

Excelentísima Diputación Provincial de Burgos

MEMORIA DE ACTUACIÓN

**El inicio del Paleolítico superior en el interior de Iberia.
Intervención arqueológica en Cueva Millán y Cueva de La
Ermita (Hortigüela), campaña de 2023.**



Policarpo Sánchez Yustos

Universidad de Valladolid

(Investigador responsable del proyecto)

1. INTRODUCCIÓN: PROYECTO

En este apartado introductorio se presenta el proyecto “El inicio del Paleolítico superior en el interior de Iberia. Intervención arqueológica en Cueva Millán y Cueva de la Ermita (Hortigüela), campaña de 2023.” con el que el ayuntamiento de Hortigüela concurrió a la convocatoria de subvenciones para la realización de proyectos de excavación, prospección y documentación del patrimonio arqueológico y paleontológico de la provincia de Burgos, año 2023. Dicha convocatoria fue publicada en el Boletín Oficial de la Provincia nº 78 de fecha 25 de abril de 2023. Sirva dicha introducción como presentación de los objetivos y de las acciones e indicadores asociados a los mismos que la presente memoria tiene como finalidad justificar su ejecución y subvención. El presupuesto que se solicitó para su realización fue de 16.200 €, con el 41 % aportado por el municipio. La Junta de Gobierno de la Diputación de Burgos, en sesión celebrada el 23 de junio de 2022 acordó aprobar una subvención de 9.558 € con un importe a justificar de 16.200 €.

1.1. Descripción del proyecto

Durante las últimas décadas del siglo XX, se llevaron a cabo excavaciones arqueológicas en los yacimientos de Cueva de La Ermita y Cueva Millán (Hortigüela, Burgos). Estos trabajos fueron fundamentales para situar el valle medio del Arlanza como uno de los territorios peninsulares ocupados por los últimos neandertales. Según sus excavadores, la proximidad geográfica entre ambas cuevas y la presencia de niveles musterienses con características similares permitía formular la hipótesis de que las ocupaciones paleolíticas en ambas cavidades son contemporáneas y/o pertenecen a un mismo grupo cultural.

A pesar de los esfuerzos por establecer la cronología de ambos yacimientos, las dataciones obtenidas en aquel momento no fueron concluyentes respecto a la supuesta

contemporaneidad de ambos. En los años ochenta, se realizaron dos dataciones por C14 convencional en Millán, que situaron los niveles musterienses entre los 43-41 ka cal BP. En La Ermita, las primeras dataciones fueron descartadas por ser excesivamente recientes y no coincidir con su clasificación cultural (Musteriense). Con el objetivo de aclarar la cronología y geología del paquete sedimentario que contiene los restos musterienses, en 1992 y 1993 se realizaron nuevos trabajos en La Ermita. Se dató una muestra ósea por radiocarbono, obteniendo una fecha de unos 31 ka uncal BP, aunque se consideró demasiado reciente debido a la pobre conservación de la proteína. También se tomaron dos muestras de la costra estalagmita que cubre los niveles musterienses para su datación por U/Th, pero los resultados obtenidos resultaron sorprendentemente antiguos (101 ± 8 ka BP; 95 ± 5 ka BP). Posteriormente, otro equipo dató dos dientes de caballo procedentes de antiguas excavaciones de La Ermita mediante racemización de aminoácidos, obteniéndose fechas que sitúan los niveles musterienses en los primeros compases del Pleistoceno superior (128 ± 39 ka BP; 114 ± 41 ka BP). La aplicación de diferentes métodos de datación ha generado más incertidumbre que claridad sobre la cronología de los niveles musterienses de La Ermita y su supuesta contemporaneidad con Millán.

En los últimos años, un equipo de investigación liderado por el Dr. Policarpo Sánchez Yustos ha retomado la excavación e investigación de Cueva Millán. Los resultados de su trabajo han sido recientemente enviados para su publicación. Se trata de una investigación interdisciplinar que abarca diversas líneas de estudio, como los estudios líticos, geología, micromorfología, palinología, antracología, arqueo-magnetismo, arqueo-zoología, arqueología experimental, y dataciones por radiocarbono y luminiscencia. Las nuevas dataciones radiométricas sitúan los tres niveles paleolíticos de Cueva Millán entre los 56 y los 43 ka cal BP. Los conjuntos líticos recuperados en los niveles 1 y 2 se han clasificado como una nueva industria del Paleolítico superior inicial (PSI) denominada "Arlanziense", mientras que el conjunto lítