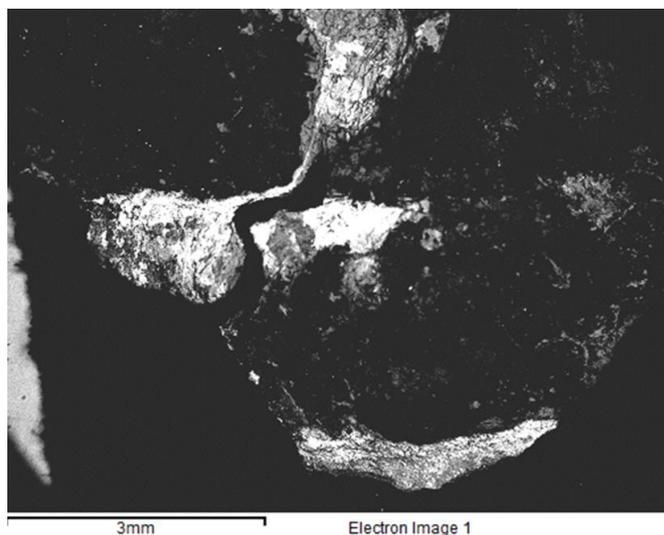


Figura 12: Imagen virtual generada por MEB de la superficie general de la muestra AR-25000.

Fuente: elaboración propia

Los dos siguientes microanálisis se realizaron a una escala algo mayor sobre uno de estos granos alargados que presentaban dos coloraciones según su peso atómico, una más clara y otra más oscura (Fig.13). Este segundo microanálisis se centró en la zona más oscura donde se detectó la presencia de un óxido de hierro sin la presencia ni del estaño ni del plomo. Por su parte, el tercer microanálisis se obtuvo sobre la zona más clara y los resultados presentan una bajada del porcentaje de hierro a favor del estaño y el oxígeno.

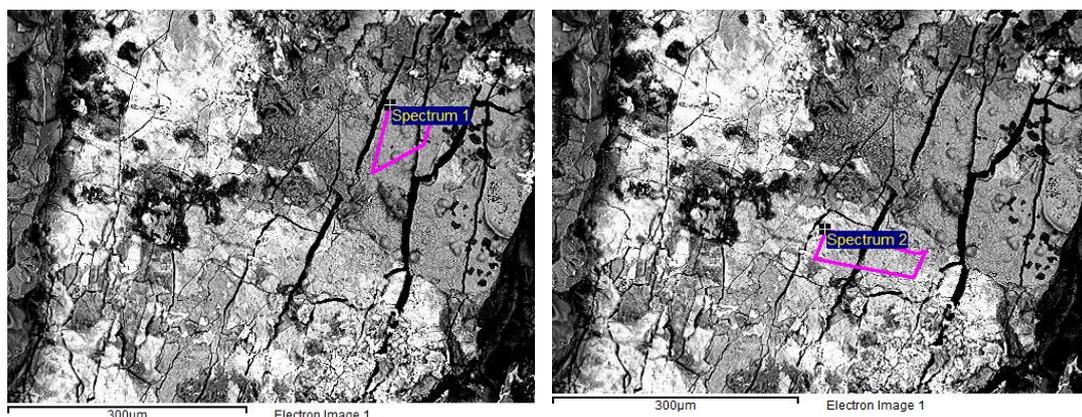


Figura 13: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-25000, del segundo microanálisis (izq.) y del tercero (dcha.).

Fuente: elaboración propia

Para terminar, los dos últimos microanálisis se realizaron de forma general sobre aquellas zonas destacadas en la imagen virtual con un mayor peso atómico. Los resultados nos ofrecen nuevamente la presencia de óxidos de hierro, aunque con una alta presencia del estaño y el plomo que aparecen o de forma equitativa o con una amplia mayoría del estaño. Podríamos estar ante un resto de escoria, pues la presencia de plomo y estaño a la vez no sería tan extraña porque son los elementos que más fácilmente reaccionan y pasan a la escoria.

En ese caso habría que averiguar la procedencia de ambos elementos, aunque no es descabellado pensar en la existencia de minerales cobre-plomo. La existencia del puñal de bronce y otras escorias con altas cantidades de plomo podrían estar dándonos pistas. Sin duda, un nuevo análisis, esta vez cortando y puliendo la muestra, podrían determinar si realmente se trata de un resto de escoria prehistórica o más bien el resto de objeto moderno.

ANALISIS	O	Mg	S	Cl	Ca	Mn	Fe	As	Sn	Pb
AR-25000 /1	38,3	0,37	ND	0,53	ND	ND	3,32	ND	35,3	22
AR-25000 /2	39,6	ND	0,22	ND	0,92	ND	59,2	ND	ND	ND
AR-25000 /3	54	1,03	0,22	ND	0,88	0,25	18,1	ND	24,4	ND
AR-25000 /4	51,2	0,74	ND	ND	2,33	ND	19,9	ND	13,7	12
AR-25000 /5	49,5	0,89	ND	ND	ND	ND	14,8	0,17	30,8	3,71

Tabla 6: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-25000) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

AR-24986: Este extraño resto presenta una morfología alargada (24 mm.) y grosor fino (2,9 mm.), casi a modo de lámina que además parece estar doblado sobre sí mismo por uno de los lados (ver ANEXO N°3). Tiene una coloración grisácea y de aspecto de metal oxidado, con algunas protuberancias de coloración anaranjado que parecen estar pegadas sobre la superficie. Sorprendentemente, está adscrito como mineral y muy posiblemente debería ser descartado como resto prehistórico, aunque su procedencia estratigráfica al menos parece estar probada.

El análisis elemental de la muestra puede sacarnos de dudas y por ello fue objeto de hasta tres microanálisis. La imagen virtual nos revela una superficie heterogénea con grandes diferencias elementales entre la especie de incrustaciones y el resto de la superficie. El primer microanálisis se realizó sobre una superficie amplia de la muestra, ofreciéndonos una larga lista de elementos fruto de la contaminación externa del sedimento. Como elementos mayoritarios nos encontramos el oxígeno y el hierro, por tanto, la composición superficial del resto parece ser el óxido de hierro.

Sin embargo, los siguientes dos microanálisis se realizaron sobre las incrustaciones o protuberancias que parecían estar pegadas a la superficie con distinta coloración (Fig. 14). Los resultados nos presentan una composición más pura de óxidos de estaño con presencia menor de hierro y algunas veces de plomo. Esta composición es extraordinariamente rara para un objeto prehistórico relacionable aquí con la metalurgia de la cueva.

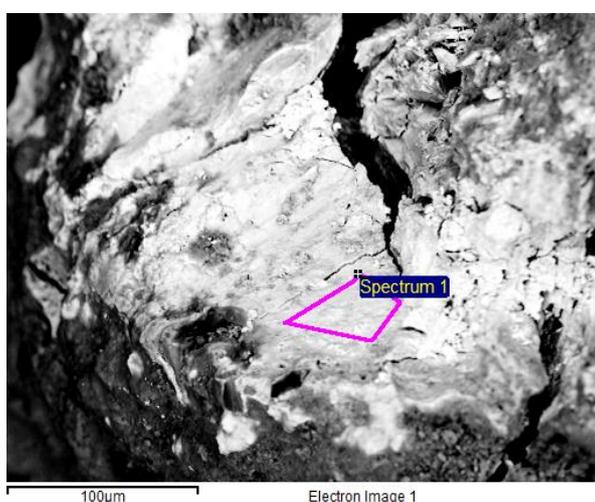


Figura 14: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-24986, durante el segundo microanálisis.

Fuente: elaboración propia

La única explicación posible pasaría por clasificar este resto como un mineral de estaño y eso supondría algo excepcional para los registros arqueológicos de esta época y este lugar. Tendríamos pruebas materiales de los recursos minerales del estaño en una época y lugar donde son extraordinariamente escasos por no decir inexistentes. Sin embargo, y como veníamos introduciendo en la descripción inicial y ahora apoyándonos en los

resultados, resulta más plausible que se trate de un objeto moderno que de alguna forma se introdujo en la estratigrafía prehistórica.

Puede que estemos ante un objeto de hierro estañado para protegerlo de la corrosión, además podría contener plomo formando peltre, una aleación de ambos utilizada comúnmente para la fabricación de latas de conserva. En cualquier caso, se trataría de un objeto incluido dentro de periodos históricos y podría relacionarse con el caso anterior del resto con N° de inventario: 25000.

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe	Sn	Pb
AR-24986/1	60,5	0,32	1,4	6,5	1,11	0,57	0,29	1,79	27,	ND	ND
AR-24986/2	47,6	0,52	ND	0,82	ND	ND	ND	ND	5,22	36	9,71
AR-24986/3	48,6	0,47	ND	ND	ND	0,24	ND	ND	8,74	41,8	ND

Tabla 7: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-24986) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

AR-16653: Se trata de un llamativo resto irregular adscrito como mineral. Presenta coloraciones diversas entre el gris y el marrón, además de restos de concreción y formas protuberantes, siendo llamativo el resto verdoso de cobre que aflora en su superficie (ver ANEXO N° 6). A primera vista de la imagen virtual, podemos observar una microestructura compleja con la existencia de zonas más o menos afectadas por la concreción y la suciedad externa (Fig. 15).

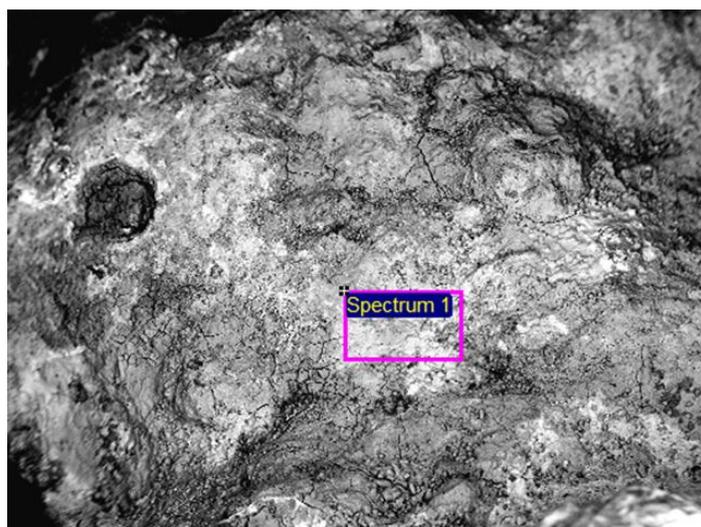


Figura 15: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-16653, durante el tercer microanálisis.

Fuente: elaboración propia

Se han realizado hasta cinco microanálisis debido a lo excepcional de la pieza y la diversidad en cuanto a zonas. El tercer microanálisis se realizó sobre una zona amplia de la superficie de la muestra. Los dos primeros microanálisis y el último se realizaron sobre zonas más reducidas de superficie lisa y aspecto más puro y el cuarto microanálisis se efectuó sobre una zona de superficie gruesa y de aspecto de capa exterior (Fig. 16).

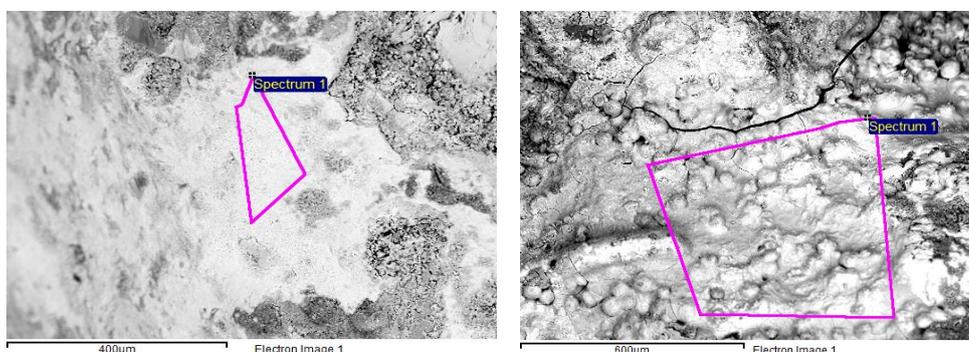


Figura 16: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-16653, del primer microanálisis (izq.) y del cuarto (dcha.).

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis más general presentan un alto contenido en oxígeno y cobre, seguido del hierro y una curiosa señal de plomo, además de elementos ajenos como el silicio, el fósforo o el calcio, con unos valores superiores al resto de microanálisis. El cuarto microanálisis ofrece algunas diferencias, pues el cobre, así como el silicio y el cloro, aumentan en detrimento del hierro y otros elementos como el plomo, que directamente desaparece.

Los microanálisis que nos quedan son a nuestro parecer los que mejor nos ofrecen la composición elemental más pura de la pieza. Presentan un alto contenido en oxígeno y hierro seguido del cobre. Los elementos derivados de la contaminación externa vuelven a aparecer y, además, se presentan otros de gran interés para nuestra investigación. Estamos hablando de los elementos característicos de las impurezas del metal de cobre en esta región: el arsénico y el antimonio.

No debemos olvidarnos de otros elementos como el zinc o el plomo que, aunque para este periodo nos es imposible hablar de aleaciones, es cierto que jugarán un papel fundamental en épocas posteriores. En este caso, podemos denominarlas como otras impurezas que están presentes en el mineral del cobre y que sin duda también nos pueden ayudar a una mejor caracterización de este mineral polimetálico.

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Sb	Pb
AR-16653 /1	43,8	ND	0,38	6,64	0,53	ND	0,31	1,15	1,02	31,5	6,76	1,58	0,53	3,19	2,57
AR-16653 /2	40,4	0,23	0,57	10	0,79	ND	0,42	1,79	0,53	32,3	6,39	0,8	0,4	2,48	2,12
AR-16653 /3	48,9	0,33	0,85	7,27	3,27	1,9	0,52	5,21	ND	15,2	14,2	ND	ND	ND	2,22
AR-16653 /4	50,7	ND	0,63	12,6	ND	3,52	ND	0,92	ND	3,24	28,2	ND	ND	ND	ND
AR-16653 /5	30,7	0,24	0,64	4,38	0,5	ND	0,33	1,24	1,94	44	10,9	0,89	0,04	1,32	2,75

Tabla 8: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-16653) medidos en porcentaje sobre el 100%.

Fuente: elaboración propia

De entre el resto de análisis que no hemos presentado aquí, podemos dividirlos en dos grandes categorías según los resultados obtenidos. Por un lado, aquellos que tras su análisis no se ha detectado la presencia de cobre y, por tanto, no deberíamos relacionarlo con la metalurgia. Por otro lado, existen una serie de muestras que, si detectaron una presencia de cobre, pero esta era tan pequeña que difícilmente podríamos compararlo con otras muestras analizadas.

El primer grupo lo engrosan doce muestras y el segundo cuatro. Los análisis permiten caracterizar estas muestras como minerales y rocas ricas en hierro fundamentalmente. La presencia del manganeso también parece evidente en estos minerales por su presencia menor en varias de las muestras (ver ANEXO ANALISIS). Otras de las muestras corresponden a restos de concreción calcárea y de forma más curiosa podemos destacar la presencia de un mineral de barita (ver análisis: AR-3120) y de un hueso quemado confundido en su adscripción como mineral (ver análisis: AR-2733).

Así podemos concluir que, tras esta serie de análisis preliminares sobre las veintiocho muestras, hemos podido obtener una nueva imagen de la metalurgia de Arangas. Dieciséis de las veintiocho muestras han sido descartadas como restos metalúrgicos al no presentar ninguna cantidad de cobre. De las doce restantes, seis presentan una cantidad muy pequeña de cobre y los restos difícilmente pueden ser caracterizados.

Por su parte, los otros seis restos sí presentan una cantidad considerable de cobre y, por tanto, podrían ser candidatos para un futuro análisis con preparación de muestras. La primera aproximación a estos últimos restos nos lleva a pensar que se tratarían de tres minerales que contienen cobre, alguno de ellos polimetálicos y los otros tres restos parecen estar más relacionados con escorias de cobre por su morfología y en algún caso, relación espacial con una escoria bien identificada.

6.1.3. Caracterización metálica por impurezas:

Dejando ahora a un lado los análisis nuevos que realizamos, nos proponemos caracterizar las composiciones metálicas de Arangas, según las impurezas que presenten de algunos elementos. Para ello, utilizaremos los análisis realizados con anterioridad por los doctores: Salvador Rovira e Ignacio Montero, pues las muestras de los restos analizados en estos casos sí fueron previamente preparadas y se obtuvo una imagen más clara de la composición química (ver ANEXO ANALISIS: Tabla 16).

El uso del MEB ha posibilitado obtener varios resultados de cada muestra por su capacidad de realizar microanálisis en zonas de interés. Por tanto, estos numerosos resultados deberán discutirse dentro del ámbito de cada muestra para poder realizar una valoración general. Los únicos objetos que, debido a su naturaleza, sus análisis globales serán tenidos en cuenta son: el puñal de remaches y el punzón, realizados por XRF y SEM respectivamente.

Para realizar un estudio más acotado y centrado en caracterizar las composiciones metálicas del yacimiento, se mostrará atención únicamente sobre los resultados que hayan señalado una cantidad significativa de metal. De esta forma, se obviarán los microanálisis

realizados sobre otros restos que pueden tener interés para el estudio metalúrgico, pero que se escapan de la propia caracterización del metal que se está procesando. Ejemplo de ello puede ser: el microanálisis sobre la matriz cerámica de los crisoles, sobre los restos escorificados que no contengan metal o sobre muestras que no han sido preparadas.

Para la caracterización del metal utilizaremos la clasificación por impurezas presentada por Pollard *et al.* (2015). Esta se basa en la ausencia/presencia de cuatro elementos característicos en los metales de base cobre: el arsénico (As), el antimonio (Sb), la plata (Ag) y el níquel (Ni). De esta forma, presentaremos los metales de Arangas según esta clasificación de 16 categorías y compararemos los resultados con otros contextos y resultados como realizan Montero Ruiz & Orejas (2018) para los contextos antiguos y tardoantiguos de Hispania. Comenzaremos el comentario sobre los análisis globales del puñal y el punzón para posteriormente continuar con el resto de muestras que cuentan con varios microanálisis.

AR-1, Puñal de remaches (hoja): el análisis elemental realizado por XRF sobre la hoja del puñal nos aporta unos resultados coherentes con la atribución cronocultural de dicho objeto. Se trata de un característico bronce binario con unas proporciones de 87,5% de Cu y 12% de Sn. Contiene también unas pequeñas proporciones de arsénico (0,5%) y menos de Antimonio (0,02%). El metal del puñal pertenecería a la categoría de cobre dos (CC2) debido a la presencia del arsénico, pues el resultado del antimonio no es suficientemente representativo.

Por un lado, el arsénico es característico de la mayoría de producciones metálicas relacionadas con las minas asturleoneras desde el Bronce Antiguo. Por otro lado, el antimonio, aunque menos presente que el arsénico, también es característico de las producciones metálicas del entorno más local, como luego veremos en el resto de muestras de esta cueva de Arangas.

NUM-ANALISIS	OBJETO	INVENTARIO	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb
AR-1	Puñal de remaches (hoja)	5806	tr	nd	87.5	0.5	nd	12	0.02

Tabla 9: Resultados del análisis por XRF sobre el puñal de remaches de Arangas, medidos en porcentaje sobre el 100% del peso. Clave: nd= no detectado, tr= trazas.

Fuente: Arias Cabal, P., & Ontañón Peredo, R. (1999). Excavaciones arqueológicas en la cueva de Arangas (1995-1998). Las ocupaciones de la edad del bronce.

AR-13180, Punzón: Se han realizado dos análisis globales con SEM sobre el punzón (ver ANEXO ANALISIS: Tabla 15). La concordancia entre ambos afianza la fiabilidad del análisis y nos permite realizar algún comentario. Con una amplia mayoría y representado con un 96,5 y 97,1 %, nos encontramos el cobre, siendo la diferencia entre ambos análisis apenas significativa. Llama la atención la presencia de entre 2 y 2,5 % de arsénico, apareciendo nuevamente como uno de los elementos minoritarios más significativo. Con estos valores estamos hablando de un cobre arsenical, elemento cuya presencia se puede explicar por el mineral original empleado.

Con proporciones mucho más bajas encontramos el níquel o el hierro con valores que se extienden de forma algo diversa. En el primer análisis lo hace de forma más homogénea con un 0,3 % cada uno y en el segundo análisis, parece predominar mayormente el níquel respecto al hierro con un 0,7 y 0,1 % respectivamente. Los resultados quizás podrían valorarse para otros estudios, ya que para nuestro análisis podemos concluir que el cobre y el arsénico ya nos sirven para caracterizar correctamente el objeto. El grupo de metal en el que se clasifica este punzón es CC11.

AR-2190, Escoria de cobre: Contamos con once microanálisis para esta escoria de cobre, de los cuales, siete son sobre elementos únicamente metálicos, denominadas estas fases como bolas de cobre o halos de bolas de cobre. Todas las bolas de cobre mantienen una composición uniforme con una media que ronda el 91,8 % Cu. En el caso de los halos de bolas de cobre, el porcentaje de este disminuye hasta un 78,3 % debido a su estado todavía mineral y no plenamente metálico. Debido a la diferente naturaleza de estas dos fases, hemos decidido analizarlas por separado en función de caracterizar mejor el tipo de metal.

Posteriormente, el elemento más y mejor representado en todas las bolas de cobre es el antimonio, con una media muy uniforme de 4,2 %. Por tanto, podemos concluir que el antimonio es el elemento característico y, en muchos casos, diferenciador del metal representado en esta escoria. El níquel es otro elemento que aparece en 4 de las 5 bolas de cobre con una media de 0,8 %, aunque en uno de los casos el valor se dispara hasta el 1,4 %.

Es llamativo que existan diferencias sustanciales entre la composición de algunos elementos dentro incluso de su clasificación como bolas de cobre. El hierro aparece en 2 de estas bolas de cobre con un porcentaje medio de 4,6 %, justamente en los casos donde el porcentaje de cobre disminuye más con un 90,2 y 91,2 %. Por otro lado, en las 3 bolas restantes, que contienen de primera mano un porcentaje algo mayor de cobre, el hierro aparece con solo un 0,6 % de media y, en contraposición, son reconocidos otros elementos llamativos como el bismuto con 1,4 % de media.

Esta heterogeneidad se debe fundamentalmente a tres cuestiones: el propio método del microanálisis, la presencia de inclusiones metálicas en la escoria y a la propia naturaleza heterogénea del metal que se va formando tras la reducción. El análisis combinado de estos resultados nos permite clasificar el metal de esta escoria en la categoría diez (CC10) por la presencia de antimonio y níquel.

Cambiando de tercio, los halos de las bolas de cobre han sufrido otra serie de transformaciones donde otros elementos son protagonistas. Como hemos señalado anteriormente, el cobre aparece en una concentración sustancialmente menor. El hierro es nuevamente protagonista con un 2,3 % de media, pero el elemento realmente significativo en estos halos es el azufre, que aparece con un porcentaje medio del 19,3 %. Este hecho nos está indicando que estos halos están todavía en un proceso de reducción incompleta.

AR-2234, Escorificación en VR: Existen tres microanálisis sobre esta muestra, dos sobre bolas de cobre y uno sobre la propia matriz. Nuevamente, los resultados son bastante homogéneos en cuanto a la proporción de cobre, con un 90,1 % de media entre los dos microanálisis. El hierro es nuevamente representado con un 3,4 % de media en

concordancia con la naturaleza de la escorificación. El níquel está también homogéneamente representado, aunque en una proporción pequeña con un 0,6 % de media.

Sin embargo, las impurezas más importantes siguen siendo el arsénico y el antimonio, con proporciones más variables que los elementos anteriores. El arsénico varía de 1,6 a 2,1 % entre los microanálisis y lo mismo ocurre en el antimonio, que varía del 4,1 a 3,7 %. Esta diferencia entre ambos no es significativa por el propio microanálisis. Lo que está claro es la preponderancia en cantidad del antimonio frente al arsénico. La presencia de estos dos elementos junto al níquel nos indica que la categoría de este metal es la catorce (CC14).

AR-2591, Resto de fundición: Seis microanálisis se realizaron sobre una serie de objetos que componían restos de fundición en forma de “gotas” o bolas de metal. Tras descartar tres microanálisis sobre segregados e inclusiones de antimonio y otros elementos, contamos con tres microanálisis o globales o sobre el metal sano. Estos análisis globales presentan un porcentaje menor de cobre respecto al metal sano, aunque nunca por debajo de un 91,8 %. Las proporciones de hierro y níquel sí parecen mantenerse de forma más homogénea con un 0,6 % y un 0,8 % de media respectivamente.

La diferencia más clara la encontramos nuevamente en el arsénico y el antimonio. En los análisis globales las proporciones de ambos elementos rondan los 2,1 % y 4,1 % de media respectivamente. Incluso en uno de los análisis globales dio una señal de 0,7 % el estaño. Sin embargo, el microanálisis sobre metal sano aportó únicamente una señal de 1,4 % de antimonio sin rastro del arsénico o el estaño, nuevamente una heterogeneidad producida por el microanálisis. El análisis general de los resultados nos indica nuevamente que la categoría catorce (CC14) es la establecida para este resto de fundición.

AR-6605, Escoria de cobre: Existen seis microanálisis sobre esta escoria de cobre, nuevamente, solo tres de ellos están realizados sobre elementos puramente metálicos como son bolas de cobre. Estos tres microanálisis fueron bastante coherentes y homogéneos entre sí lo que nos permite caracterizar de forma más segura este tipo de metal.

El cobre presenta una proporción de 91,6 % de media. El hierro y el níquel vuelven a mantener una proporción en forma de impurezas de 1,6 % de media para el primero de ellos y de 1,3 % de media para el segundo. Por otro lado, el antimonio vuelve a ser el protagonista con un 5,3 % de media. El antimonio y el níquel señalan nuevamente la categoría diez (CC10) de esta escoria.

AR-8256, Escoria de cobre: Esta muestra fue objeto de hasta diecinueve microanálisis debido a su complejidad estructural y compositiva (ver ANEXO N°6). Únicamente quince de ellos presentan señal metálica de cobre, aunque existen notables diferencias entre fases. De entre estos quince microanálisis existen cuatro que, aunque dan señal metálica, presentan fases complejas de inclusiones y segregados, por tanto, serán descartadas en este comentario.

Los once restantes corresponden a fases denominadas como bolas de cobre, salvo una que se trata de una bola de cuprita por su relativa baja proporción de cobre (88,3 %) y la presencia de otros elementos como el oxígeno (10,5 %). También existen dos llamativos

microanálisis sobre bolas de cobre que presentan una señal de plomo de 2,2 y 2,6 %. Sin embargo, la homogeneidad en los ocho microanálisis restantes sobre bolas de cobre nos incita a no valorar de igual forma este llamativo resultado.

El cobre se mantiene con una proporción media de 91,9 % para estas bolas de cobre, mientras que el hierro lo hace con un 1,1 % de media. El níquel es la impureza peor representada, pues existe tanto presencia como ausencia entre los microanálisis. Mientras que en alguno de ellos presenta un 1,6 %, la media total se queda en 0,8 %. El antimonio vuelve a ser el otro elemento más y mejor representado, con 5,6 % de media. Al igual que en la anterior, la categoría diez (CC10) es la establecida para esta escoria.

AR-8295, Escorificación en crisol: Contamos con nueve microanálisis efectuados sobre esta escorificación en crisol, de los cuales, seis presentan elementos puramente metálicos. De entre estos microanálisis existen cuantiosas diferencias, presentando numerosas fases más o menos complejas. Existe una inclusión de óxido de cobre que presenta una proporción de cobre de 91,3 % y 8,7 % de oxígeno.

Existen también dos agujas y un cristal triangular que presentan unas proporciones variables de cobre y otros elementos minoritarios como: hierro, níquel, cobalto o antimonio. Sin duda, las fases que mejor nos van a permitir caracterizar el metal son las dos correspondientes a una bola de cobre, en su análisis más global, y otra que parece tener un análisis más concreto.

Uno de estos microanálisis, el más concreto, aporta una señal del 100 % de cobre lo que resulta demasiado llamativo. Mientras tanto, el análisis más global realizado en otra bola de cobre nos aporta unos valores más cercanos a lo ya visto con anterioridad. Presenta un 81,1 % de cobre y un escaso 0,3 % de hierro y sin rastro de níquel. Por el contrario, presenta una elevada cantidad tanto de antimonio como de arsénico que se presentan con un 11,9 % y 6,6 % respectivamente. La presencia de estos dos últimos elementos nos señala la categoría seis (CC6) para esta escorificación.

AR-8275, Escoria de cobre: Catorce son los microanálisis realizados sobre esta escoria de cobre (ver ANEXO N°5). De entre ellos, descartaremos cuatro correspondientes a fases de análisis globales y de matrices por no presentar contenido en cobre. De entre los diez restantes, debemos hacer nuevamente una diferencia entre las fases de bolas de cobre y las que presentan inclusiones de diferentes elementos y la denominada como masa de cuprita.

Estas últimas fases quizás sean llamativas a la hora de caracterizar el mineral que se ha utilizado en el proceso metalúrgico. De esta manera se puede destacar la presencia de una cuprita con impurezas de antimonio (0,7 %) y diferentes inclusiones de biotita, antimonio o sulfuros en general presentes en estos minerales. Sin embargo, para caracterizar el propio metal resultante del proceso metalúrgico, debemos únicamente fijarnos en las fases correspondientes a bolas de cobre, correspondientes únicamente a cinco de los microanálisis.

La proporción de cobre se sitúa en 90,7 % de media, seguido nuevamente del antimonio con una media de 4,3 %. El hierro y el níquel también están representados con un 3,5 % y un 1,1 % de media, respectivamente. La representación del antimonio y el níquel vuelven a señalarnos hacia la categoría diez (CC10).

AR-8321, Escoria de cobre: Once microanálisis conforman el estudio de esta muestra de escoria de cobre (ver ANEXO N°6). Nuevamente, debemos descartar cuatro de ellos, pues corresponden a análisis globales u otras fases que no contienen ninguna señal de cobre. De los siete restantes, volveremos a diferenciar entre bolas de cobre, inclusiones y coronas de bola. Todas las que no corresponden a bolas de cobre contienen menos de un 90 % de cobre y, por tanto, no resultaran muy útiles para nuestro estudio, como bien hemos ido señalándolo a lo largo de este.

Solo tres microanálisis corresponden a esta fase de bola de cobre, siendo dos de ellas bastante homogéneas en sus resultados y la otra parece desviarse algo más. Este microanálisis, que parece desviarse del conjunto, presenta unos porcentajes relativamente más bajos de cobre y antimonio y en contraposición presenta una proporción de níquel de 1,2 % y 0,5 % de cobalto. Más allá de esta diferencia, las proporciones medias de cobre se sitúan en 93,1 %, las de antimonio en 5,6 % y las de hierro en 0,6 %. Con la representación del antimonio y el níquel, debemos volver a marcar esta escoria con la categoría diez (CC10).

AR-9150, Escoria de cobre: Únicamente cuatro microanálisis se realizaron sobre esta muestra de escoria de cobre. De entre los cuatro, solo uno corresponde a una bola de cobre con contenido metálico, pues las otras fases reconocidas no contienen cobre. Lo más característico de esta bola de cobre es su alta composición de cobre con 96,2 %. Tras ello, solo se reconoce una alta señal de hierro con 3,7 % pero ni rastro de otros elementos comunes en otros análisis como el arsénico, el antimonio o el níquel. Por esta razón, debemos incluir esta escoria como categoría de cobre uno (CC1).

CATEGORIAS	RECuento	PORCENTAJE
CC1	1	9,09%
CC2 (As)	0	0,00%
CC3 (Sb)	0	0,00%
CC4 (Ag)	0	0,00%
CC5 (Ni)	0	0,00%
CC6 (As, Sb)	2	18,18%
CC7 (Sb, Ag)	0	0,00%
CC8 (Ag, Ni)	0	0,00%
CC9 (As, Ag)	0	0,00%
CC10 (Sb, Ni)	5	45,45%
CC11 (As, Ni)	1	9,09%
CC12 (As, Sb, Ag)	0	0,00%
CC13 (Sb, Ag, Ni)	0	0,00%
CC14 (As, Sb, Ni)	2	18,18%
CC15 (As, Ag, Ni)	0	0,00%
CC16 (As, Sb, Ag, Ni)	0	0,00%

Tabla 10: Recuento y porcentaje sobre el total de las muestras metálicas de Arangas según la clasificación por impurezas de Pollard et al. (2015).

Fuente: elaboración propia

6.2. MINERALES Y RECURSOS CUPRIFEROS:

La cueva de Arangas se encuentra en un complejo e interesante contexto geológico y mineralógico. La gran riqueza en minerales de cobre ya era conocida por las sociedades prehistóricas de esta región oriental de Asturias y se hace evidente por la existencia de yacimientos mineros explotados durante esta primera metalurgia del Calcolítico y la Edad de Bronce antigua.

Para poder conocer la procedencia de los minerales procesados en Arangas debemos primero contextualizarlos geográficamente en relación con los yacimientos mineros conocidos y los afloramientos registrados. El IGME cuenta con los estudios geológicos y metalogénicos más completos para la región, aunque las series completas más recientes se realizaron en los años 70.

A falta de estudios completos más recientes, decidimos consultar esos mapas y recopilar todos los afloramientos de cobre conocidos en el entorno de la cueva de Arangas. Los resultados son claros y nos presentan numerosos afloramientos a escasos kilómetros de la propia cueva, tanto en el valle de Cabrales como en las cumbres que lo delimitan al norte y al sur (Fig. 17).

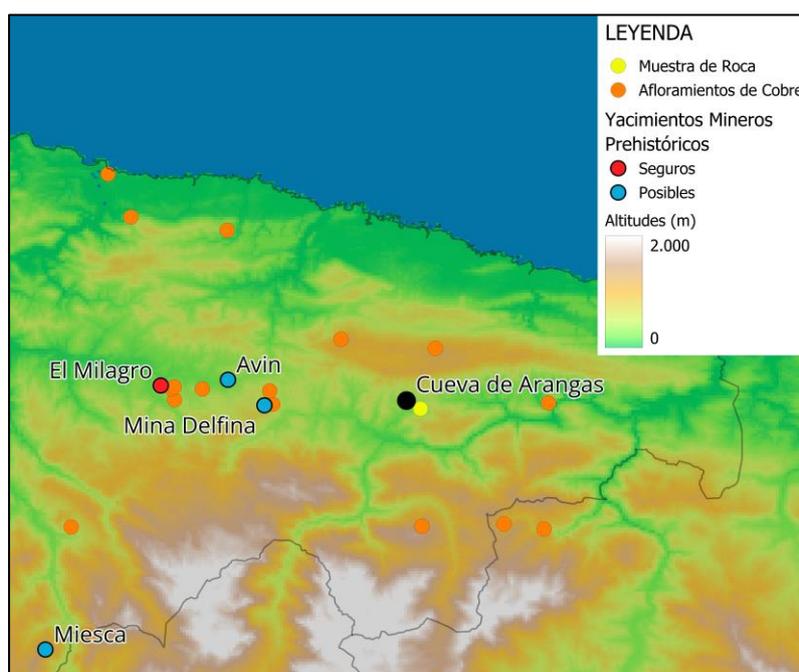


Figura 17: Mapa de la región oriental de Asturias con la localización de la Cueva de Arangas, los yacimientos mineros prehistóricos, los afloramientos de cobre y la muestra de roca recogida.

Fuente: elaboración propia

La accesibilidad directa y cercana a minerales cupríferos queda probada, pero para conocer más en detalle la procedencia del mineral, hacen falta más análisis. Para ello, se propuso realizar una salida de campo para muestrear minerales en las cercanías al yacimiento (Fig. 17). Esta tarea se vio finalmente suplida por la cesión de una muestra de

mineral que había sido recogida en otra campaña de muestreo por Patricia Fernández Sánchez y Jorge A. Vallejo Llano en mayo de 2018.

La muestra de roca presentaba un sospechoso aspecto de mineral rico en hierro debido a su aspecto, coloración y peso (Fig. 18). Sin embargo, presentaba en una de sus superficies una ligera coloración verdosa que pronto nos hizo dudar sobre la auténtica composición elemental de la misma. Por ello, decidimos obtener una lámina delgada que nos permitiera realizar un análisis petrográfico y elemental de la muestra (ver ANEXO N°7).



Figura 18: Roca recogida como muestra durante las prospecciones realizadas en 2018 por Patricia Fernández Sánchez y Jorge A. Vallejo Llano en mayo de 2018.

Fuente: cedida por Jorge A. Vallejo Llano

Con el primer análisis de la lámina delgada bajo el microscopio petrográfico pretendíamos dilucidar si el contenido de la roca era mayormente metálico o no. La imagen captada por el microscopio nos presenta un mosaico de cristales fragmentados y opacos que se cementan por un precipitado de composición aparentemente carbonatada (ver ANEXO N°8) a ojos del geólogo y profesor Miguel Ángel Sánchez Carro del DCITYM³.

Que la composición se perciba mayoritariamente como cristales opacos nos está comunicando directamente que la composición es fundamentalmente metálica. Los microscopios petrográficos funcionan mediante la técnica de la luz transmitida, que atraviesa las láminas delgadas de rocas y minerales conformando una imagen característica. Sin embargo, los metales no dejan atravesar la luz por muy delgada que sea la lámina y, por tanto, la imagen se presenta de forma completamente opaca en un microscopio petrográfico.

Una vez tenemos claro que la composición de la roca es mayormente metálica, debemos averiguar qué tipo de elementos metálicos se presentan y en qué cantidades. Para ello, se sometió a la lámina delgada a una serie de microanálisis por MEB. La imagen virtual de la lámina presenta una microestructura similar a la percibida con el petrográfico con un mosaico de cristales fragmentados. El segundo, tercer y cuarto microanálisis se realizaron

³ DCITYM: Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y los Materiales (Universidad de Cantabria)

sobre las cementaciones que unían los cristales fragmentados y el resto de microanálisis se realizaron sobre la superficie homogénea de los propios cristales.

Las conclusiones que se derivan de los resultados nos indican una composición formada por unos fragmentados cristales metálicos de sulfuros de hierro, donde a su vez se presentan pequeñas cantidades de cobre, arsénico y una ínfima cantidad de antimonio (Tab. 11). Estos cristales metálicos se ven aglutinados por una serie de óxidos de carbonato, como bien se predijo en la imagen del petrográfico.

Los resultados no nos están indicando la existencia de un mineral muy rico en cobre como puede ser la malaquita; sin embargo, que este mineral rico en hierro pudiera estar en relación con lugares de afloramiento de cobre es más que probable. La existencia del cobre y de las impurezas de arsénico y antimonio nos dan la clave para poder relacionarlo con los minerales hallados en Arangas, pues son estos mismos elementos los que mejor caracterizan los minerales ricos en cobre aprovechados en la metalurgia.

Microanálisis	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Cu	As	Sb	Yb ⁴
AR-MR/1	5.57	ND	0.14	50.7	ND	ND	ND	ND	39	3.68	0.82	ND	ND
AR-MR/2	63.4	ND	0.19	ND	ND	ND	35.3	ND	ND	ND	ND	ND	0.96
AR-MR/3	68.8	ND	0.24	0.15	ND	ND	30.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
AR-MR/4	61.6	0.26	1.76	0.14	0.28	0.17	30.8	0.17	3.87	ND	ND	ND	0.84
AR-MR/5	5.15	ND	ND	52.9	ND	ND	ND	ND	41.4	ND	ND	0.09	0.4
AR-MR/6	5.72	ND	0.15	52.8	ND	ND	ND	ND	41	ND	ND	0.01	0.2
AR-MR/7	6.07	ND	0.18	52.6	ND	ND	ND	ND	39.5	ND	1.55	ND	ND
AR-MR/8	6.57	ND	ND	52.7	ND	ND	ND	ND	39.2	0.19	1.25	ND	ND
AR-MR/9	ND	ND	0.22	55.8	ND	ND	ND	ND	40.8	0.34	2.35	0.01	0.34

Tabla 11: Resultados porcentuales de los microanálisis por MEB realizados sobre la lámina delgada extraída de la muestra de roca.

Fuente: elaboración propia

6.3. ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN:

Gracias a la publicación referente a las campañas de excavación en la Cueva de Arangas durante los años 1995 a 1998, conocemos algunos aspectos básicos sobre las estructuras de combustión que se mencionan (Arias y Ontañón, 1999). Tenemos información sobre las medidas aproximadas de dichas estructuras, su contexto espacial y la adscripción cronológica. Sin embargo, en dicha publicación se hacía evidente una carencia de documentación gráfica sobre ellas y de una mayor contextualización arqueológica, fundamentalmente en relación a otros restos como las evidencias metalúrgicas o la fauna afectada por la combustión.

⁴ El iterbio es un elemento químico de la tabla periódica que tiene el símbolo Yb y el número atómico 70. El iterbio es un elemento metálico plateado blando, una tierra rara de la serie de los lantánidos

Estos elementos son los que trataremos en las siguientes líneas. La búsqueda de esta información se realizó a través de la documentación arqueológica disponible: bases de datos, álbumes de diapositivas, fichas arqueológicas y planos sobre papel milimetrado, fundamentalmente. Salvo el caso de las bases de datos, el resto de documentación arqueológica se encontraba en formato analógico y por ello debimos sumar un esfuerzo mayor a nuestro estudio.

Para obtener documentación fotográfica de las estructuras de combustión tuvimos que revisar los extensos álbumes de diapositivas sobre las campañas de excavación. Tras seleccionar aquellas diapositivas más interesantes para mostrar en nuestro trabajo, nos propusimos digitalizarlas. En total fueron unas treinta y cinco fotografías realizadas a pie de excavación sobre aquellas estructuras y zonas relacionadas con las mismas.

Para comprender mejor las relaciones espaciales de estas estructuras entre ellas y con los restos metalúrgicos en el contexto del yacimiento, nos propusimos también realizar una serie de planos y mapas. La documentación arqueológica no es tan precisa como se espera en la actualidad, pues se encuentra en forma de fichas en papel y planos milimetrados dibujados a mano.

Primero debimos recopilar toda la información útil que se encontraba en los diferentes planos milimetrados y calcarla con un papel vegetal (ver ANEXO N°9). Tras ello, digitalizamos la imagen del papel y posteriormente la vectorizamos en un software de edición como Adobe Illustrator, donde podíamos trabajar para añadir la información sobre restos y la topografía de la cueva.

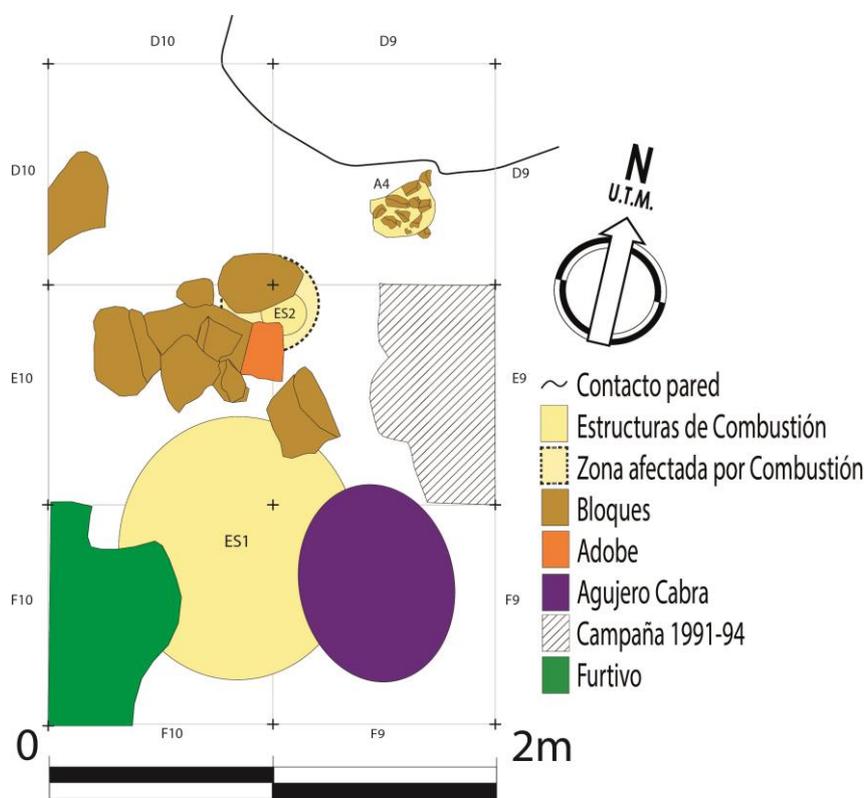


Figura 19: Representación gráfica de las estructuras de combustión y los elementos asociados en planta.

Fuente: elaboración propia a través de Adobe Illustrator y la documentación arqueológica.

Tras un análisis preliminar de la imagen se puede apreciar la morfología de las tres estructuras de combustión en planta, a la hora de su excavación y como fueron documentadas (Fig. 19). Dicha imagen solo incluye los seis cuadros de excavación donde se incluyen las tres estructuras, porque, además de ser los más importantes, son los mejor representados en los planos.

Debido a la falta de uniformidad presente en las fichas arqueológicas a la hora de nombrar estas estructuras de forma simplificada, decidimos rebautizarlas con unas siglas propias. Esta falta de uniformidad se debe fundamentalmente a que el descubrimiento y la correcta documentación de las mismas no se produjo de forma simultánea en el tiempo ni en el espacio. Por ello, las denominaciones que reciben cambian entre un cuadro y otro y la correcta interpretación de los datos solo es posible analizando toda la información en conjunto.

En orden de mención como en la primera publicación (Arias & Ontañón, 1999), nos encontramos con la primera estructura de combustión y más grande al sur del área B. Se trata de la gran cubeta oval de 120x100 cm. y 40 cm. de profundidad. Ocupa una gran superficie entre los cuadros: E10, E9, F10 y F9 y hemos decidido denominarla con las siglas ES1.

Esta parece ser la estructura de combustión más clara de todas y la mejor descrita durante la excavación. Al encontrarse entre estos cuatro cuadros no fue excavada de forma simultánea, extendiéndose su excavación entre las campañas de 1994 y 1995 y al ser la primera estructura hallada, se entienden algunas diferencias en la comprensión o la interpretación.

Donde la estructura es más excavada y mejor documentada es en su lado este, coincidiendo con los cuadros E9 y F9. Durante la campaña de 1994, en el cuadro F9 se había documentado una estructura excavada que resulto ser el hoyo de enterramiento de una cabra (Fig. 20). Este hoyo cortaba parcialmente la estructura de combustión y tras vaciarlo, se pudo excavar la parte el sector 1 que faltaba donde pudo documentarse la estructura.



Figura 20: Fotografía de la excavación del cuadro F9 a la altura del Nivel 2B, en ella se puede percibir el límite del hoyo del enterramiento de la cabra que se prolonga hacia el sector 1 en la esquina inferior izquierda (NO).

Fuente: IIIPC

En la excavación de este sector 1 se halla el nivel 2B que presenta una matriz arcillosa y pardo-claro. Tras este 2B se encuentra el denominado 2D que presenta una matriz arenoso-fina y de color beige-anaranjado, sobre todo en el contacto entre ambos niveles se documentan paquetes de sedimento duros y compactos como afectados por una alta combustión. La interpretación que se ofrece es que existe una estructura excavada desde el 2B que ha afectado y calcinado el sedimento, reposando finalmente sobre el nivel 3.

Tras la excavación del sector, en el perfil entre los cuadros F9-F10 podía percibirse perfectamente la sección de esta estructura, al menos en este lado. Se encuentra un depósito sedimentario en forma de cubeta con una coloración grisácea-anaranjada y la inclusión de algunos bloques, que contrasta enormemente con el resto de niveles (Fig. 21).



Figura 21: Fotografía del perfil del límite F9-F10, en ella se puede observar la sección de la gran estructura de combustión (ES1) y su composición interna.

Fuente:IIIPC

Al año siguiente, durante la campaña de 1995, se pudo excavar el sector 7 del cuadro E9 que limitaba al norte del sector 1 del cuadro F9. En este lugar pudo documentarse la estructura con mayor exactitud, pues este lugar no había sido afectado por el hoyo del enterramiento de la cabra, realizándose dos buenas fotografías de la planta (Fig. 22) y la sección (Fig. 23). A la altura de la talla 6, se consigue delimitar la estructura en la esquina suroeste del sector, describiendo una matriz afectada por la combustión hasta el punto de refractarla.



Figura 22: Fotografía en planta tras la excavación del sector 7 del cuadro E9, en ella se pueden percibir los límites de ES1 por la diferencia de coloración en el sedimento.

Fuente:IIIPC

Se excava la siguiente talla de la superficie calcinada, documentando un sedimento gris claro y endurecido con la aparición de huesos y piedras también calcinadas. En la siguiente talla se consigue diferenciar dos zonas calcinadas, una similar a las anteriores en la esquina suroeste. que parece ser la zona central de calcinación y otra que lo rodea de color pardo-claro. En esta talla también se encuentran gran cantidad de bloques, que parecen estar colocados enmarcando la zona calcinada ya que el sedimento entre ellos y hacia fuera no parece estar afectado por esta alta combustión.

En las dos siguientes y últimas tallas se excava por separado el sedimento calcinado y el que lo rodea. El sedimento no calcinado parece tratarse del típico nivel 3 y el calcinado también parece tratarse de este mismo nivel, aunque afectado por la combustión. Finalmente, se detiene la excavación al alcanzar el nivel 5A.



Figura 23: Fotografía del perfil en el límite E9-E10 tras la excavación del sector 7 del cuadro E9, en ella se puede percibir la morfología de ES1 y los distintos niveles de calcinación que la conforman.

Fuente:IIIPC

Como se describe en aquella primera publicación, existe una segunda estructura de combustión hallada más al norte, de menor tamaño (20 cm. de diámetro) y menor grado de calcinación subyacente (20 cm.) (Arias & Ontañón, 1999). Dicha estructura no aparece representada de la misma forma en la documentación a cómo lo hace la anterior y tuvimos que indagar más en las fichas arqueológicas para trazar sus límites y características.

La estructura parece encontrarse en los límites superiores de los cuadros E9 y E10. Como se menciona en la publicación, la parte superior de la estructura parecía estar formada por una cupulilla de arcilla (Arias & Ontañón, 1999), coincidente con la descripción a un “hornillo de adobe” en la ficha arqueológica de la excavación de la talla 6 del sector 3 del cuadro E10 y al plano N°35. Durante la excavación de la talla 8 del sector 6 de ese mismo cuadro, se describe una superficie totalmente blanca de noroeste a noreste, que coincide con la parte inferior del hornillo. Igualmente, se hace alusión a otra zona calcinada al fondo de la excavación del sector 1 del cuadro E9.

Sin embargo, en la excavación de los sectores 9 del cuadro D10 y 7 del cuadro D9, se documentan debajo de una gran piedra zonas afectadas por la combustión con abundantes restos de fauna calcinada que son rápidamente relacionadas con las estructuras de combustión. Por todo ello, decidimos establecer esta segunda estructura, denominada ES2, entre los sectores: 3 del cuadro E10 y 1 del cuadro E9, con una zona de afectación que se extiende hacia los sectores antes mencionados y que limitan al norte (Fig. 19). La alusión a un alineamiento de bloques calizos en dirección noroeste-sureste entre las dos estructuras quedaría probada tanto en los planos como en la fotografía (Fig. 24).

Por último, decidimos dibujar los límites de la estructura ligeramente desplazados hacia el noreste. respecto a la localización del “hornillo de adobe” porque así, se ajustaba más en su localización respecto a este alineamiento y a la propia descripción de la superficie calcinada del sector 1 del cuadro E9. Esta zona también se ajusta más a la mención de los 30 cm. que separan esta estructura de la última descrita (Arias & Ontañón, 1999) y que trataremos a continuación.

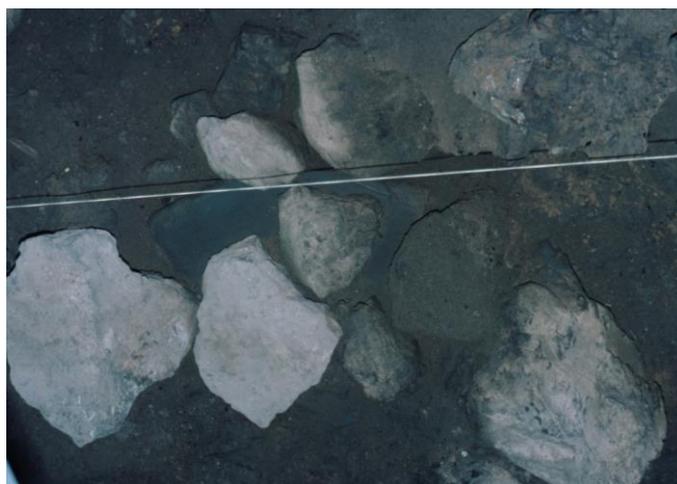


Figura 24: Fotografía de la superficie de los límites entre los cuadros: D9, D10, E9 y E10, durante la excavación del cuadro D9 en 1996. En ella se puede percibir la alineación de bloques calizos y el “hornillo de adobe” documentado en la anterior campaña de 1995

Fuente: IIIPC

Para terminar, también incluiremos en este apartado la descripción de la última estructura de combustión mencionada en la publicación y que se encuentra a escasos centímetros al noreste de la segunda descrita, junto a la pared de la cueva en el centro del cuadro D9 (Fig. 19). Es descrita como una construcción ovalada semisubterránea de 30x20 cm. y presenta también indicios de combustión, aunque a un nivel mucho menor que las dos anteriores estructuras (Arias & Ontañón, 1999).

Sin embargo, el nivel de documentación de esta estructura es notablemente superior al de la anterior, contando con buenas representaciones en los planos y las fotografías (Fig. 25). A diferencia de las otras, esta estructura sí parece tener una denominación clara ya desde su excavación, apareciendo en las fichas arqueológicas como A4 y fue documentada en la campaña de 1997. El interior parece incluir una buena cantidad de bloques de pequeño tamaño y fauna calcinada en un finísimo sedimento amarillento que contrasta con el de su alrededor. Esta estructura excava el nivel 3 y en su fondo vuelve a aflorar la estratigrafía paleolítica como en otros cuadros vecinos con los niveles 4 y 5A.



Figura 25: Fotografía en planta de la estructura A4, durante su excavación en la campaña de 1997. En ella se puede apreciar la diferencia entre el sedimento interno y el circundante.

Fuente: IIIPC

6.4. TIZNADO Y CALCINACIÓN DE RESTOS FAUNÍSTICOS

El último estudio que termina de completar nuestro trabajo se centra en analizar las evidencias directas o indirectas que quedan sobre restos óseos relacionados con las estructuras de combustión y/o las actividades metalúrgicas. Como este estudio se inició antes de finalizar el análisis de las propias estructuras de combustión, decidimos escoger tres cuadros de excavación donde poder llevar a cabo un análisis exhaustivo de la fauna sin tener que enfrentarnos a las decenas de miles de restos que conforman el total.

Los cuadros elegidos fueron el D9, D10 y E10, debido fundamentalmente a su relación con las estructuras de combustión y porque en ellos se había excavado mayor porcentaje de estratos subyacentes a las mismas. De esta manera teníamos un mayor registro de las consecuencias de la combustión en la estratigrafía inferior, un elemento crucial que nos

serviría para intentar medir el grado y nivel de combustión alcanzado por estas estructuras.

Una vez seleccionados los cuadros, también tuvimos que seleccionar que niveles analizaríamos, pues como ya sabemos, el yacimiento cuenta con una amplia estratigrafía y no nos serviría de nada analizar los niveles más inferiores correspondientes a ocupaciones paleolíticas mucho más antiguas. Finalmente, se eligieron los niveles E (con sus subniveles 1 y 2) y 3, correspondientes a las propias estructuras y al nivel que corta y sobre el que reposan, respectivamente.

Una vez elegida la muestra de análisis, nos propusimos revisar todos los restos de fauna correspondientes a estos parámetros y seleccionar todos aquellos que tuviesen evidencias de un grado alto de combustión. Estas evidencias se corresponden fundamentalmente a los cambios de coloración siguiendo patrones ya tratados por otros investigadores desde hace tiempo (Nicholson, 1993; Shipman et al., 1984; Stiner et al., 1995).

La muestra total de restos óseos, tanto determinables como no determinables, ascienden al número de 3865. Debido nuevamente a la gran cantidad de restos que presentaban al menos una coloración derivada de la combustión, decidimos seleccionar solo aquellos restos con coloraciones que evidenciasen un grado alto de combustión. Las temperaturas alcanzadas debían superar los 600/700°C, asumibles con las actividades metalúrgicas. Para ello, utilizamos un modelo que relaciona colores y temperaturas muy de acuerdo a nuestras evidencias ya presentado en anteriores trabajos (Carroll & Smith, 2018; Ellingham et al., 2015; Mayne, 1997).

Los colores elegidos corresponden al: gris, azulado y blanco, con la posibilidad de contener en el mismo resto dos o más colores incluidos el negro o el marrón, aunque evidencien una menor temperatura alcanzada. Siguiendo este criterio se recogieron 171 restos entre huesos determinables y no determinables. Para seleccionar los restos no determinables se tuvo que revisar bolsas de restos, que en algunos casos tenían un gran número de astillas y fragmentos de pequeño tamaño. Para no complicar el estudio, aquellos fragmentos serían incluidos como un único resto con el número de inventario correspondiente de la bolsa de restos.

Consultamos la base de datos general sobre la cueva de Arangas en busca de algún registro previo sobre restos faunísticos calcinados. En el apartado de *Comentario* existía una referencia sobre huesos calcinados en 135 números de inventario, aunque únicamente cuatro de esos restos pudieron ser localizados y revisados. Por ello, su referencia espacial se tendrá en cuenta, aunque no se incluya su análisis de la coloración.

6.4.1. Análisis espacial y estratigráfico:

Para situar espacialmente todos estos restos calcinados utilizamos como base el plano anteriormente utilizado para describir las estructuras de combustión. Sirviéndonos de los sectores de excavación, como unidad básica espacial, establecimos un gradiente de valores que clasifican los restos según su número para cada sector. Tras un primer vistazo,

la asociación entre mayor número de restos calcinados y las estructuras de combustión parece clara (Fig. 26).

Si a esto le añadimos la información estratigráfica de cada resto, podemos hacer las siguientes asociaciones. Para la estructura A4: la concentración de restos calcinados del sector 5 y 8, de los cuales la gran mayoría, 12 y 15 respectivamente, provienen del sedimento que delimita la propia estructura.

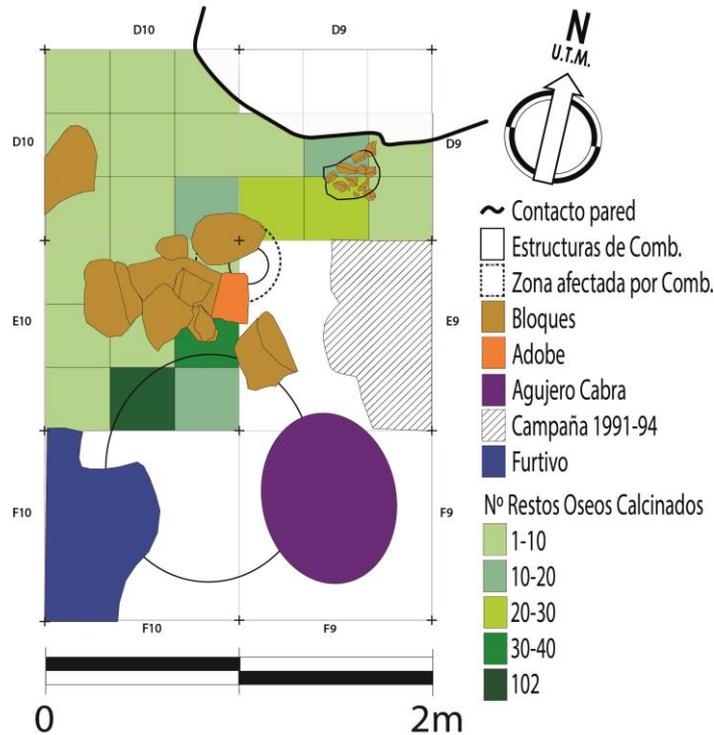


Figura 26: Representación gráfica de las concentraciones de restos óseos calcinados en relación a las estructuras de combustión en planta.

Fuente: elaboración propia

Para la estructura ES2, podemos relacionar de forma clara las concentraciones de los sectores 7 del D9 y 9 del D10. La concentración hallada en el sector 9 del cuadro D10 se adscribe fácilmente a la zona de afectación de la calcinación que se documenta tras retirar la gran roca que se encuentra en la esquina de los cuatro cuadros.

Por su parte, la gran concentración hallada en el sector 7 y compuesta por 28 restos también puede fácilmente relacionarse con la zona afectada por la calcinación. De los 28 restos, 20 corresponden a la talla más inferior que se excava, documentada como el nivel 3 calcinado y con abundantes restos de fauna.

El caso del sector 6 del E10 es más inusual, pues de los 40 restos presentes aquí, 22 responden al nivel 2B a una profundidad ligeramente superior a los depósitos de las estructuras y sus estratos subyacentes. Por tanto, estos restos pueden ser coetáneos al uso de las estructuras de combustión, pero no consecuencia de la calcinación del sedimento en el que se encuentran.

La otra concentración de restos en este sector, compuesta por 15, si puede relacionarse con la estructura, pues se encuentra en el nivel 3 en un sedimento totalmente blanco que se extiende de NO a NE y que coincide con la parte inferior del “hornillo de adobe”.

Por último, la gran estructura de combustión de más al sur cuenta con la mayor concentración de restos relacionados en el sector 8 y 9 del cuadro E10. Aquí la asociación es más que clara, pues los restos calcinados provienen de los estratos calcinados hallados debajo de la propia estructura que aquí se documenta. La gran mayoría de estos restos son los que habían sido previamente registrados como calcinados en la base de datos y aunque no se ha podido revisar su coloración, se incluyen sin problema en este apartado.

El siguiente paso es analizar las profundidades de estas concentraciones de restos asociadas a las estructuras. Como no contamos con valores de profundidad concretos para la gran mayoría de los restos, tendremos que obtener un valor medio de la profundidad (z) en base a la referencia de la talla y el nivel de cada uno. Si conocemos el nivel y la talla podremos buscar la ficha arqueológica correspondiente donde aparecen los valores de las profundidades al principio y al final de la excavación de la misma. Calculando una media de estos valores podemos obtener una profundidad media que atribuir a cada resto.

Para poder analizarlo y expresarlo gráficamente, crearemos unos rangos de valores donde ir clasificando las profundidades medias de cada sector y estos a su vez agrupados según con que estructura estén relacionados. Los rangos se extenderán desde el valor de z: 80 a z:120 en grupos de 5 unidades. Si observamos el gráfico general de las profundidades, sin discriminar por sectores asociados a estructuras, se representan todas las categorías de rangos, aunque ya se puede intuir alguna tendencia con el elevado número del rango z: 105-110 (Fig. 27).

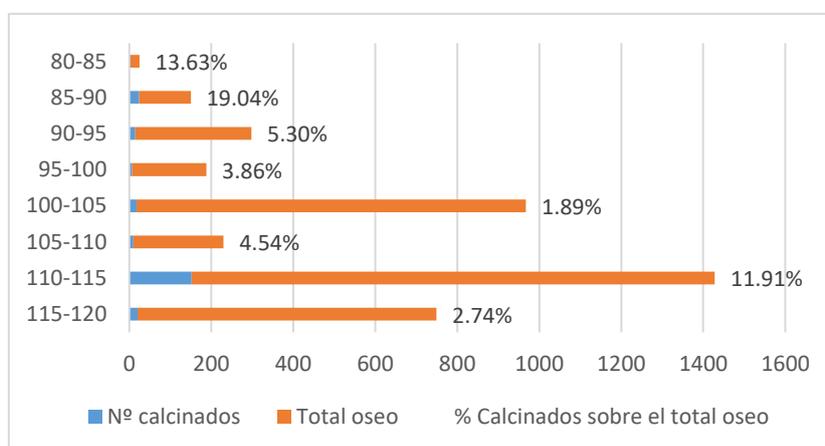


Figura 27: Gráfico de las profundidades de los restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.

Fuente: elaboración propia

Para poder analizar con más precisión estas cuestiones, deberán presentarse gráficos sobre cada una de las estructuras y sus asociaciones. Para la estructura A4, se seleccionaron los sectores: 5, 6, 8 y 9 del cuadro D9. Los restos calcinados únicamente se presentan en

profundidades mayores a 90, con una mayor incidencia en las más profundas entre 105 y 115 de valor de z (Fig. 28). Si tenemos en cuenta que estos restos presentan estas profundidades y que provienen de los límites de la estructura, más que de sus estratos inferiores, podemos suponer que son fruto de la calcinación directa con el fuego.

De esta forma, como se afirma en la primera publicación (Arias & Ontañón, 1999), esta estructura de combustión no alcanza ni de lejos el nivel de calcinación que sí producen las otras dos y, por tanto, seguramente se trate de un hogar abierto.

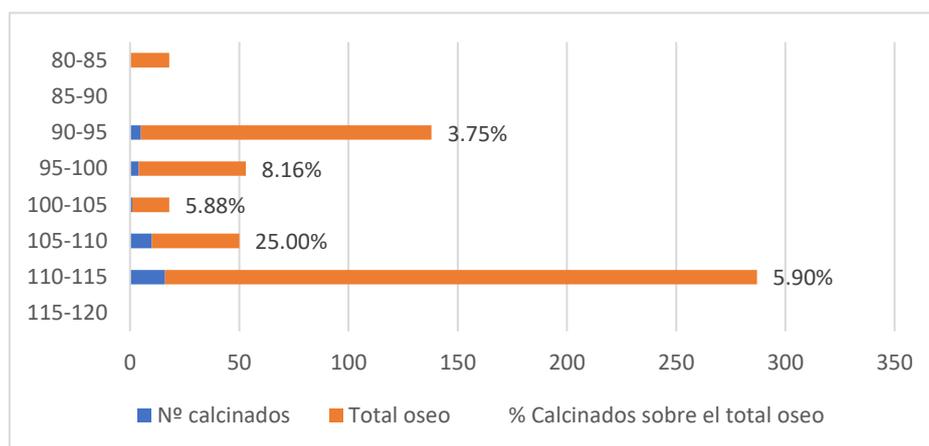


Figura 28: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a A4. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.

Fuente: elaboración propia

La estructura más pequeña (ES2), presenta unos porcentajes que deben ser discutidos. Los sectores seleccionados para estudiar la zona afectada por la calcinación son: sectores 3 y 6 del cuadro E10, sector 9 del D10 y sector 7 del D9. La sobrerrepresentación del rango 80-90 ya ha sido explicada con anterioridad como un fenómeno que, aunque posiblemente coetáneo al uso de la estructura, no es derivado de la combustión ejercida por esta en los estratos inferiores, pues se presenta como un episodio muy localizado en el sector 6 del cuadro E10.

La realidad es que la contextualización arqueológica de esta estructura y de los restos calcinados asociados es un tanto confusa. Restos calcinados aparecen con unas proporciones más o menos pequeñas a lo largo de toda la secuencia y esto nos puede estar indicando que los estratos en este lugar hayan sufrido algún tipo de remoción, quizás derivada de la colocación de aquel alineamiento de piedras interpretado como un muro.

Por lo demás, volvemos a observar esa ligera mayor concentración en los rangos de profundidad mayor, entre 100 y 120 (Fig. 29), que corrobora que la calcinación afecta hasta 20 cm. por debajo de la estructura que podemos establecerla como mínimo en la profundidad de 100-105 gracias al “hornillo de adobe”.

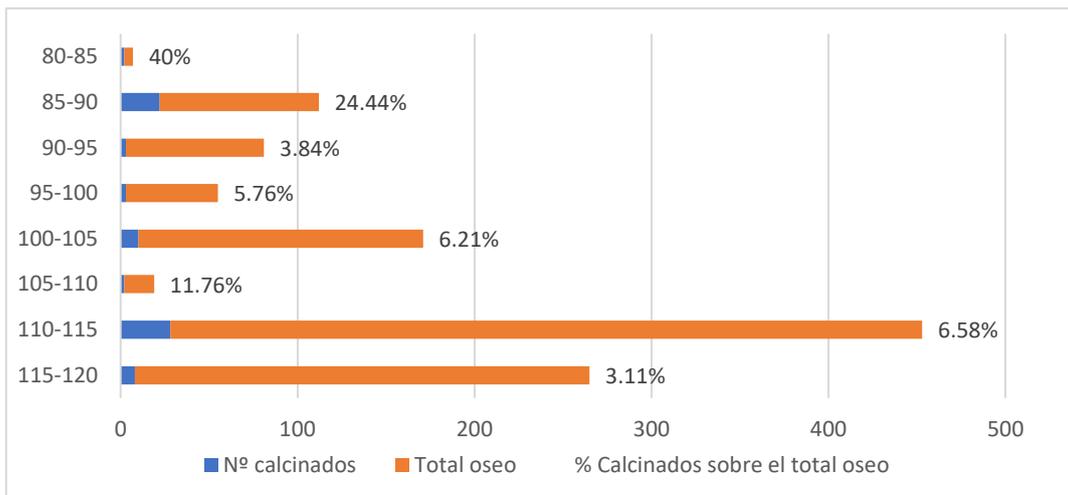


Figura 29: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a ES2. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.

Fuente: elaboración propia

Por último, la estructura de mayor tamaño (ES1), presenta una clara concentración de los restos calcinados en unas profundidades muy concretas. Esto puede estar evidenciándonos una estratigrafía más intacta y una mayor facilidad para asociar los restos a un fenómeno concreto, como puede ser el uso de la estructura de combustión.

Como puede observarse, solo tres categorías presentan restos calcinados, de las cuatro que presentan restos óseos. Este hecho ya es llamativo respecto a los ejemplos anteriormente vistos, donde los restos se distribuían por toda la secuencia en proporciones mayores o menores. Una pequeña concentración ligeramente superficial aparece en el rango 90-95; sin embargo, el resto de acumulaciones se concentran en el rango de 100 a 115.

Individualizando, en el rango 100-105 se observa otra de las concentraciones de restos calcinados, aunque con una proporción muy pequeña al gran número de restos óseos que aparecen a ese nivel. En el siguiente rango únicamente aparecen restos sin calcinar y, por último, se presenta la gran concentración que existe en el rango 110-115 (Fig. 30). Esta última como consecuencia de la extracción de la talla calcinada que se extiende entre las profundidades 105-117.

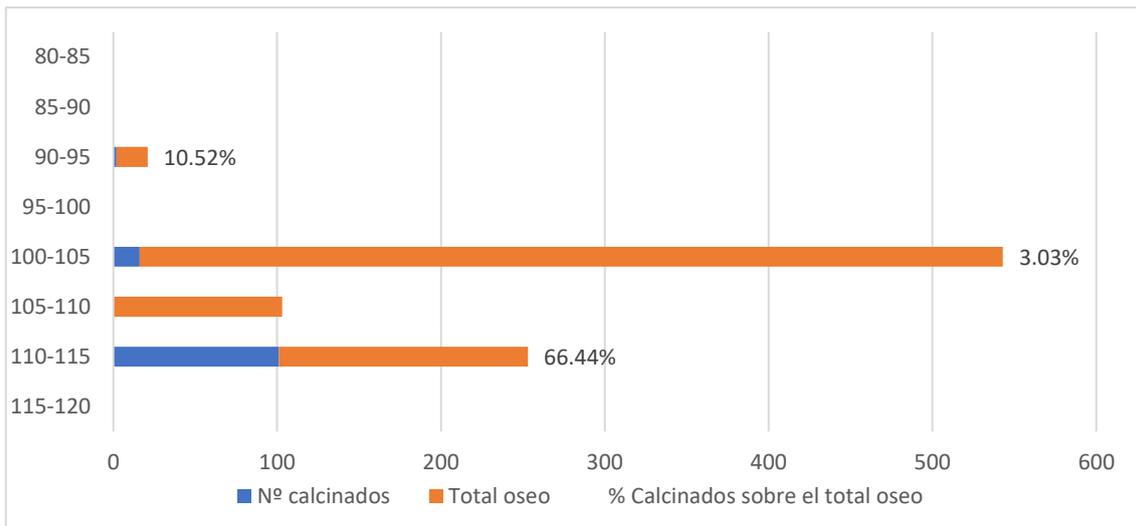


Figura 30: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a ES1. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes

Fuente: elaboración propia

6.4.2. Cambios en las coloraciones óseas:

Un primer análisis a las coloraciones de la muestra total y dividiendo entre determinables y no determinables nos permiten observar las primeras coincidencias. En este primer análisis se tiene en cuenta la presencia o ausencia de una coloración sobre la muestra total de restos y no individualizando entre las diferentes coloraciones que se presentan en un mismo resto. Los porcentajes son mayormente equiparables, aunque existen varias diferencias que son fácilmente explicables.

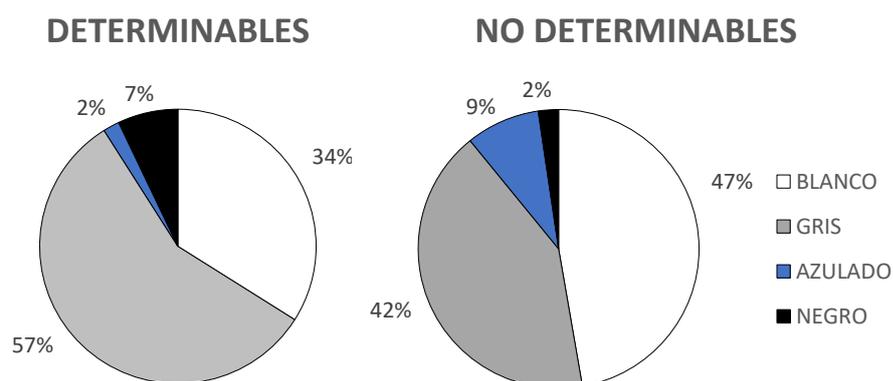


Figura 31: Gráfico porcentual del número de restos calcinados y las coloraciones representadas para los huesos determinables (izq.) y no determinables (dcha.).

Fuente: elaboración propia

Los restos no determinables corresponden a en su mayoría a fragmentos muy pequeños y astillas, elemento que puede evidenciar un mayor grado de calcinación que ha producido una mayor fragmentación de los huesos y, por tanto, que se presente el blanco como color mayoritario, pues es el representativo de una mayor temperatura alcanzada (Fig. 31 dcha).

Por su parte, entre los restos determinables existe una mayoría en cuanto a coloración grisácea y un ligero aumento de la coloración negruzca respecto a los no determinables (Fig. 31 izq.). Estas características pueden darse con mayor facilidad porque al ser huesos determinables, en muchos casos de un tamaño mayor respecto a los no determinables y, por tanto, con un menor grado de fragmentación derivado de una menor combustión u otros factores.

Más allá de este análisis preliminar de las coloraciones, podemos combinar estos datos con la información estratigráfica antes vista. A través del siguiente gráfico, exponemos las diferencias que existen entre los distintos niveles de profundidad y las coloraciones que se presentan en los restos (Fig. 32).

Las coloraciones mixtas se presentan en todos los niveles, con una clara predominancia la coloración blanca y gris. Por su parte, el blanco se presenta en mayor medida en los niveles superiores y el gris en los inferiores. Sería interesante para un futuro poder analizar la coloración de toda la muestra de restos con adscripción calcinada, aunque de momento no nos ha sido posible.

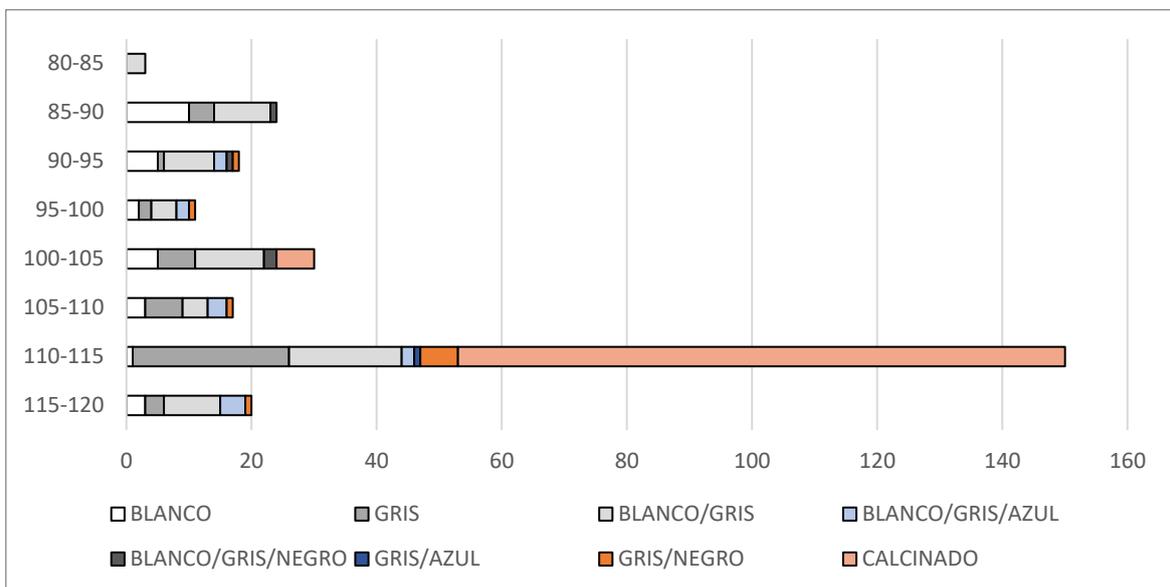


Figura 32: Gráfico general de las coloraciones presentes en los restos y su asociación a los niveles de profundidad expresados en cm. en el eje (y). La clasificación de calcinado hace referencia a restos que no han podido clasificarse por colores, aunque tenemos certeza de que si están calcinados.

Fuente: elaboración propia

6.4.3. ¿Impregnación de cobre en restos óseos?

Mientras realizábamos la primera selección de restos calcinados, nos percatamos de la existencia en ciertos restos de unas coloraciones verdosas o azuladas de tono claro que presentaban una morfología parecida a una impregnación (ver ANEXO N°11). Debido a su parecido con impregnaciones derivadas de restos metálicos de cobre (Pokines & Symes, 2013: 328, Fig. 12.9), nos propusimos realizar un análisis químico-elemental de algunos restos que lo presentaban.

El número total de restos que presentaban esta coloración de forma clara ascendía a 34, mientras que otros 30 lo presentaban de forma menos evidente y dudosa. Para comprobar su posible asociación con las estructuras decidimos representar estos restos sobre el plano como hicimos con los restos calcinados en general.

Al observar la disposición, podríamos nuevamente poner en relación los restos con esta característica y las estructuras, con una clara predominancia del sector 6 del cuadro E10 (Fig. 33). Sin embargo, este fenómeno también puede darse porque son esos lugares donde se concentran mayor cantidad de restos calcinados y por tanto mayor posibilidad de aparición de esta característica.

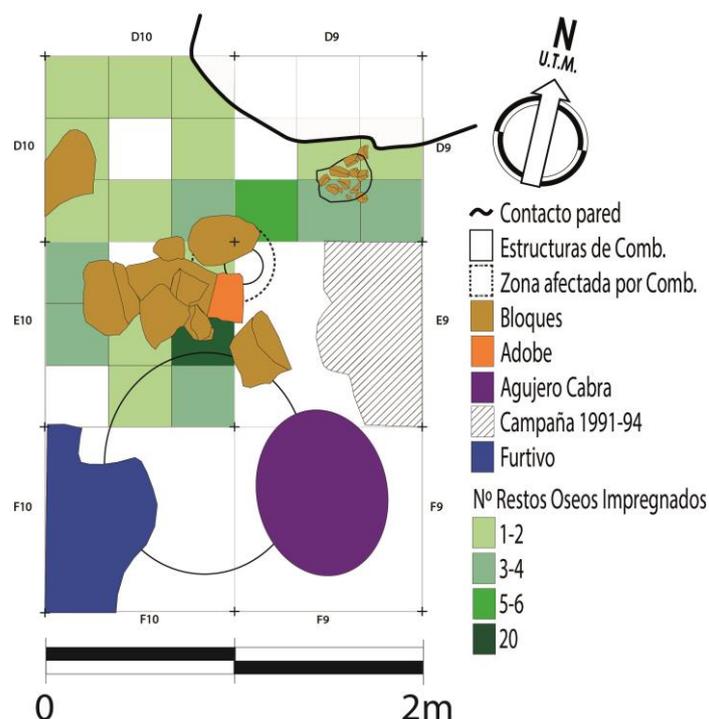


Figura 33: Representación gráfica de las concentraciones de restos óseos calcinados e impregnados en relación a las estructuras de combustión en planta.

Fuente: elaboración propia

Para terminar de salir de dudas sobre su posible relación o no con el cobre, se realizaron varios análisis químico-elementales de varios restos con supuestas impregnaciones: cinco por XRF sobre tres restos y hasta tres microanálisis por MEB sobre un único resto.

Comenzando por los análisis XRF, el primer resto se corresponde con una pequeña astilla de hueso proveniente del sector 8 del E10 que presentaba coloraciones verdosas oscuras. Los análisis realizados evidencian que realmente se trataba de un resto mineral de hierro y manganeso sin ningún tipo de relación con una posible impregnación de cobre (Tab. 11).

Los otros dos restos provienen del sector 8 del D9 y del sector 6 del E10, respectivamente. Estos eran restos de mayor tamaño y presentaban unas coloraciones más bien azuladas a modo de manchas irregulares. Los resultados vuelven a poner de manifiesto que no existe relación entre estas manchas y el cobre (Tab. 12). En este caso, quizás estemos ante unas coloraciones derivadas del grado de calcinación, dada su única presencia en restos calcinados.

ANALISIS	Nº INV.	Fe	Zn	Pb	OTROS	Mn
PA29953-01	2506	50,63	ND	ND	ND	49,37
PA29953-01	2506	62,81	ND	13,79	ND	23,4
PA29953-02	5987	0,18	ND	ND	99,63	0,18
PA29953-03	5987	0,23	0,03	ND	99,49	0,24
PA29953-04	34511	0,09	ND	0,01	99,69	0,21

Tabla 12: Resultados de s análisis por XRF sobre muestras de huesos calcinados con impregnaciones, medidos en porcentaje sobre el 100% de la muestra.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de XRF

Para terminar de corroborar que estas impregnaciones no se trataban de ningún resto metálico, se realizó un último análisis sobre un resto de costilla con N.º de inventario: 34480. De esta forma podríamos obtener un microanálisis directamente sobre la impregnación que destaca en superficie (Fig. 34). Los resultados de los tres microanálisis ofrecen una composición elemental donde destaca el oxígeno, el fósforo y el calcio, característicos de la composición común y corriente de los huesos (Tab. 13).

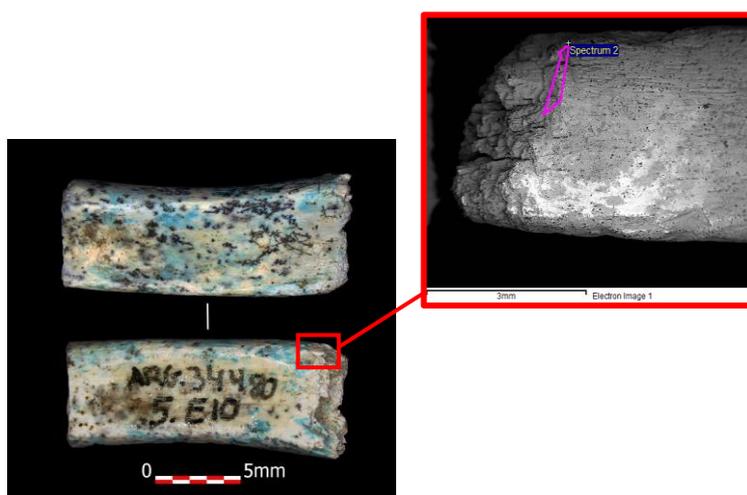


Figura 34: Fotografía por las dos caras del resto de costilla calcinado con N.º de inventario: 34480 (izq.). Imagen virtual generada con MEB de la superficie de la muestra durante el primer microanálisis AR-34480/1

Fuente: elaboración propia

ANALISIS	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Ca	W
AR-34480/1	55,24	0,38	0,31	0,19	0,48	14,86	0,29	27,34	0,91
AR-34480/2	55,68	0,36	0,54	0,28	1,15	14,72	ND	27,26	ND
AR-34480/3	54,55	0,37	0,24	0,24	0,76	14,96	ND	28,88	ND

Tabla 13: Resultados de los tres microanálisis realizados sobre el resto de costilla con N° de inventario: 34480.

Fuente: elaboración propia

7. DISCUSIÓN

7.1. LAS PRODUCCIONES METALÚRGICAS DE ARANGAS EN EL CONTEXTO CANTABRICO

Una vez realizado el comentario sobre los resultados obtenidos en Arangas, nos proponemos comparar dichos resultados con los ya recopilados durante varios años en Cantabria. Este análisis comparativo tiene como objetivo situar los materiales de Arangas en un contexto mayor y más estudiado. Nos permitirá inferir en cuestiones acerca del metal que se obtiene en este yacimiento y sus semejanzas o diferencias respecto al metal que se utiliza en la vecina región cántabra.

Debido fundamentalmente a la naturaleza del metal analizado en Arangas, perteneciente a restos derivados del proceso metalúrgico más que a objetos finales, el análisis comparativo no utilizará como marco el tema de las aleaciones. En su lugar, realizaremos una comparación entre los elementos denominados como impurezas, es decir, aquellos que, aunque estén con un alto porcentaje, no son considerados como aleaciones intencionadas, sino más bien como elementos que provienen del alto contenido ya presente en el mineral trabajado.

Esto presenta algunas dificultades de entrada, pues la mayoría de restos analizados en Cantabria responden precisamente a objetos finales lo que puede interferir en los resultados o la interpretación debido a la complejidad del comportamiento de algunos elementos a lo largo de la vida útil de los objetos.

Los resultados de los análisis obtenidos para los objetos metálicos de Cantabria corresponden a varias publicaciones recientes sobre la caracterización elemental y arqueológica de algunos de los restos ya conocidos en Cantabria (Arias et al., 2005) y de nuevos hallazgos recientes (Fernández Ibáñez et al., 2018).

CATEGORIAS	ARANGAS	CANTABRIA
CC1	9,09%	25,00%
CC2 (As)	0,00%	15,91%
CC3 (Sb)	0,00%	22,73%

CC4 (Ag)	0,00%	0,00%
CC5 (Ni)	0,00%	0,00%
CC6 (As, Sb)	18,18%	20,45%
CC7 (Sb, Ag)	0,00%	0,00%
CC8 (Ag, Ni)	0,00%	0,00%
CC9 (As, Ag)	0,00%	0,00%
CC10 (Sb, Ni)	45,45%	9,09%
CC11 (As, Ni)	9,09%	4,55%
CC12 (As, Sb, Ag)	0,00%	0,00%
CC13 (Sb, Ag, Ni)	0,00%	0,00%
CC14 (As, Sb, Ni)	18,18%	2,27%
CC15 (As, Ag, Ni)	0,00%	0,00%
CC16 (As, Sb, Ag, Ni)	0,00%	0,00%

Tabla 14: Comparación en la proporción de impurezas de los metales de Arangas y Cantabria según la clasificación de Pollard et al. (2015).

Fuente: Los datos de Cantabria han sido interpretados según los resultados elementales aportados por las publicaciones (Arias et al., 2005) y (Fernández Ibáñez et al., 2018).

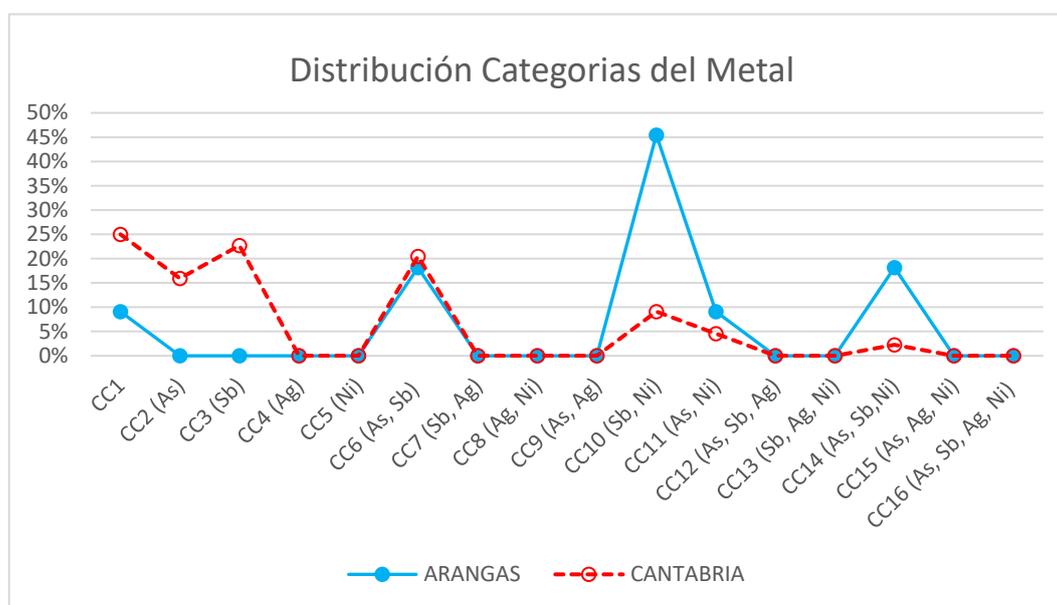


Figura 35: Cambios en la distribución porcentual de las categorías del metal según la clasificación de Pollard et al. (2015)

Fuente: datos recogidos de la Tabla 13, pag. 66.

Tras un primer análisis a los resultados de la tabla (Tab. 14) y el gráfico (Fig. 35) podemos dilucidar las principales similitudes y diferencias. En primer lugar, existen nueve categorías que no tienen representación en estos dos contextos, que serían: CC4, CC5, CC7, CC8, CC9, CC12, CC13, CC15 y CC16. Si buscamos las similitudes entre ambas, observamos que son todas aquellas que contienen alguna representación de plata o que únicamente presentan el níquel.

El arsénico y el antimonio son elementos volátiles que tienden desaparecer en cada proceso térmico, especialmente la refundición, por el contrario, el níquel o la plata son elementos más estables y que tienden a mantenerse en el metal (Montero Ruiz & Orejas, 2018; Pollard et al., 2015). Por este motivo, los superiores valores del arsénico y el antimonio frente al níquel y la plata en los dos contextos prehistóricos, nos parecen indicar la obtención de metal nuevo proveniente de la reducción de minerales. A diferencia de lo que ocurre, sobre todo, en épocas más recientes, donde el reciclado es una de las principales fuentes de abastecimiento del metal.

Más allá de estas primeras similitudes, la principal concordancia entre ambos la encontramos en la CC6 con el binomio de As y Sb, elementos muy característicos de esta cronología y contexto geográfico para los metales hasta ahora analizados. En el resto de categorías podríamos decir que la representación nos remite a unas profundas diferencias entre los contextos estudiados.

Por lo general podemos afirmar que las composiciones que tienen más de dos elementos son más características de los metales de Arangas, haciendo especial incidencia en el níquel y el antimonio. Por el contrario, las composiciones que presentan menos elementos y más individualizados, son más características de los objetos cántabros. Bien es cierto que esta diferencia puede estar influenciada por la naturaleza de las muestras analizadas, como bien señalamos anteriormente. En Arangas solo se pudieron analizar dos objetos finales y el resto corresponden a restos metálicos no aprovechados durante el proceso metalúrgico (gotas de fundición, bolas de metal atrapadas en escorias o escorificaciones de crisol).

En contraposición, los restos cántabros analizados corresponden a toda una serie de objetos finales correspondientes a: puntas de flecha, puntas pálmela, espadas, hachas, puntas de lanza... Por lo general corresponden a objetos más tardíos que los de Arangas y en su mayoría conformados por aleaciones de bronce. Por este motivo, quizás este sobrerrepresentada la categoría CC1 para Cantabria, pues otros elementos han podido perderse durante la fundición o el reciclaje.

	ARANGAS		CANTABRIA	
Impurezas	Recuento	Porcentaje	Recuento	Porcentaje
As	5	21,74%	19	31,15%
Sb	9	39,13%	24	39,34%
Ag	0	0,00%	0	0,00%
Ni	8	34,78%	7	11,48%
Cu Puro	1	4,35%	11	18,03%

Tabla 15: Comparación en el recuento y la proporción de impurezas de los metales de Arangas y Cantabria.

Fuente: datos obtenidos de los resultados de análisis de XRF y MEB de Arangas junto a los resultados elementales aportados por las publicaciones (Arias et al., 2005) y (Fernández Ibáñez et al., 2018).

Aun con todo ello, sí podemos observar una diferencia de tendencia clara. Las diferencias entre la presencia de una u otra impureza pueden darnos pistas sobre las fuentes de aprovisionamiento de uno y otro contexto. Para ello, abordaremos el análisis de los resultados según los propios elementos de impurezas que se representan.

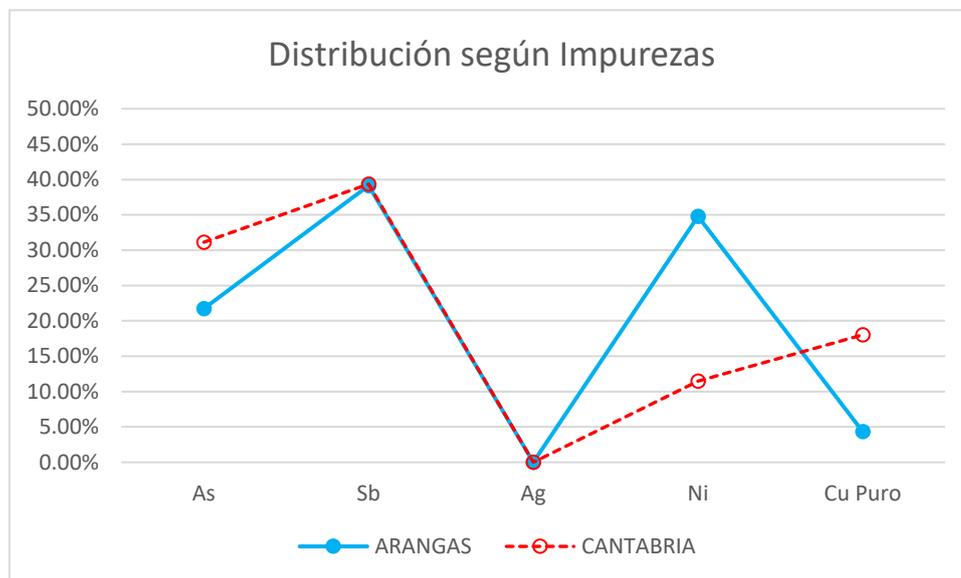


Figura 36: Cambios en la distribución porcentual de las impurezas presentes en el metal de los dos contextos analizados.

Fuente: datos recogidos de la Tabla 3.

Para el caso de Arangas, la preponderancia del níquel caracteriza bien los resultados. Mientras tanto, la presencia del arsénico parece caracterizar mejor el contexto cántabro, así como el cobre puro antes mencionado. Por otro lado, el antimonio parece representarse en los dos contextos de forma muy similar, con una diferencia insignificante en los porcentajes (Fig. 36).

Así pues, dando mejor explicación a esa diferencia entre el níquel y el arsénico, podríamos intuir que existen dos lugares diferentes de obtención del mineral entre los metales de Arangas y los del contexto cántabro. Dos lugares que, sin embargo, parecen compartir también una alta señal de antimonio.

Para ahondar más en este tema sobre los diferentes lugares de aprovechamiento de minerales cupríferos, deberemos incluir nuevas comparaciones. Dentro de nuestro contexto cantábrico, el lugar donde se han realizado análisis más completos sobre minerales explotados en la Prehistoria es en la Sierra del Aramo (Riosa, Asturias). El estudio analítico y arqueológico en estas minas es muy completo y contamos con un corpus de datos que nos permite comparar las composiciones elementales minerales con la información disponible para Arangas.

Carecemos de un análisis más concreto sobre los minerales de Arangas y solo una aproximación por los nuevos casos analizados en este trabajo. Sin embargo, si volvemos

a utilizar la caracterización por impurezas como anteriormente, podremos intuir con qué elementos se pueden relacionar más los minerales de Arangas y si estos son cercanos a las composiciones del Aramo.

Los minerales del Aramo se caracterizan por presentar como impurezas más significativas: Fe, Co, Ni y As (de Blas, 1992; de Blas y Suárez Fernández, 2022). Acorde a nuestra clasificación elegida, el arsénico con una cantidad más significativa y después el níquel, parecen ser las impurezas que mejor caracterizan este contexto del Aramo. El antimonio se presenta con una muy pequeña señal y menor aún es la de la plata en estos minerales del centro de Asturias, por tanto, es muy poco probable que estos elementos aparezcan como impurezas en los metales derivados.

Este hecho contrasta en cierta medida con lo visto en el contexto de Arangas pues, aunque el arsénico y el níquel también se presentan, el antimonio lo hace con mayor fuerza respecto a lo visto en el Aramo. Por tanto, es más probable que los minerales procesados en Arangas presenten una alta señal de antimonio, como ya lo intuye nuestro análisis preliminar del resto de mineral polimetálico (AR-16653), en contraposición con el contexto del centro asturiano.

Con todas estas comparaciones podemos sacar algunas ideas en claro. Las producciones metalúrgicas de Arangas contienen una serie de impurezas que parecen compartirse entre todos los focos cantábricos estudiados. De entre estas impurezas, el arsénico parece ser el denominador común a estas producciones cantábricas.

Otra idea que podemos destacar es que, aunque existan estas similitudes, las producciones de Arangas parecen tener la suficiente personalidad como para identificarse de forma independiente frente a los otros dos focos. Esta personalidad viene dada por esa mayor presencia del antimonio frente al foco centro-asturiano y de la mayor presencia de níquel frente al foco de la región vecina oriental de la actual Cantabria.

7.2. LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN METALÚRGICAS:

De modo muy genérico se entiende que la metalurgia más antigua era más proclive a utilizar estructuras de combustión como los hogares domésticos y que según avanzaba el desarrollo de la Edad de los Metales, estas estructuras fueron modificándose y perfeccionándose hasta conformar auténticos hornos metalúrgicos.

Con la información morfológica y contextual de las estructuras de combustión de Arangas, obtenida a través de la documentación arqueológica, como ya hemos visto, pretendemos profundizar el conocimiento sobre el uso y función de este tipo de estructuras durante los inicios de la metalurgia.

Este hallazgo se viene a sumar a una lista no muy extensa de estructuras conocidas que han sido igualmente relacionadas con las actividades metalúrgicas. Su localización se extiende desde los primeros ejemplos conocidos de Oriente Próximo hasta, los posteriores del occidente europeo en un periodo que abarca desde el Calcolítico al inicio de la Edad del Bronce.

En la metalurgia más primitiva del cobre, la combustión se realizaba en hogares abiertos con el mineral directamente mezclado con las brasas con o sin contenedor cerámico y el ambiente reductor era propiciado por la cobertura del carbón. Posteriormente, se desarrollaron variantes que mejoraban el rendimiento térmico y ahorraban combustible, como son las cubetas excavadas en el suelo con revestimiento refractario (Rovira & Renzi, 2010). Estas estructuras evolucionarían finalmente a los hornos metalúrgicos de cuba o chimenea que conocemos en épocas posteriores del Bronce Final y Edad del Hierro.

Existen ciertos problemas para identificar la función de estas primeras estructuras y su evolución cronológica. En primer lugar, si nos encontramos en un contexto de uso de hogares, la dificultad para poder diferenciar dicha estructura de un simple hogar doméstico relacionado con otras actividades. En segundo lugar, por la poca entidad y escasa conservación de estas estructuras en el registro estratigráfico, sobre todo si ha sido objetos de remociones.

Las estructuras de Arangas podrían guardar ciertos parecidos con los ejemplos más antiguos de Oriente Próximo por el uso de pequeñas cubetas excavadas en el suelo. En el yacimiento de Abu Matar (Israel), fechado a comienzos del V milenio a.C., se ha interpretado que la transformación del cobre se realizaba en pequeños hornos de forma ovoide con un diámetro de 22-30 cm. y una altura de 15-30 cm. (Shugar, 2003: 457).

Durante el IV milenio a.C. existen nuevas evidencias en los yacimientos de Shiqmim (Israel) y Timna (Israel). En el primero de ellos se han documentado fragmentos de refractario con gruesas capas de escoria que formaban parte de un collar circular apoyado al borde de un hoyo de 30 cm. de diámetro y 10-15 cm. de altura, todo el conjunto parece formar un pequeño “horno de cuba” (Golden *et al.*, 2001: 958, fig. 8).

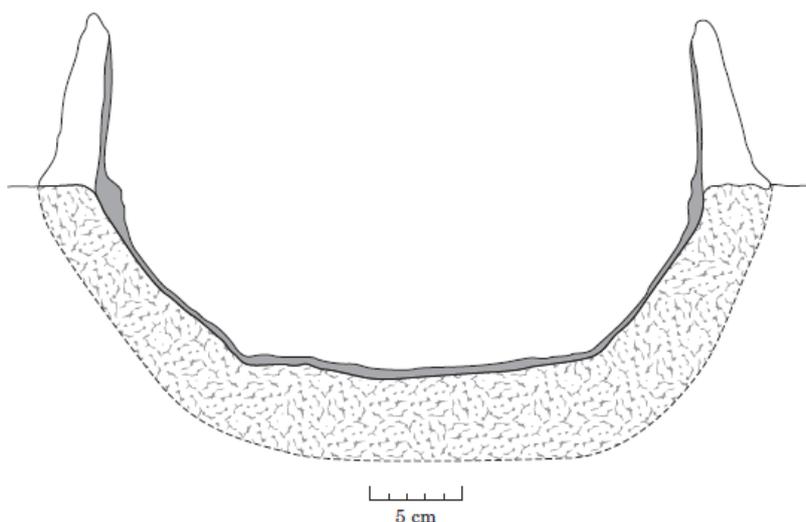


Figura 37: Dibujo en sección de la reconstrucción de la estructura de combustión de Shiqmim.

Fuente: Golden, J., Levy, T. E., & Hauptmann, A. (2001). Recent discoveries concerning Chalcolithic metallurgy at Shiqmim, Israel. Journal of Archaeological Science, 28(9), 951-963

En el Sitio 39 del yacimiento de Timna se documenta una estructura excavada que, a tenor del excavador, tuvo originalmente unos 20 cm. de diámetro y 40-50 cm. de altura (Rothenberg, 1985: 124). En torno a la apertura se encuentran algunas piedras de arenisca y no parece contener material refractario ni toberas, aunque se encontraron numerosas evidencias de fragmentos de escoria triturada.

Los tamaños de estas estructuras concuerdan con la información que contamos para las estructuras ES2 y A4 de Arangas y el hallazgo en ellas de material refractario, restos de escorias trituradas o el uso de bloques para delimitar las hoyas, también concuerdan con los datos obtenidos en Arangas.

Si trasladamos la comparación a ejemplos más cercanos en el espacio y el tiempo a la ocupación de Arangas, encontramos mayores similitudes. En el yacimiento calcolítico de La Capitelle du Broum (Péret, Francia), con dataciones que van desde el 3100 al 2400 a.C., seguimos encontrando estructuras similares a las de Oriente Próximo. Se tratan de pequeñas cubetas excavadas de 40-50 cm de diámetro y 20 cm. de altura y en torno a ellas se documenta toda una serie de fragmentos de escoria y mineral, además de gotas de cobre (Ambert et al., 2005).

En la península ibérica son nuevamente escasas las evidencias de estas estructuras de combustión o “proto-hornos”. Los contextos arqueológicos estudiados y los resultados de análisis espectrográficos y microscópicos apuntan al uso extendido y mayoritario de las vasijas de reducción en toda la península para la primera metalurgia del Calcolítico y la Edad del Bronce (Gómez, 1996; Rovira & Ambert, 2002).

En el gran poblado de Los Millares (Almería) se relacionó una cubeta excavada, de unos 30 cm. de diámetro y el anillo arcilloso que lo rodeaba, con numerosos restos de actividad metalúrgica, interpretando que se trataba de una estructura dedicada a dichas tareas.

Sin embargo, estructuras bien similares fueron halladas en el poblado de Las Angosturas (Granada), contemporáneo de los Millares, y fueron interpretadas como hogares domésticos. La interpretación más plausible es que este tipo de estructuras domésticas podían ser utilizadas para múltiples funciones, incluyendo la metalurgia y que, en estos casos, jugaba un papel fundamental el uso de las vasijas de reducción.

En Arangas también podría darse este escenario, pues la estructura A4 igualmente ha sido interpretada como un hogar. Lo que parece claro es que solo por la morfología de la estructura de combustión es muy difícil relacionarla directamente con las actividades metalúrgicas, es necesario un contexto claro con restos de estas actividades, como si ocurre en Arangas aunque la presencia del uso de vasijas de reducción no está aún documentada.

Otro ejemplo interesante es el de Cabezo Jure (Huelva), con una cronología que se extiende a lo largo del II milenio a.C., en dicho yacimiento parecen haberse documentado varias estructuras de combustión. Las mejor conservadas responden a estructuras de más de 100 cm. de diámetro y una altura de 30 cm, sin embargo, cuentan con unas paredes bien gruesas que reducen la cavidad interior a solo 62 cm. de diámetro (Nocete et al., 2004).

En el yacimiento calcolítico de Valencina de la Concepción (Sevilla), con dataciones de 2800-2000 a.C., se encontraron dos tipos de estructuras de combustión. Unas de mayor tamaño, con diámetros de 90-130 cm. y 40-60 de altura y otras de menor tamaño, parecidas a las de Cabezo Jure (Nocete et al., 2008:725). También están presentes numerosos restos de escoria y algunas toberas que, por su pequeño tamaño, recuerdan más a las boquillas de los tubos de soplado (Montero, 2010:100).

De más reciente publicación son las evidencias metalúrgicas del yacimiento de Las Pilas en la Cuenca del Vera (Mojacar, Almería). En dicho yacimiento se ha podido documentar toda la cadena operativa metalúrgica en un contexto cronocultural de pleno Calcolítico peninsular. Además de los numerosos restos de actividades metalúrgicas (minerales, escorias, crisoles...) se halló una estructura que parece estar íntimamente relacionada con esta actividad.

Solo conservada de forma parcial (60-70 cm.), tenía forma circular/ovalada y estaba delimitada por bloques de adobe y presentaba en su base la superficie completamente vitrificada por la alta temperatura (Murillo-Barroso et al., 2017). En el interior se hallaron al menos cinco boquillas de soplado y un crisol completo. Las dataciones por ^{14}C de esta fase del yacimiento corresponden a la segunda mitad del III milenio a.C. (2578-2276 cal a.C.) (Murillo-Barroso et al., 2017)



Figura 38: Fotografías de las dos estructuras de combustión halladas en el yacimiento de Las Pilas (Mojacar, Almería).

Fuente: Murillo-Barroso, M., Martín-Torres, M., Massieu, M. D. C., Socas, D. M., & González, F. M. (2017). *Early metallurgy in SE Iberia. The workshop of Las Pilas (Mojácar, Almería, Spain)*. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(7), 1539-1569. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0451-8>

Como vemos en estos últimos ejemplos, el uso de grandes cubetas excavadas de 100 o más cm. de diámetro y una altura de 30 cm. o superior, es también común a lo que ocurre

en Arangas con la ES1. La aparición de bloques de adobe y de superficies vitrificadas por las altas temperaturas son nuevamente elementos repetidos entre estos contextos y Arangas. Sin embargo, existen otras evidencias que no aparecen en el registro de Arangas como son: los restos de vasijas de reducción y las toberas o boquillas de soplado.

Los restos que sí aparecen tanto en Arangas como en los ejemplos citados son: fragmentos de crisol, escorias, minerales cupríferos, gotas de fundición y algunos objetos metálicos que en Arangas son representados por un puñal de bronce y un punzón de cobre. En Arangas también existen numerosos restos de metal que de momento solo han podido ser identificados como óxidos de cobre, que se encuentran en la superficie de minerales, rocas y sedimento.

Las similitudes en la distribución espacial de estos restos dependerán de las características de cada yacimiento. En la mayoría de ejemplos citados sí parece existir una relación espacial entre las estructuras y los restos de actividades metalúrgicas. En Arangas la situación es más compleja, pues la estratigrafía parece haber sufrido cambios importantes.

Como bien se incluye en la publicación sobre las excavaciones, la estratigrafía de la cueva presenta un buzamiento desde la apertura del abrigo hacia el interior (Arias y Ontañón, 1999). Esta circunstancia condiciona enormemente la distribución espacial, pues los paquetes estratigráficos donde se encuentran la mayoría de restos metalúrgicos adscritos al Bronce se encuentran en las áreas E y D del interior de la cueva mientras que las estructuras se encuentran en el área B situada más al exterior (ver ANEXO N°13).

Con este condicionante es un tanto difícil poder relacionar espacialmente algunos de los restos más llamativos como el puñal o el crisol con las estructuras. Sin embargo, las dataciones sí parecen indicar la coetaneidad entre la excavación de las estructuras y el nivel del Bronce, donde se encuentran la mayoría de restos metalúrgicos al interior. A pesar de esta circunstancia, algunos pocos restos si fueron hallados en esta última área de las estructuras, indicándonos esa posible relación espacial.

Al menos un resto de escoria y otro de mineral parcialmente reducido fueron hallados en el sector 1 del cuadro E10, es decir, en el contexto inmediato a las estructuras. Algo más alejados se encuentran los demás restos. El punzón de cobre, un resto de escoria y otro de óxido de cobre se encuentran entre los cuadros C10, C11 y D11 respectivamente. También existen tres posibles restos de escorias y uno de mineral que aún no han sido analizados, repartidos entre los cuadros: C10, D11, F11 y D7 (ver ANEXO N°13).

En el contexto cantábrico son aún menos comunes las evidencias sobre este tipo de estructuras. En la cueva de Arrikrutz (Guipúzcoa), se hallaron indicios de actividad metalúrgica y pequeños fragmentos de bronce y cerámicas que se pusieron en relación con la existencia de una estructura excavada.

Estos hallazgos sugieren que la estructura excavada, probablemente de la Edad del Bronce o del Hierro, funcionaba como una cubeta para el reciclaje de metales, aunque el horno no estaría cerca debido a la falta de signos de altas temperaturas en las arcillas como la rubefacción esperable (Arrizabalaga e Iriarte, 2002). Tampoco hay evidencias de su uso para la reducción de minerales y lo más probable es que se trate de un hoyo excavado utilizado para depositar restos metálicos no fundidos.

De más interesante relación cabría mencionar la descripción que realiza Miguel Ángel de Blas sobre una serie de lo que él denomina como vestigios campamentales y metalúrgicos al exterior de la mina de El Aramo (Asturias). En un lugar denominado como “La Campa les Mines” han sido documentadas una serie de cubetas y zonas de combustión abiertas, teniendo la mejor conservada unos 40 cm. de diámetro por 30 cm. de altura. Dicha estructura cuenta con una datación de 1890-1730 cal a.C. y se superpone en la estratigrafía a otra estructura abierta de mayor tamaño que cuenta con una datación de 2210-2020 cal a.C. (de Blas, 2014: 70) (ver ANEXO N°11).

Este hallazgo nos podría estar indicando el uso de este tipo de estructuras de combustión en ambientes cercanos a las minas y los lugares de aprovechamiento del metal de cobre, un fenómeno que se puede relacionar con otros ejemplos europeos. En el entorno minero de Ross Island, con dataciones de 2400-2200 a.C., se han encontrado dos tipos de estructuras de combustión excavadas: unas de mayor tamaño con 80-120 cm. de diámetro y 40-80 cm. de altura y otras que apenas llegan a los 40-50 cm. de diámetro (O’Brien, 2004).

No podemos definir el yacimiento de Arangas únicamente como un campamento minero donde se realizan las primeras labores de reducción y obtención del metal, pues el registro presenta una mayor diversidad. Sin embargo, esa estrecha cercanía a los lugares de explotación y las similitudes morfológicas y cronológicas con los dos ejemplos citados anteriormente podría estar dándonos pistas sobre alguna de las funciones de las estructuras de combustión de nuestro yacimiento.

7.2.1. Calcinación de restos óseos y grado de combustión:

Una de las preguntas que nos hacíamos al estudiar estas estructuras era si podríamos conocer más sobre la combustión y las temperaturas alcanzadas en las mismas. Para ello, decidimos estudiar el grado de combustión que podía analizarse a través del sedimento y más concretamente en los restos faunísticos afectados en él.

Tras haber visto los resultados, podemos decir que sí existen grandes concentraciones de restos faunísticos calcinados estrechamente relacionados con las estructuras. Con los datos generales con los que contamos que son: las relaciones estratigráficas de los restos y un análisis de la coloración, pretendemos comentar algún aspecto sobre el grado de combustión y si este se puede relacionar con la metalurgia.

En Prehistoria, el estudio sobre restos faunísticos afectados por la combustión lleva ya varias décadas de desarrollo con múltiples trabajos experimentales que han tratado este tema (Alonso et al., 2024; Carroll & Smith, 2018; Ellingham et al., 2015; Nicholson, 1993; Pérez et al., 2017; Pokines & Symes, 2013; Shipman et al., 1984; Stiner et al., 1995; Ullinger & Sheridan, 2015). El tema es tan amplio que apenas podemos introducirnos con el análisis general que abarca nuestro estudio, sin embargo, algunas cuestiones sí pueden ser tratadas o mencionadas.

En primer lugar, el tema de los cambios de color y las temperaturas asociadas. La muestra de restos óseos seleccionada para nuestro estudio corresponde con los restos calcinados

que, según el modelo utilizado, han alcanzado más de 700°C. Esta cuestión de atribuir temperaturas según que coloración presente el hueso es bastante orientativa. Con este método podemos suponer la temperatura que ha alcanzado el resto, pero de ningún modo nos puede acercar a la temperatura alcanzada por el foco de combustión, pues la cercanía o la exposición del resto hacen variar mucho este proceso (Nicholson, 1993).

Los restos calcinados que estamos analizando en Arangas fueron en su mayoría afectados por la combustión de manera indirecta, pues se encuentran en los estratos subyacentes a las estructuras de combustión. Sobre este tema también se ha discutido bastante, algunos investigadores afirman que solo llegan a calcinarse los huesos en superficie que se encuentran dentro del hogar, mientras que los restos enterrados a pocos centímetros únicamente llegan al punto de carbonización (Stiner et al., 1995).

Un trabajo experimental reciente ha estudiado como se ven afectados los restos óseos según a que profundidad se encuentren debajo del hogar (Pérez et al., 2017). Los resultados apoyan la idea de que, incluso a escasos centímetros debajo del hogar, los huesos rara vez alcanzan un grado de calcinación elevado y, por tanto, una coloración completamente blanca. Hasta los 7 cm. en los que se entierran los restos óseos en este estudio, los restos presentan en su mayoría una mezcla de colores donde predominan el marrón y el negro o directamente no presentan signos de combustión (Pérez et al., 2017).

Este fenómeno es muy llamativo si lo comparamos con nuestro caso en Arangas. Nuestra muestra también presenta restos sin alteración y con varias gamas de colores, pero las coloraciones blancas sí se dejan ver, incluso a profundidades mayores a lo visto en el estudio.

La cuestión parece clara y es que en Arangas estas estructuras de combustión, funcionaran o no como un hogar doméstico, debieron alcanzar temperaturas mucho más elevadas a lo normal. Unas temperaturas que, a diferencia de un hogar en superficie, afectaron en gran medida a los estratos subyacentes. Esta circunstancia se ve de forma bastante clara en la ES1 y apoya la idea de la existencia de una estructura parcial o completamente cerrada. En ella se alcanzaron temperaturas muy elevadas, pues los restos afectados hasta 20 o 30 centímetros de profundidad alcanzaron temperaturas cercanas a los 1000°C.

8. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo hemos abordado varios temas de importancia para el estudio de la metalurgia prehistórica de la cueva de Arangas. Aunque se han logrado importantes avances en la investigación sobre la tecnología y el arte de la producción del metal en esta primera fase de la prehistoria; el caso y contexto estudiado realmente se encuentra en un estado embrionario de la investigación. La base informativa de la que partimos era bastante escueta en algunos elementos, relacionados sobre todo con las estructuras de combustión.

Dentro del estudio completo sobre las actividades metalúrgicas en la cueva de Arangas encontramos varias líneas de investigación. La primera consistió en el análisis y caracterización de los restos metalúrgicos hallados en la cueva. Esta nos ha permitido

poder comparar la producción metálica de Arangas con otras de su contexto cantábrico. Los resultados otorgaron a la producción de Arangas de una personalidad propia dentro de su marco geográfico y han abierto nuevas líneas de investigación.

Esto nos permitirá en un futuro ahondar más en la búsqueda de los primeros lugares de aprovechamiento del cobre por las sociedades prehistóricas de la región. Una búsqueda que en este trabajo solo hemos podido introducir a través del preliminar análisis de un mineral hallado en las cercanías y de la recopilación de los afloramientos de cobre descubiertos en tiempos modernos.

Otro tema de estudio fue la caracterización de las estructuras de combustión halladas en Arangas y que supuestamente fueron utilizadas para las actividades metalúrgicas. Como bien hemos señalado anteriormente, este tema es el más controversial de la investigación, pues el conocimiento previo acerca de él es aún escasísimo. Sin embargo, la labor realizada en este trabajo con la actualización documental de material arqueológico ya anticuado, permitirá completar una mejor visión sobre este hallazgo.

También hemos intentado aportar una breve comparación morfológica y de relaciones espaciales y estratigráficas de este hallazgo con otros conocidos. Los ejemplos no son numerosos y las particularidades presentes en cada yacimiento hacen de momento difícil una comparación más profunda y estandarizada a la que se pudiera hacer con otros datos.

El último tema abordado fue el estudio de los restos faunísticos afectados por la combustión en los contextos espaciales y estratigráficos de las estructuras. Como bien señalamos en la discusión, el tema es más amplio y complejo de lo que parece a simple vista. Las correlaciones directas entre coloraciones de los restos y la temperatura alcanzada en las estructuras de combustión son ciertamente arbitrarias. Sin embargo, conocer la magnitud en cuanto a concentraciones de restos calcinados y las profundidades donde se hallan, si nos puede aportar importantes pistas sobre el alto grado de temperatura alcanzado y de afectación a estratos inferiores, fundamentalmente en la ES1.

Por todo ello, podemos concluir que las estructuras de combustión de Arangas sí parecen responder a los parámetros introducidos por sus excavadores. Su cronología, morfología y la mayor o menor asociación con restos metalúrgicos nos aproximan a poder relacionarlas con ejemplos ya conocidos de estructuras metalúrgicas. Añadido a ello, los elementos descritos en el párrafo anterior claramente visibles en la ES1, bien nos están indicando una complejidad técnica y sofisticación de la estructura de combustión. Esta podría estar conformada por un sistema de cerramiento, cubrimiento y ventilación que aún no hemos podido documentar y que podrían caracterizar la estructura como un auténtico “proto-horno”.

Las posibilidades en este ámbito aún son diversas debido al estado embrionario de la investigación y los futuros estudios deberían centrarse en el hallazgo de nuevas estructuras similares o en el mejor conocimiento de los contextos ya conocidos. Todo ello nos permitiría seguir abordando temas de gran importancia para las primeras etapas metalúrgicas de la región cantábrica.

Conocer la evolución de las estructuras de combustión destinadas a las labores metalúrgicas y su posible relación con los focos mineros de obtención de cobre, es la principal posibilidad que inicia este trabajo. De esta forma, podríamos conocer como la

tecnología metalúrgica se desarrolló en estas antiguas sociedades prehistóricas y si la cercanía a yacimientos de cobre o la dedicación de los poblados al aprovechamiento minero, jugó un papel crucial en este ámbito de evolución tecnológica y social.

9. BIBLIOGRAFÍA

Abril López, D. (2012). *Contextos arqueológicos de la actividad metalúrgica en el suroeste de la península ibérica (III milenio a.n.e.): La aplicación de análisis zooarqueológicos multivariantes, espaciales y cuantitativos para la explicación de las relaciones sociales*. Universidad de Huelva.

Almagro Gorbea, M. (1996). La Edad del Bronce en la Península Ibérica: periodización y cronología. *Saguntum*, 30, 217-229

Alonso, G., Rufà, A., & Blasco, R. (2024). Cooked or discarded? Experimental distinction of rabbit burnt bones and its application to the archaeological record. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 56, 104541. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2024.104541>

Altuna, J. (1980). Historia de la domesticación animal en el País Vasco desde sus orígenes hasta la romanización (pp. 9-163). San Sebastián: Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Altuna, J., & Mariezkurrena, K. (2008). Restos de alimentación de origen animal de los pobladores de la cueva de Arenaza I (País Vasco) durante la Edad del Bronce. *Veleia*, (24-25).

Ambert, P., Balestro, F., Laroche, M., Figueroa, V., & Rovira, S. (2013). Technological aspects of the earliest metallurgy in France: ‘Furnaces’ and slags from La Capitelle du Broum (Péret, France). *Historical Metallurgy*, 47(1), 60-74.

Apellániz, J.M.; Altuna, J. (1966) “Excavaciones en dólmenes de Guipúzcoa”. *Munibe. Sociedad de Ciencias Naturales Aranzadi*. Año XVIII nº 1/4: 167-184. San Sebastián.

Arias, P. (1995) “La cronología absoluta del Neolítico y el Calcolítico de la región cantábrica. Estado de la cuestión.” *Isturitz: Cuadernos de prehistoria-arqueología*, (Ejemplar dedicado a: Primeros agricultores y ganaderos en el Cantábrico y el Alto Ebro) 6: 15-40.

Arias Cabal, P. (1996). Antes de los cántabros. Panorama del neolítico y las edades de los metales en Cantabria. En *I encuentro de historia de Cantabria*. Santander. Servicio de publicaciones Universidad de Cantabria, Santander, 1999

Arias, P. & Armendáriz, A. (1998) “Aproximación a la Edad del Bronce en la Región Cantábrica”. En R. FÁBREGAS (ed.): *A Idade do Bronce en Galicia: novas perspectivas*. Cadernos do Seminario de Sargadelos, 77: 47-80. A Coruña

Arias Cabal, P., & Pérez Suárez, C. (1995). Excavaciones arqueológicas en Arangas, Cabrales (1991-1994). Las cuevas de los Canes, el Tío Llines y Arangas. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1991-94*.

Arias Cabal, P., & Ontañón Peredo, R. (1999). *Excavaciones arqueológicas en la cueva de Arangas (1995-1998). Las ocupaciones de la edad del bronce*.

- Arias, P., Ontañón, R., Polanco, J.A., Setién, J., Rovira, S. y Montero, I. (2005): "Aproximación A la tecnología metalúrgica durante el Calcolítico y Edad del Bronce de Cantabria". En M. R. González Morales y J. Solózano (eds.): II Encuentro de Historia de Cantabria. Vol I: 53-72. Universidad de Cantabria, Parlamento de Cantabria. Santander
- Arrizabalaga, A., & Iriarte, M. J. (2002). sondeo arqueológico en la boca de la galería 53. cueva de Arrikruz (Oñati, Gipuzkoa). primeros resultados y dataciones radiocarbónicas. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 54, 117-124.
- Blas Cortina, M. Á. (1983). *La prehistoria reciente en Asturias*. Fundación Publica de Cuevas y Yacimientos Prehistóricos de Asturias, Principado de Asturias Consejería de Education y Cultura.
- Blas Cortina, M. Á. (1991). Nuevos testimonios metalúrgicos de la Edad del Bronce en el centro-occidente de la región cantábrica. *Veleia: Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas*, 8, p. 109-138
- Blas Cortina, M. A. (1992). Minas prehistóricas del Aramo (Riosa). Campaña arqueológica de 1987. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1987-90*.
- Blas Cortina, M. A. (1996). La primera minería metálica del N. peninsular: las indicaciones del C-14 y la cronología prehistórica de las explotaciones cupríferas del Aramo y el Milagro. *Complutum Extra*, 6 (I), 1996: 217-226. Homenaje al profesor Manuel Fernández-Miranda, 6, 217.
- Blas Cortina, M. Á. (2001). Proceso técnico, genealogía y función del instrumental perforado en asta de ciervo de la mina de cobre prehistórica de " El Milagro":(III Milenio CAL. BC). *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, (67), 29-47
- Blas Cortina, M. Á. (2007). Minería prehistórica del cobre en el reborde septentrional de los Picos de Europa: las olvidadas labores de "El Milagro"(Onís, Asturias). *Veleia: Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas*, (24), 723-754.
- Blas Cortina, M. Á. (2011). De la caverna al lugar fortificado: una mirada a la edad del bronce en el territorio Astur-Cántabro. *Quaderns de prehistòria i arqueologia de Castelló*.
- Blas Cortina, M. Á. (2014). El laboreo del cobre en la Sierra del Aramo (Asturias) como referente cardinal de la minería prehistórica en la región cantábrica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*.
- Blas Cortina, M. Á. y Fernández Manzano, J., (1992) Asturias y Cantabria en el I milenio a.C. *Complutum*. 2-3. Pp. 399-416
- Blas Cortina, M. Á. de, y Suárez Fernández, M. (Eds.). (2022). *Las explotaciones de cobre en la Sierra del Aramo (Riosa, Asturias), ca. 2500-1400 a. De C* (1a. ed., 1a reimpresión). Real Instituto de Estudios Asturianos.
- Brady, K. (2006). The prehistoric and Roman landscape at Beechbrook Wood, Westwell, Kent. *CTRL integrated site report series*.
- Carroll, E. L., & Smith, M. (2018). Burning questions: Investigations using field experimentation of different patterns of change to bone in accidental vs deliberate burning scenarios. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20, 952-963. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.02.001>

- Delibes, G., Crespo, M., Rodríguez, J. A., Herrán, J. I., Villalobos, R., & Montero, I. (2023). La metalurgia de los inicios de la edad del cobre en la meseta norte española de nuevo a examen. *De re metallica (Madrid): revista de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*, 40, 53-70.
- Dupras, T. L., & Schultz, J. J. (2013). Taphonomic bone staining and color changes in forensic contexts. *Manual of forensic taphonomy*, 315-340.
- Eiroa, J. J. (et al.) (1999) *Nociones de tecnología y tipología en Prehistoria*. Ariel,
- Fernández Ibáñez, C., Montero Ruiz, I., & Bohigas Roldán, R. (2018). Objetos metálicos del Calcolítico y la Edad del Bronce hallados en cuevas costeras del NE de Cantabria. *Sautuola/XXIII*, 79-96.
- Golden, J., Levy, T. E., & Hauptmann, A. (2001). Recent discoveries concerning Chalcolithic metallurgy at Shiqmim, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 28(9), 951-963.
- González Sainz, C. y González Morales, M. 1986. La Prehistoria en Cantabria, Santander. Tantín.
- Gómez Ramos, P. (1996) Hornos de Reducción de Cobre y Bronce en la Pre y Protohistoria de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 53 (1), 127-143.
- Gutiérrez, E. (1999) "La agricultura en la Prehistoria reciente de la región cantábrica: evidencia arqueológica y modelos explicativos". *Nivel Cero*, 6-7: 61-84.
- Hevia, T., (1959) "Las minas metálicas de Asturias", *Conferencia de Economía Asturiana III*, Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo, pp. 53-105.
- Junghans, S.; Sangmeister, E. y Schröder, M. (1968): Kupfer und Bronze in der Frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 985-10040. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2,3. Mann. Berlín.
- Junghans, S.; Sangmeister, E. y Schröder, M. (1974): Kupfer und Bronze in der Frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10041-22000. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2,3. Mann. Berlín.
- Lull, V.; González, P.; Risch, R. (1992) *Arqueología de Europa, 2250-1200 A.C. Una introducción a la "Edad del Bronce"*. Madrid: Síntesis (Historia Universal. Prehistoria 6)
- Mayne Correia, P. M. (1997). Fire modification of bone: a review of the literature. *Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains*, 275-293.
- Montero Ruiz, I. (coord). 2010. *Manual de Arqueometalurgia*. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid.
- Montero Ruiz, I., y Orejas, A. (2018). Minas, metales reciclados y monedas: Abastecimiento de cobre entre el Imperio romano y la Antigüedad tardía. *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 48-1, 111-135. <https://doi.org/10.4000/mcv.8237>
- Montero-Ruiz, I., y Rovira Llorens, S. (2022). Early copper mining in the Iberian Peninsula: State of the art. *Археология Евразийских степей*, 2, 194-205. <https://doi.org/10.24852/2587-6112.2022.2.194.205>

- Nicholson, R. A. (1993). A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 20(4), 411-428.
- Nocete, F. (2006). The first specialised copper industry in the Iberian peninsula: Cabezo Juré (2900-2200 BC). *Antiquity*, 80(309), 646-657. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00094102>
- Nocete, F., Lizcano, R., Orihuela, A., Linares, J. A., Otero, R., Escalera, P., Parrales, P. & Romero, J. C. (1999). I campaña de excavación arqueológica de Cabezo Juré (Alosno, Huelva), 1995. *Anuario Arqueológico de Andalucía 1994*, 2, 86-92.
- Nocete, F., Lizcano Prestel, R., Nieto Liñán, J. M., Álex Tur, E., Inacio Franco, N. M., Bayona, M., ... & Linares Catela, J. A. (2004). La ordenación espaciotemporal del registro arqueológico de Cabezo Juré. *Odiel Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*. Sevilla: Consejería de Cultura/Dirección General de Bienes Culturales, 129-232.
- Nocete, F., Queipo, G., Sáez, R., Nieto, J. M., Inácio, N., Bayona, M. R., Peramo, A., Vargas, J. M., Cruz-Auñón, R., Gil-Ibarguchi, J. I., & Santos, J. F. (2008). The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): The specialised copper industry in a political centre of the Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750–2500 BC). *Journal of Archaeological Science*, 35(3), 717-732. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.05.019>
- O'Brien, W. (2004). *Ross Island: mining, metal and society in early Ireland* (Vol. 6). National University of Ireland.
- Ontañón, R. (2003) Caminos hacia la complejidad. El Calcolítico en la región cantábrica. Universidad de Cantabria
- Ortiz, L. (1990) "Ordenación de la secuencia cultural del Calcolítico y la Edad del Bronce en el País Vasco". *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 42: 135-139 San Sebastian.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C. M., Galván, B., Sala, R., & Mallol, C. (2017). Hearths and bones: An experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 11, 287-309. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.036>
- Pérez Macías, J. A. (2008). Recursos minerales de cobre y minería prehistórica en el suroeste de España. *Verdoy: Revista del Museo Arqueológico de Murcia*, (11), 9-36.
- Pollard, A. M., Bray, P., Gosden, C., Wilson, A., & Hamerow, H. (2015). Characterising copper-based metals in Britain in the first millennium AD: A preliminary quantification of metal flow and recycling. *Antiquity*, 89(345), 697-713. <https://doi.org/10.15184/aqy.2015.20>
- Rincón Vila, R. (1985). Las culturas del metal. *Historia de Cantabria. Prehistoria. Edades Antigua y Media*. Santander, Ediciones de la librería Estudio, 113-209.
- Rodríguez García, A.M., 2011. Las cerámicas de la Edad del Bronce de la Cueva de Arangas (Cabrales, Asturias): caracterización macroscópica. Universidad de Cantabria (Trabajo de Investigación de Tercer Ciclo inédito), Santander.
- Rothenberg, B. (1985). Copper Smelting Furnaces in the Arabah, Israel: the Archaeological Evidence. (Retroactive Coverage). *British Museum Publications Ltd., Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*, 123-150.

Rovira, S. y Ambert, P. 2002. Les céramiques à réduire le minerai de cuivre: une technique métallurgique utilisée en Ibérie, son extension en France méridionale. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 99 (1), 105-126.

Rovira Llorens, S., Montero Ruiz, I. (2018). Proyecto “Arqueometalurgia de la Península Ibérica”. *Trabajos de Prehistoria*, 75(2), 223-247

Ruiz, J. (1994) “La Cueva del Mapa (Revilla de Camargo): Un Cementerio de la Primera Edad del Bronce en la Marina de Cantabria”. *Kobie*, XXI: 255-265. Diputación Foral de Bizkaia.

Shugar, A. N. (2003, September). Reconstructing the chalcolithic metallurgical process at Abu Matar, Israel. In *In Archaeometallurgy in Europe Conference* (pp. 449-458).

Simón García, J.L. (1998): *La metalurgia prehistórica valenciana*. Diputación provincial de Valencia. Valencia. 164

10. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

10.1. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la región centro-oriental de Asturias con la localización de los yacimientos mineros prehistóricos y la cueva de Arangas.	18
Figura 2: Plano de la cueva de Arangas, con las áreas de excavación señalada.....	21
Figura 3: Modelo bayesiano con las dataciones calibradas de los restos adscritos a la Edad del Bronce antigua en la Cueva de Arangas.....	23
Figura 4: Clasificación general por porcentajes de los restos metalúrgicos según su adscripción de material.....	28
Figura 5: Clasificación porcentual por tamaños de los restos metalúrgicos, valores expresados en milímetros (izq.). Distribución general de los restos metalúrgicos según el número de fragmentos que lo conformen (dcha.).....	28
Figura 6: Clasificación porcentual por tamaños de los restos metalúrgicos, para los restos de un único fragmento (izq.) y los compuestos por varios (dcha.).....	29
Figura 7: Fotografía de las dos caras y el perfil del fragmento de crisol con N° de inventario: 8295 (izq.) y sección del mismo obtenida a través del modelo 3D (dcha.).....	30
Figura 8: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-11094, del primer microanálisis (izq.) y del tercero (dcha.).....	32
Figura 9: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-8228, del segundo microanálisis (izq.) y del quinto (dcha.).....	33
Figura 10: Fotografías del resto N° 37256, antes (izq.) y después (dcha.).....	34
Figura 11: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-4519 durante el último microanálisis, en ella se pueden apreciar los granos alargados y aplastados de la microestructura.....	35
Figura 12: Imagen virtual generada por MEB de la superficie general de la muestra AR-25000.	36
Figura 13: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-25000, del segundo microanálisis (izq.) y del tercero (dcha.).....	37
Figura 14: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-24986, durante el segundo microanálisis.....	38

Figura 15: Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra AR-16653, durante el tercer microanálisis.....	39
Figura 16: Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra AR-16653, del primer microanálisis (izq.) y del cuarto (dcha.)	40
Figura 17: Mapa de la región oriental de Asturias con la localización de la Cueva de Arangas, los yacimientos mineros prehistóricos, los afloramientos de cobre y la muestra de roca recogida.	47
Figura 18: Roca recogida como muestra durante las prospecciones realizadas en 2018 por Patricia Fernández Sánchez y Jorge A. Vallejo Llano en mayo de 2018.....	48
Figura 19: Representación gráfica de las estructuras de combustión y los elementos asociados en planta.	50
Figura 20: Fotografía de la excavación del cuadro F9 a la altura del Nivel 2B, en ella se puede percibir el límite del hoyo del enterramiento de la cabra que se prolonga hacia el sector 1 en la esquina inferior izquierda (NO).	51
Figura 21: Fotografía del perfil del límite F9-F10, en ella se puede observar la sección de la gran estructura de combustión (ES1) y su composición interna.	52
Figura 22: Fotografía en planta tras la excavación del sector 7 del cuadro E9, en ella se pueden percibir los límites de ES1 por la diferencia de coloración en el sedimento.....	53
Figura 23: Fotografía del perfil en el límite E9-E10 tras la excavación del sector 7 del cuadro E9, en ella se puede percibir la morfología de ES1 y los distintos niveles de calcinación que la conforman.	53
Figura 24: Fotografía de la superficie de los límites entre los cuadros: D9, D10, E9 y E10, durante la excavación del cuadro D9 en 1996. En ella se puede percibir la alineación de bloques calizos y el “hornillo de adobe” documentado en la anterior campaña de 1995	54
Figura 25: Fotografía en planta de la estructura A4, durante su excavación en la campaña de 1997. En ella se puede apreciar la diferencia entre el sedimento interno y el circundante.	55
Figura 26: Representación gráfica de las concentraciones de restos óseos calcinados en relación a las estructuras de combustión en planta.	57
Figura 27: Gráfico de las profundidades de los restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.....	58
Figura 28: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a A4. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.	59
Figura 29: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a ES2. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes.	60
Figura 30: Gráfico de las profundidades de los restos calcinados asociados a ES1. En el eje (y) se expresan los valores de la profundidad (cm) en rangos de cinco unidades y en el eje (x) se representa el número de restos óseos calcinados sobre el total de restos óseos presentes	61
Figura 31: Gráfico porcentual del número de restos calcinados y las coloraciones representadas para los huesos determinables (izq.) y no determinables (dcha.).....	61
Figura 32: Gráfico general de las coloraciones presentes en los restos y su asociación a los niveles de profundidad expresados en cm. en el eje (y). La clasificación de calcinado hace referencia a restos que no han podido clasificarse por colores, aunque tenemos certeza de que si están calcinados.....	62
Figura 33: Representación gráfica de las concentraciones de restos óseos calcinados e impregnados en relación a las estructuras de combustión en planta.	63

Figura 34: Fotografía por las dos caras del resto de costilla calcinado con N° de inventario: 34480 (izq.). Imagen virtual generada con MEB de la superficie de la muestra durante el primer microanálisis AR-34480/1	64
Figura 35: Cambios en la distribución porcentual de las categorías del metal según la clasificación de Pollard et al. (2015)	66
Figura 36: Cambios en la distribución porcentual de las impurezas presentes en el metal de los dos contextos analizados.	68
Figura 37: Dibujo en sección de la reconstrucción de la estructura de combustión de Shiqmim.	70
Figura 38: Fotografías de las dos estructuras de combustión halladas en el yacimiento de Las Pilas (Mojacar, Almería).	72

10.2. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de los nuevos análisis por XRF medidos en porcentaje sobre el 100% de la muestra.	32
Tabla 2: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-11094) medidos en porcentaje sobre el 100%.	33
Tabla 3: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-8228) medidos en porcentaje sobre el 100%.	34
Tabla 4: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-37256) medidos en porcentaje sobre el 100%.	34
Tabla 5: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-4519) medidos en porcentaje sobre el 100%.	36
Tabla 6: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-25000) medidos en porcentaje sobre el 100%.	37
Tabla 7: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-24986) medidos en porcentaje sobre el 100%.	39
Tabla 8: Resultados de los microanálisis por MEB (AR-16653) medidos en porcentaje sobre el 100%.	40
Tabla 9: Resultados del análisis por XRF sobre el puñal de remaches de Arangas, medidos en porcentaje sobre el 100% del peso. Clave: nd= no detectado, tr= trazas.	42
Tabla 10: Recuento y porcentaje sobre el total de las muestras metálicas de Arangas según la clasificación por impurezas de Pollard et al. (2015).	46
Tabla 11: Resultados porcentuales de los microanálisis por MEB realizados sobre la lámina delgada extraída de la muestra de roca.....	49
Tabla 12: Resultados de s análisis por XRF sobre muestras de huesos calcinados con impregnaciones, medidos en porcentaje sobre el 100% de la muestra.....	64
Tabla 13: Resultados de los tres microanálisis realizados sobre el resto de costilla con N° de inventario: 34480.	65
Tabla 14: Comparación en la proporción de impurezas de los metales de Arangas y Cantabria según la clasificación de Pollard et al. (2015).....	66
Tabla 15: Comparación en el recuento y la proporción de impurezas de los metales de Arangas y Cantabria.	67

11. ANEXO DE IMÁGENES



Imagen 1: Fotografía área de la población de Arangas y su entorno geográfico.

Fuente: IIIPC



Imagen 2: Imagen exportada del visor 3D donde se puede visualizar el modelo 3D del fragmento de crisol con N° de inventario: 8295. Realizado con el escáner de metrología óptica 3D ATOS Q disponible en las instalaciones del IIIPC.

Fuente: elaboración propia



Imagen 3: Microscopio electrónico de barrido (SEM) utilizado durante este trabajo, marca Zeiss, modelo EVO MA 15. Instalado en el LADICIM y a disposición de la Universidad de Cantabria.

Fuente: elaboración propia



Imagen 4: Fotografía de algunas de las muestras minerales y metálicas colocadas y preparadas para el análisis por SEM con sus respectivos números de inventario. Se puede observar la plataforma de soporte y como algunas de ellas necesitaron ser alzadas para equiparar su altura a las demás.

Fuente: elaboración propia

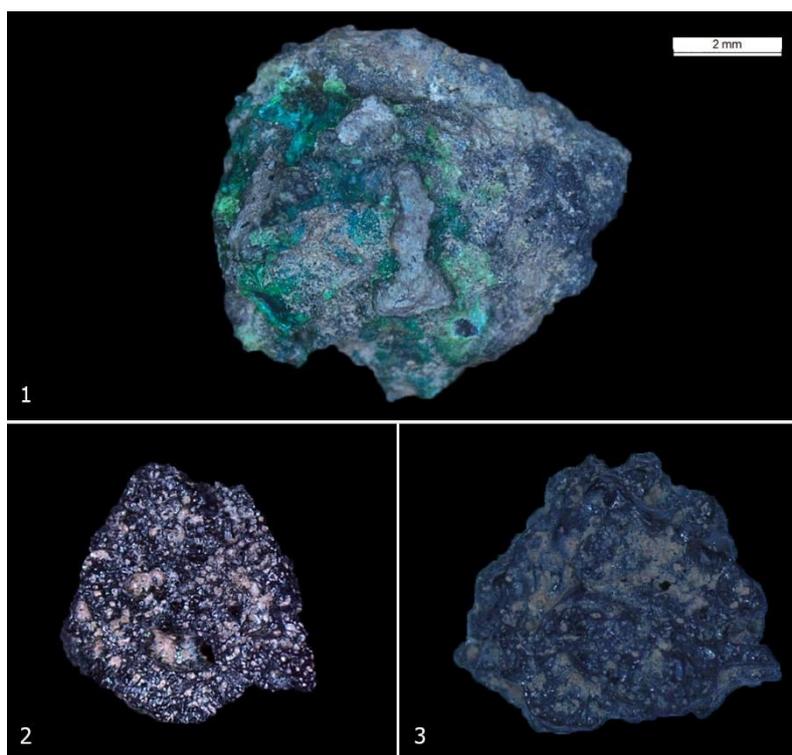


Imagen 5: Fotografías obtenidas con la lupa de varios restos minúsculos de minerales del registro arqueológico de Arangas. 1: 11094, 2: 9956, 3: 10804.

Fuente: elaboración propia



Imagen 6: Fotografía del resto de escoria de cobre con N° de inventario 8275.

Fuente: elaboración propia

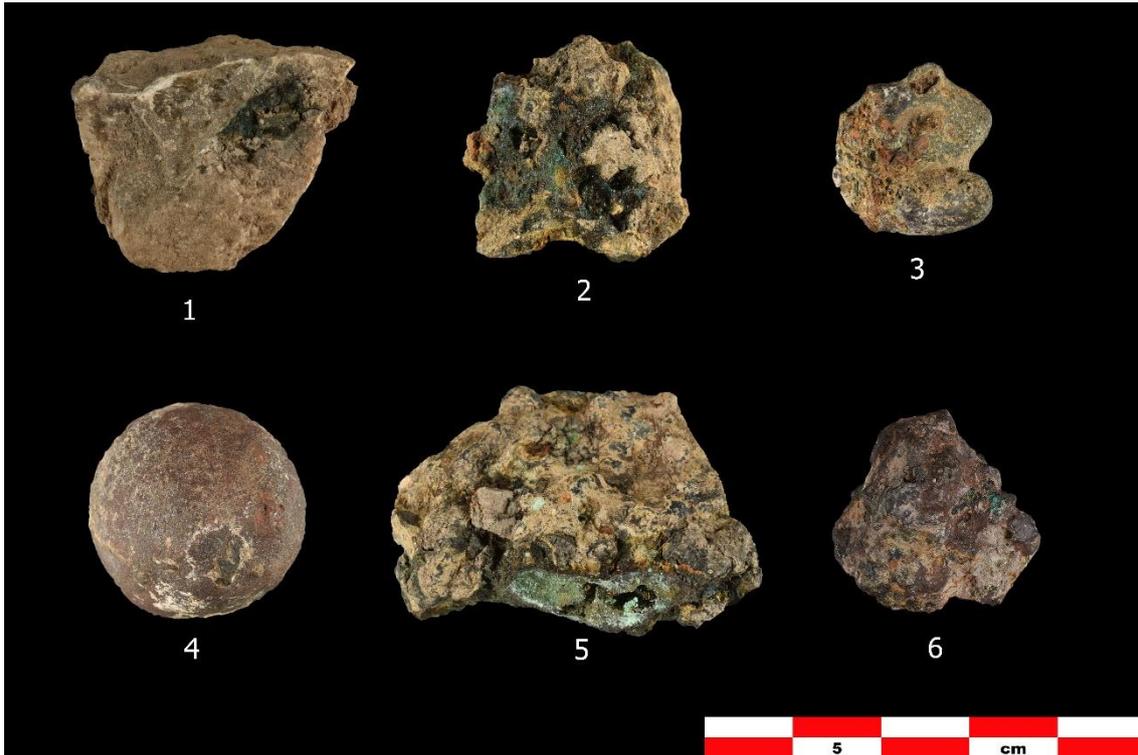


Imagen 7: Fotografías de varios de los restos metálicos y minerales. 1: 8258, 2: 8321, 3: 35303, 4: 10186, 5: 8256, 6: 16653.

Fuente: elaboración propia



Imagen 8: Composición de imágenes del proceso de elaboración y análisis de una lámina delgada a partir de la muestra de roca.

Fuente: elaboración propia

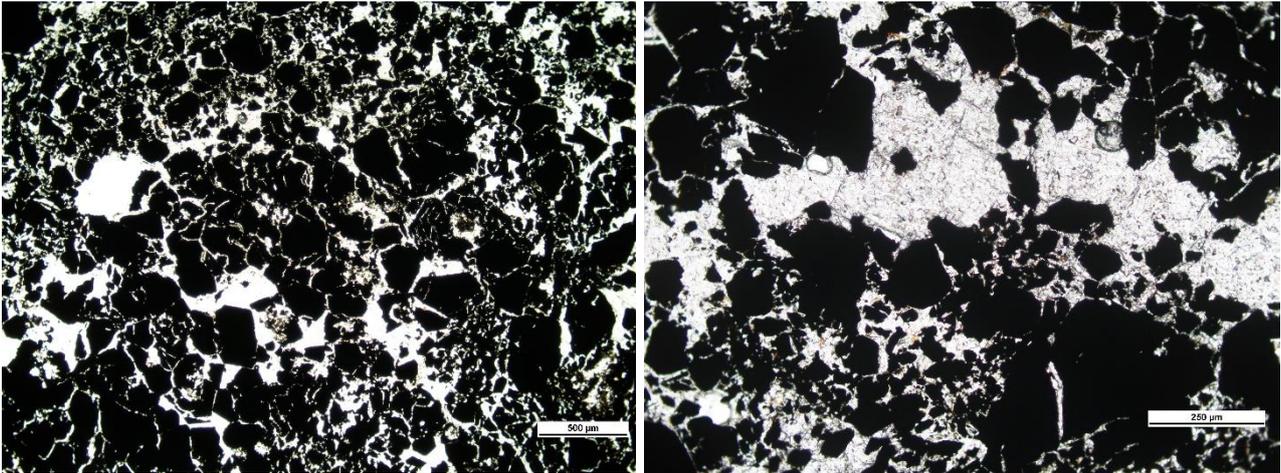


Imagen 9: Imágenes captadas por el microscopio petrográfico en nicols cruzados sobre diferentes lugares de la lámina delgada.

Fuente: elaboración propia

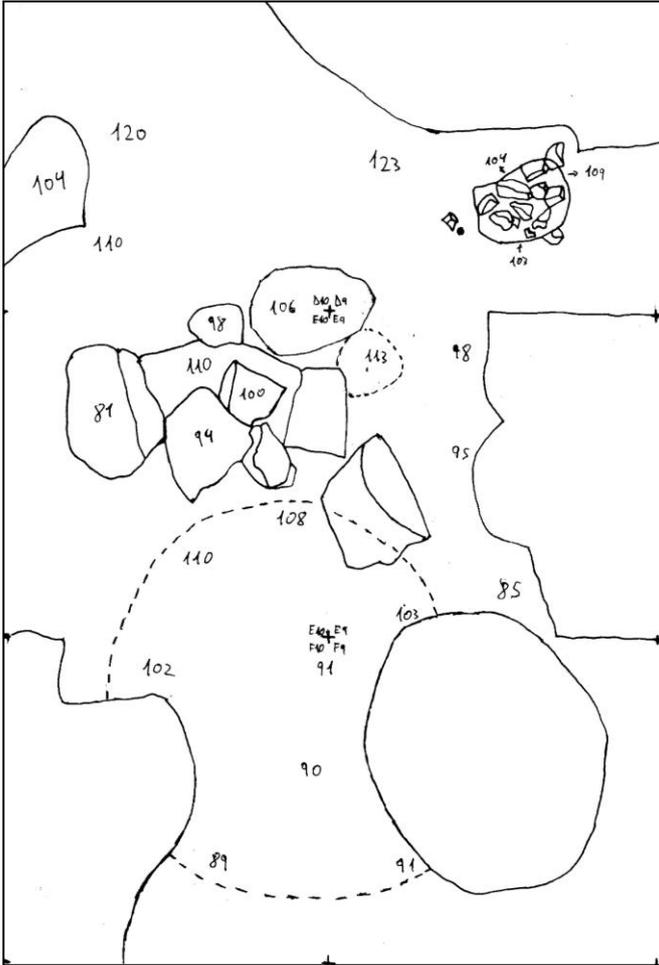


Imagen 10: Dibujo digitalizado del plano general de las estructuras, obtenido mediante calco con papel vegetal sobre los planos milimetrados originales.

Fuente: elaboración propia

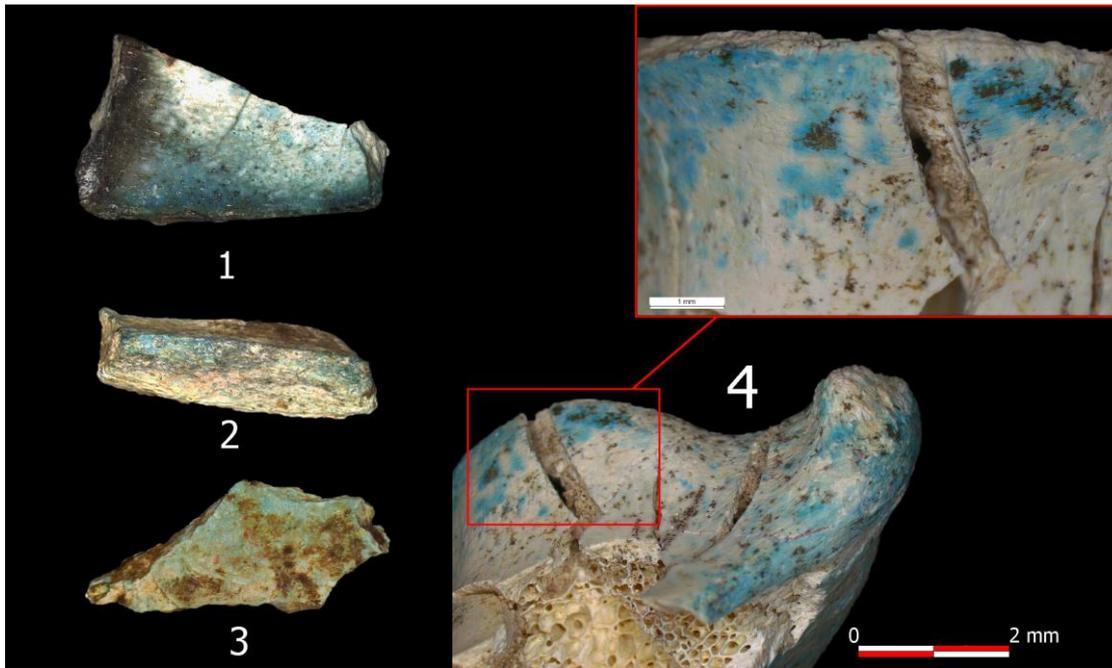


Imagen 11: Fotografías de lupa realizadas sobre algunos restos óseos con coloraciones azuladas. En la izquierda se presentan pequeños fragmentos y astillas de hueso, 1: 2563, 2: 33495, 3: 31074. En la derecha (4) se muestra el resto con N° de inventario 34511.

Fuente: elaboración propia

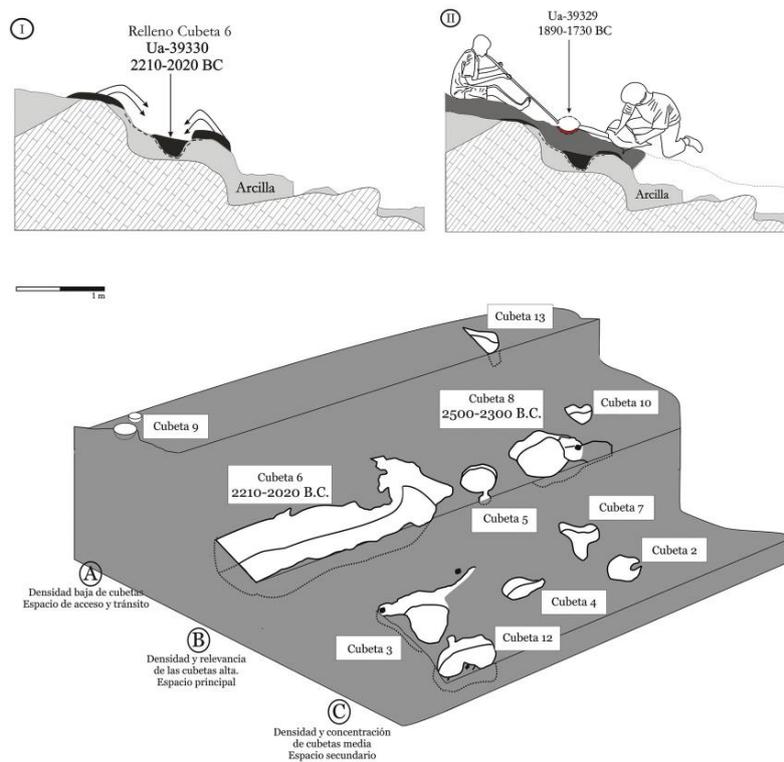


Imagen 12: Áreas de actividad al exterior: cubetas y estructuras de combustión en el sondeo 10 y dos episodios separados en el tiempo. (Dibujo de F. Rodríguez del Cueto).

Fuente: Blas Cortina, M. Á. D. (2014). El laboreo del cobre en la Sierra del Aramo (Asturias) como referente cardinal de la minería prehistórica en la región cantábrica. Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada.



Imagen 13: Plano general en planta de la Cueva de Arangas. Aparece resaltada la superficie excavada en las sucesivas campañas, también se incluye la representación gráfica de las estructuras de combustión y la localización de los restos relacionados con la metalurgia.

Fuente: elaboración propia a partir del plano general de la cueva realizado previamente..

12. ANEXO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	OBJETO	FASE	O	P	S	Fe	Co	Ni	Cu	As	Sn	Sb	Pb	Bi
AR-13180/1	Punzón	Análisis global	0	0	0	0.39	0	0.39	97.1	2.09	0	0	0	0
AR-13180/2	Punzón	Análisis global	0	0	0	0.17	0	0.76	96.5	2.57	0	0	0	0
AR-2190/02	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	4.93	0	0.66	90.2	0	0	4.23	0	0
AR-2190/03	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	4.33	0	0.62	91.2	0	0	3.86	0	0
AR-2190/04	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	0.56	0	0.58	92.9	0	0	4.35	0	1.57
AR-2190/05	Escoria de cobre	Halo bola cobre	0	0	19.3	2.38	0	0	78.3	0	0	0	0	0
AR-2190/07	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	0.66	0	1.44	92.7	0	0	4.04	0	1.16
AR-2190/08	Escoria de cobre	Halo bola de cobre	0	0	19.4	2.21	0	0	78.4	0	0	0	0	0
AR-2190/09	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	0.61	0	0	92.3	0	0	4.55	0	1.76
AR-2234/2	Escorificación en VR	Bola de cobre	0	0	0	3.6	0	0.71	90	1.6	0	4.15	0	0

AR-2234/2	Escorificación en VR	Bola de cobre	0	0	0	3.21	0	0.63	90.3	2.16	0	3.71	0	0
AR-2591/1	Resto de fundición (gota)	Análisis global	0	0	0	0.47	0	0.95	92.1	2.18	0.7	3.65	0	0
AR-2591/4	Bola de metal	Metal sano	0	0	0	0.79	0	0.76	97.1	0	0	1.4	0	0
AR-2591/5	Bola de metal	Inclusión con Bi-Pb-Po	0	0	0	0	0	0	37.8	0	0	4.67	7.6	36.2
AR-2591/6	Bola de metal	Análisis global	0	0	0	0.77	0	0.69	91.8	2.05	0	4.65	0	0
AR-3482/2	Mineral reducción parcial	Zona rica en Pb	0	4.31	0	3.04	0	0	15.9	0	0	4.41	72.4	0
AR-6605/2	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	1.95	0	1.53	91.4	0	0	5.12	0	0
AR-6605/3	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	1.91	0	1.28	91.6	0	0	5.23	0	0
AR-6605/5	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	1.11	0	1.31	92	0	0	5.56	0	0
AR-8256/03	Escoria de cobre	Bola de cuprita	10.5	0	0	1.14	0	0	88.36	0	0	0	0	0
AR-8256/04	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	2.07	0	0	90.87	0	0	7.06	0	0
AR-8256/05	Escoria de cobre	Bola de cobre (zona lisa)	0	0	0	0.73	0	1.53	92.53	0	0	5.21	0	0
AR-8256/06	Escoria de cobre	Segregado blanco en bola	0	0	0	0.69	0	0	71.79	0	0	5.87	21.26	0
AR-8256/07	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	0.94	0	1.4	88.72	0	0	6.27	2.67	0
AR-8256/08	Escoria de cobre	Bola de cobre (zona lisa)	0	0	0	0.5	0	0	94.12	0	0	5.38	0	0
AR-8256/09	Escoria de cobre	Segregado blanco en bola	0	0	0	0.75	0	2.83	21.02	0	0	10.16	65.2	0
AR-8256/10	Escoria de cobre	Bola de cobre (zona oscura)	0	0	0	1.09	0	0	92.58	0	0	6.34	0	0
AR-8256/11	Escoria de cobre	Bola de cobre (zona clara)	0	0	0	0.68	0	0	94.06	0	0	5.26	0	0
AR-8256/12	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	0.57	0	0.92	91.21	0	0	5.1	2.2	0
AR-8256/13	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	1.08	0	1.24	92.92	0	0	4.76	0	0
AR-8256/14	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	2.32	0	1.53	91.02	0	0	5.13	0	0
AR-8256/15	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	1.67	0	1.59	91.28	0	0	5.45	0	0
AR-8256/16	Escoria de cobre	Inclusión de sulfuro	0	0	13.59	1.55	0	0	82.26	0	0	2.6	0	0
AR-8256/17	Escoria de cobre	Corona bola	0	0	20.14	3.99	0	0	75.86	0	0	0	0	0
AR-8275/03	Escoria de cobre	Bola cobre (global)	0	0	0	4.06	0	1.01	89.74	0	0	4.06	0	0
AR-8275/04	Escoria de cobre	Inclusión con Bi en bola	0	0	0	8.98	0	1.38	45.94	0	0	3.53	0	40.18
AR-8275/05	Escoria de cobre	Inclusión con Sb en cuprita	0	0	0	2.51	0	0	32	0	0	65.49	0	0
AR-8275/06	Escoria de cobre	Masa de cuprita (global)	0	0	0	2.14	0	0	97.11	0	0	0.75	0	0

AR-8275/07	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	4.06	0	1.24	89.92	0	0	4.78	0	0
AR-8275/08	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	3.11	0	0.89	91.53	0	0	4.47	0	0
AR-8275/09	Escoria de cobre	Inclusión sulfuro en bola Cu	0	0	13.92	2.86	0	0	81.33	0	0	1.89	0	0
AR-8275/10	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	3.57	0	1.34	89.91	0	0	5.17	0	0
AR-8275/11	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	2.73	0	1.33	92.55	0	0	3.39	0	0
AR-8275/12	Escoria de cobre	Inclusión sulfuro en bola Cu	0	0	10.08	2.57	0	0.73	84.43	0	0	2.19	0	0
AR-8295/1	Escorificación en crisol	Aguja grande	0	0	0	0.77	6.22	11.6	56.12	0	0	25.9	0	0
AR-8295/2	Escorificación en crisol	Aguja pequeña	0	0	0	1.32	5.62	21.21	42.98	0	0	28.87	0	0
AR-8295/4	Escorificación en crisol	Bola de cobre	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
AR-8295/6	Escorificación en crisol	Inclusiones óxido en bola	8.7	0	0	0	0	0	91.3	0	0	0	0	0
AR-8295/8	Escorificación en crisol	Cristal triangular	0	0	0	0.32	0	26.01	44.07	0	0	29.6	0	0
AR-8295/9	Escorificación en crisol	Bola cobre (global)	0	0	0	0.29	0	0	81.15	6.62	0	11.95	0	0
AR-8321/01	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	0.73	0	0	94.68	0	0	4.59	0	0
AR-8321/02	Escoria de cobre	Inclusión con Bi en bola	0	0	0	0.6	0	0	36.34	0	0	0	0	63.06
AR-8321/03	Escoria de cobre	Inclusión sulfuro en bola	0	0	18.25	1.26	0	0	80.49	0	0	0	0	0
AR-8321/04	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	0.61	0	0	92.66	0	0	6.73	0	0
AR-8321/05	Escoria de cobre	Corona bola cobre	0	0	18	0	0	0	82	0	0	0	0	0
AR-8321/06	Escoria de cobre	Bola de cobre (global)	0	0	0	0.71	0.52	1.26	92.01	0	0	5.5	0	0
AR-8321/07	Escoria de cobre	Corona bola	0	0	20.92	1.57	0	0	77.51	0	0	0	0	0
AR-8841-2/1	Nódulo de metal	Análisis global	0	0	0	0.48	0	0	99.52	0	0	0	0	0
AR-8841-2/2	Nódulo de metal	Inclusión con Po-Bi-Pb	0	0	0	0	0	0	13.81	0	0	0	5.3	62.65
AR-8841-3/1	Nódulo de metal	Análisis global	0	0	0	0.37	0	0	99.63	0	0	0	0	0
AR-9150/4	Escoria de cobre	Bola de cobre	0	0	0	3.77	0	0	96.2	0	0	0	0	0

Tabla 16: Resultados de los análisis por SEM realizados sobre muestras de Arangas con anterioridad a nuestro estudio.

Fuente: cedidos por los doctores Salvador Rovira e Ignacio Montero (CSIC)

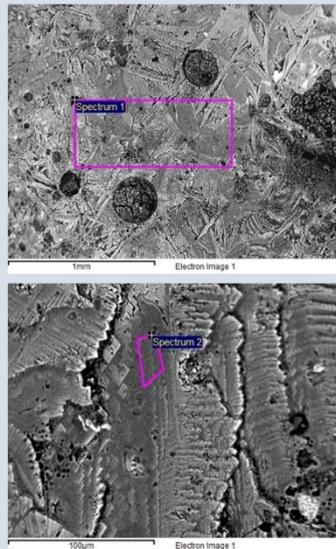
AR-23070

Este resto, presenta una irregular morfología con protuberancias y oquedades y presenta coloraciones negruzcas y anaranjadas.

AR-32508

Adscrito como mineral, este resto de tendencia esférica con coloración grisacea y restos de concreción fue sometido a dos microanálisis.

FOTOS



Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra, del primer microanálisis (arriba) y del tercero (abajo).

OBSERVACIONES

Cuatro microanálisis se presentan sobre esta muestra. El primero de ellos, sobre una zona amplia de la microestructura donde podían apreciarse algunos de los poros del resto y la estructura cristalina formada por agujas intercaladas de granos de mayor envergadura. El resultado aportó una buena señal de óxido de hierro sin rastro del cobre y con las típicas contaminaciones del sedimento.

Los otros tres microanálisis se efectuaron sobre una superficie mucho más pequeña, en un lugar donde parecían apreciarse las angulosas y llamativas uniones entre los diferentes granos.

Aun pensando que el microanálisis sobre esta zona aportaría unos resultados de la composición más pura, lo cierto es que los porcentajes no llegan a variar mucho. Salvo en el último caso donde la señal de hierro está mayormente representada en detrimento de otros elementos como el potasio o el calcio

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Fe
AR-23070/1	49,1	ND	4,9	18,1	0,71	ND	4,15	3,11	19,8
AR-23070/2	51	ND	3,66	18,0	ND	ND	3,41	1,19	22,6
AR-23070/3	53	ND	5,02	18,2	ND	0,54	4,19	1,72	17,2
AR-23070/4	47	0,7	0,93	13,6	ND	0,64	0,61	1,13	34,8

FOTOS

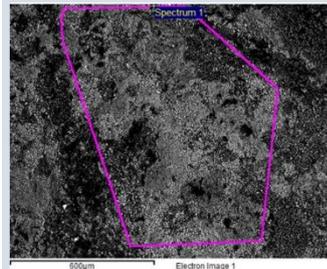


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, en el primer microanálisis.

OBSERVACIONES

Se realizaron sobre una zona amplia de la superficie debido a la heterogeneidad de elementos que se presuponian por la imagen virtual. Salvo la presencia del calcio en el primero de los microanálisis, el resto de elementos mantienen una clara similitud.

Si tenemos en cuenta que este último elemento y otros como el silicio, el titanio o el aluminio seguramente formen parte de la concreción del sedimento adherido a la muestra, podemos concluir que los elementos más característicos son el manganeso y el hierro.

La muestra parece estar formada de óxidos de hierro asociados a una buena cantidad de manganeso. Esto nos puede estar señalando la presencia de algún mineral rico en manganeso y hierro, asimilable a la roca natural de la cueva.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	K	Ti	Ca	Mn	Fe
AR-32508 / 1	47,7	0,46	4,21	6,84	1,63	1,73	0,41	15,8	13,9	7,17
AR-32508 / 2	52,1	0,63	3,94	9,14	1,51	1,52	0,36	ND	14,4	8,01

AR-2864

Se trata de un pequeño resto de forma cuasiesférica y similares características al resto 2752, también clasificado como escoria de hierro. Presenta una coloración agranada y una superficie lisa con la aparente inclusión de restos anaranjados y rugosos fundamentalmente sobre sus poros.

AR-3479

Este resto es curiosamente adscrito como metal de hierro. Presenta una superficie rugosa y coloración marrón con restos de concreción incrustada

FOTOS

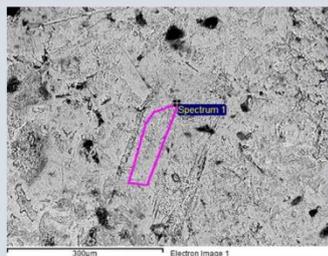


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, en el segundo microanálisis.

OBSERVACIONES

La imagen virtual del microscopio ofrece una visión bastante irregular de su superficie sin ningún elemento llamativo más allá de los poros o la diferencia en la unión cristalina entre zonas.

Los dos microanálisis realizados sobre un área más o menos amplia ofrecen unos resultados bastante homogéneos. Con una clara mayoría se representa el óxido de hierro con la siempre minúscula presencia de elementos característicos de la contaminación del sedimento entre los que destaca el silicio, el aluminio o el magnesio.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	Ca	Fe
AR-2864 /1	50,7	0,37	ND	1,46	0,24	0,25	46,1
AR-2864 /2	45,1	0,36	1,44	1,65	0,44	0,47	50,4

FOTOS



Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el segundo microanálisis.

OBSERVACIONES

La imagen virtual nos presenta una superficie mayormente homogénea de elementos con alto peso atómico salpicada por la presencia de grietas alargadas. Se han realizado dos microanálisis sobre zonas amplias de la muestra obteniendo unos homogéneos resultados.

Encontramos óxidos de hierro con un alto porcentaje seguidos de otros elementos comunes a otros análisis como el silicio, el fósforo o el calcio. Estos últimos seguramente nos indiquen la presencia de contaminación externa mientras el objeto en su composición más pura contiene altos niveles de hierro oxidado. Pudiendo ser, por ejemplo, un resto de mineral con alto contenido en hierro, posiblemente asociado a las rocas naturales de la cueva.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Mn	Fe
AR-3479/1	34,9	ND	0,95	0,99	2,68	1,12	0,67	2,82	0,84	54,9
AR-3479/2	29	0,25	0,54	1,54	3,37	1	1,32	2,85	0,82	58,8

AR-10754

Esta muestra forma un pequeño resto adsorbito como mineral con forma ovalada, coloración negruzca y superficie lisa.

FOTOS

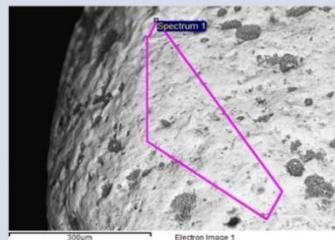


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el tercer microanálisis

OBSERVACIONES

La imagen microscopía nos presenta una superficie más o menos homogénea únicamente interrumpida por unos pequeños poros de tendencia circular. Se han realizado hasta tres microanálisis sobre zonas generales de esta microestructura.

Los tres microanálisis presentan unos resultados bien homogéneos, salvo la esporádica presencia del fósforo. Nuevamente aparecen los siempre presentes elementos de la contaminación de sedimento: silicio, aluminio, titanio etc. La composición mayoritaria son los óxidos de hierro destacando quizás la pequeña pero constante señal del manganeso.

Nos encontraríamos ante un mineral con alto contenido en hierro y relacionado con mineralizaciones más complejas con manganeso posiblemente ajenas a la cueva.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Al	Si	P	K	Ti	Ca	Mn	Fe
AR-10754/1	37	2,68	1,79	ND	0,26	0,39	0,57	0,71	56,5
AR-10754/2	36	2,52	1,56	ND	0,23	0,38	0,49	0,71	58
AR-10754/3	45,3	2,88	1,8	0,26	0,26	0,33	0,39	0,62	48,1

AR-25003

La muestra para analizar es un pequeño fragmento de los ocho que componen este resto. Presentan una superficie porosa y una coloración negruzca y es adsorbito como mineral-escoria.

FOTOS



Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el primer microanálisis

OBSERVACIONES

La imagen virtual presenta una superficie compleja con la presencia de una superficie agrietada y heterogénea que se ve interrumpida por grietas y grandes poros.

Los dos microanálisis se realizan sobre zonas muy amplias de la muestra debido a que no se encuentran elementos que llamen la atención dentro de la microestructura de este minúsculo resto. Los resultados ofrecen unos valores homogéneos salvo por la esporádica presencia del magnesio, el cloro o el titanio.

Podemos observar que el resto cuenta con mucha contaminación del sedimento debido a los altos valores de silicio o aluminio. Por lo demás, debemos concluir que este resto se trata nuevamente de una concreción calcárea debido a la considerable señal de oxígeno y calcio.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ti	Ca	Fe
AR-25003/1	65,3	0,3	1,21	4,21	9,98	0,79	0,14	2,14	0,22	11	3,82
AR-25003/2	65	1,36	ND	4,1	9,39	0,86	ND	2,14	ND	13,2	3,82

AR-2733

Dos fragmentos de morfología aplanada y coloración negruzca conforman este resto. Presentan lados y caras lisas y planas con aristas bien marcadas, si no fuera por su primera adscripción como escoria de hierro, pensaríamos que se tratase de un hueso quemado.

FOTOS

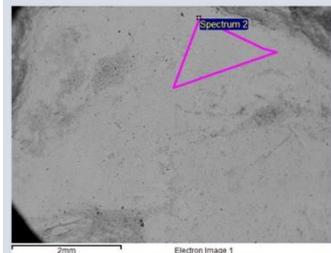


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el segundo microanálisis.

OBSERVACIONES

Se han realizado dos microanálisis generales sobre su superficie que como se observa en la imagen virtual, presenta un aspecto liso y homogéneo sin ninguna zona llamativa.

Los resultados parecen ser bastante homogéneos entre sí, salvo por el valor del manganeso. Obviando las pequeñas cantidades de los elementos presentes por contaminación externa, los verdaderamente destacados son el oxígeno, el fósforo y el calcio. Fuera quedaría ese relativo alto contenido de manganeso al que debería de darse una explicación.

Por todo ello, podemos confirmar la sospechada hipótesis que planteamos al principio, este resto ha resultado ser un hueso quemado que fue confundido durante su clasificación.

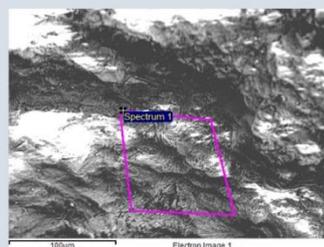
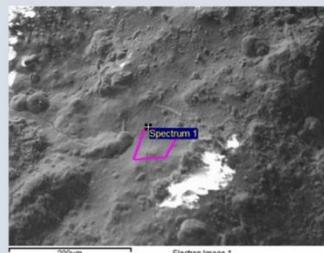
TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Mn	Fe
AR-2733 /1	51,1	0,35	0,5	0,68	1,47	13,4	0,56	29,8	1,49	0,57
AR-2733 /2	51	0,3	0,57	0,59	1,33	12,1	0,67	28,2	4,34	0,77

AR-8258

Esta muestra estaba compuesta por una roca que presentaba un pequeño resto verdoso pegado sobre su superficie que resultaba ser el punto de unión con otra roca de menor tamaño.

FOTOS



Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra, del segundo microanálisis (arriba) y del primero (abajo).

OBSERVACIONES

El último de los microanálisis fue sobre una zona amplia donde nuevamente aparecieron elementos comunes del sedimento y la suciedad del suelo. El segundo por su parte fue realizado sobre una zona de tendencia lisa y el primero sobre otra de carácter más rugoso a simple vista de la imagen virtual.

Por los resultados podemos deducir que la zona más lisa está conformada por algún resto de sedimento que tapa la superficie. La zona de superficie más rugosa parece ser el material más puro por la alta señal de otros elementos como el cobre, encontrándonos nuevamente con un claro óxido de cobre en esta muestra.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Fe	Cu
AR-8258/1	65,1	ND	0,4	0,49	ND	ND	ND	0,51	ND	33,4
AR-8258/2	69,4	ND	ND	17	ND	0,84	ND	0,46	ND	12,1
AR-8258/3	61,1	0,51	2,59	11,7	1,11	4,25	0,61	2,61	1,3	14

AR-2752

Este pequeño resto de superficie lisa y coloración rojiza y negruzca fue clasificado como escoria de hierro

AR-9956

Se trata de un pequeño resto de mineral irregular, de coloración negruzca y superficie enormemente porosa.

FOTOS

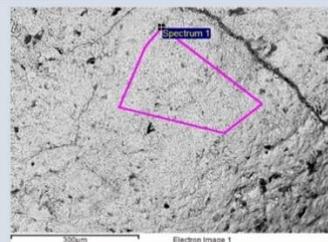


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, en el tercer microanálisis

OBSERVACIONES

Las imágenes virtuales presentan una superficie algo heterogénea en cuanto a elementos y se realizaron cinco microanálisis, los dos primeros sobre zonas más amplias y los tres últimos sobre zonas más concretas y reducidas.

Observando los resultados, se nota la mayor contaminación externa del silicio en los microanálisis de zonas amplias. Por lo demás, podemos percibir esa clara mayoría del óxido del hierro, con la extraña aparición del manganeso y el cobre en algunos de los microanálisis.

Los valores de estos elementos son infinitamente inferiores y la alternancia en su presencia pueden hacernos sospechar. Sin embargo, su sola presencia ya nos puede estar indicando que este resto, seguramente mineral, puede estar relacionado con otros donde el cobre o el manganeso sean mayoritarios; por tanto interesantes para su posible relación con las actividades humanas en la cueva.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Al	Si	P	K	Ti	Ca	Mn	Fe	Cu
AR-2752/1	38,1	1,17	2,54	0,66	0,37	ND	1,13	ND	55,9	ND
AR-2752/2	37,5	1,05	2,07	0,59	ND	ND	0,94	0,36	57,4	ND
AR-2752/3	31,4	11,3	1,05	0,41	ND	ND	0,9	ND	54,3	0,6
AR-2752/4	38,8	2,08	1,18	0,49	ND	ND	0,63	ND	56,8	ND
AR-2752/5	42	1,36	1,34	0,48	ND	0,37	0,68	0,57	53,1	ND

FOTOS

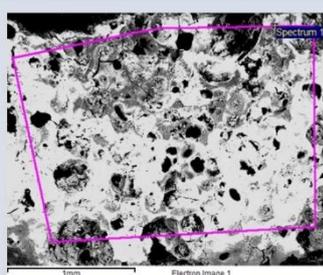


Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el segundo microanálisis.

OBSERVACIONES

Esta gran porosidad también puede percibirse en la imagen virtual del microscopio. Debido a que no parecían existir zonas diferenciadas en la microestructura, se realizaron dos microanálisis sobre zonas amplias de la superficie.

Los resultados parecen ser coherentes entre sí dejando ver que los elementos mayoritarios son el oxígeno y el calcio. Otros elementos ya conocidos vuelven a aparecer como el magnesio, el aluminio, el silicio o el hierro. De gran interés es, por el contrario, la insólita aparición del cobre en el segundo microanálisis, aunque en unas cantidades ínfimas.

Debido a la estructura y la composición mayoritaria de oxígeno y calcio, podemos concluir que este resto seguramente forme parte de la concreción calcárea producida por precipitación en la cueva. Sin embargo, debe darse explicación a la presencia aquí del cobre ya que podría tratarse de una contaminación externa de algún resto de metal en el sedimento o restos cercanos.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu
AR-9956/1	72	1,44	1,81	5,03	1,45	0,19	1,22	15,9	ND	0,83	ND
AR-9956/2	69	1,52	1,7	5,17	0,26	ND	1,32	17,2	0,27	0,74	0,37

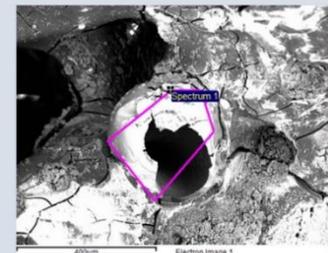
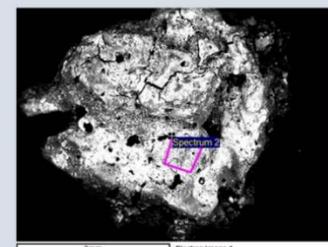
AR-10848

Se trata de un minúsculo resto de posible escoria de coloración grisácea brillante y superficie porosa con la segura inclusión de sedimento concreccionado.

AR-23075

Este pequeño resto de coloración negruzca y partes anaranjadas, que había sido primeramente clasificado como escoria de cobre, fue objeto de cuatro microanálisis

FOTOS



Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra, del segundo microanálisis (arriba) y del tercero (abajo).

OBSERVACIONES

La imagen virtual de la muestra nos presenta una superficie ciertamente regular salvo por los poros y algunos agrietamientos.

El primer microanálisis se realizó sobre una zona bastante amplia de la muestra para intentar captar todos los elementos presentes. El resultado ofrece un gran conjunto de elementos variados donde destaca el oxígeno y el calcio, lo que parece indicarnos que el resto responde a la concreción calcárea producida en la cueva por precipitación.

Otros elementos como el silicio, el fósforo, el potasio o el magnesio bien pueden estar indicando la contaminación del sedimento. Aun con ese bajo porcentaje, la presencia metálica del cobre queda probada.

Para intentar obtener unos porcentajes más puros de la composición de la pieza, se realizó otro microanálisis, esta vez sobre una zona más concreta. Sin embargo, los resultados obtuvieron unos similares porcentajes al microanálisis anterior.

Para terminar, se realizó un último microanálisis a una escala mucho más reducida y sobre una zona curiosa de la microestructura que tenía forma de bola. La idea era intentar obtener una señal más alta de cobre, sin embargo, los resultados ofrecieron unos porcentajes ligeramente parecidos a los anteriores, pero con una mayor concentración de oxígeno.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu
AR-10848/1	68,8	1,65	1,74	4,78	3,03	0,72	1,8	15,4	ND	0,81	1,19
AR-10848/2	67,3	1,33	2,02	5,86	3,39	0,5	1,76	15,6	0,26	0,93	0,99
AR-10848/3	71,9	1,24	0,77	1,66	5,87	0,5	1,1	16,4	ND	ND	0,45

FOTOS



Imagen virtual generada por MEB de la superficie de la muestra, durante el segundo microanálisis, se puede apreciar la microestructura de granos degradados.

OBSERVACIONES

La imagen virtual de la microestructura del resto revela la existencia de unos granos cristalinos bien definidos, aunque con una ligera degradación y fragmentación de la estructura completa.

Los cuatro microanálisis presentan una homogeneidad en los resultados que bien nos sirven para poder caracterizar la composición general del resto.

El óxido de hierro termina por ser el protagonista en todos los casos con más de la mitad del porcentaje. Aunque es cierto que este óxido también parece estar asociado con el cobre pues, aunque sus valores son mucho más bajos, su señal aparece en todos los microanálisis sin excepción.

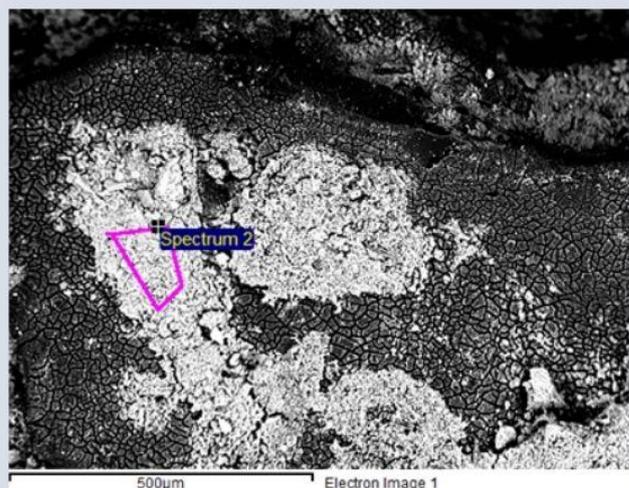
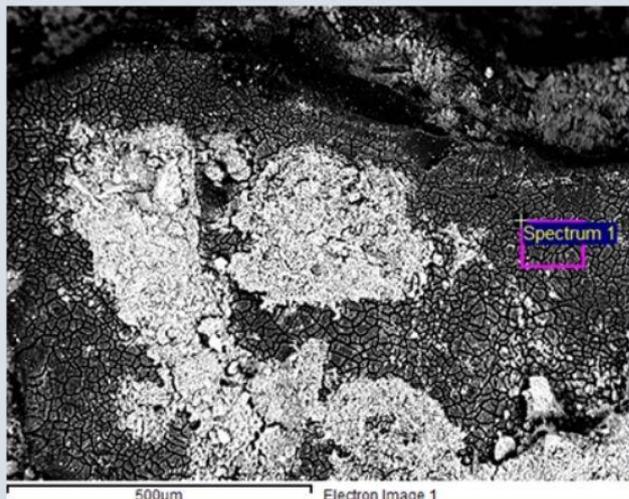
TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Mg	Al	Si	Ca	Fe	Cu
AR-23075/1	34,8	0,35	0,76	ND	ND	63,2	0,77
AR-23075/2	30,2	ND	0,54	0,26	ND	68,3	0,59
AR-23075/3	29,8	ND	0,74	0,64	0,35	66,9	1,48
AR-23075/4	31,4	ND	0,85	ND	ND	66,5	1,21

AR-28944

Este resto está formado por numerosos fragmentos de una posible escoria de coloración negruzca y de superficie muy porosa con inclusión de posibles restos de sedimento. La muestra que se utilizó fue el fragmento de mayor tamaño al igual que se hizo en el resto de análisis donde existían numerosos fragmentos pequeños.

FOTOS



Imágenes virtuales generadas por MEB de la superficie de la muestra, del primer microanálisis (arriba) y del segundo (abajo).

OBSERVACIONES

La imagen visible en el microscopio nos presenta una superficie heterogénea donde se alternan zonas de unos y otros elementos. La mayor parte de la superficie está formada por una estructura de granos agrietados y degradados salpicada por unas zonas de concentración de elementos con mayor peso atómico y estructura más homogénea

Se realizaron tres microanálisis sobre esta muestra, el primero de ellos sobre la superficie agrietada y más oscura de la imagen virtual y los dos posteriores sobre las zonas más clara y homogéneas de la imagen. Los resultados del primer microanálisis nos sorprenden con un alto porcentaje de oxígeno seguido del calcio.

El hierro, como único elemento metálico detectado, aparece con el porcentaje más bajo de los representados. Por otro lado, los resultados de los dos segundos microanálisis nos presentan la existencia de silicatos con un alto porcentaje de aluminio seguido del hierro.

TABLA RESULTADOS (Porcentaje de peso sobre el 100%)

ANALISIS	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ti	Ca	Fe
AR-28944 /1	74,2	ND	2,13	1,86	2,79	ND	2,12	ND	15,9	0,89
AR-28944 /2	60,4	ND	0,84	7,02	17,5	0,61	2,38	0,35	ND	3,71
AR-28944 /3	62,6	0,24	0,87	6,93	13,8	0,76	2,26	0,24	8,48	3,75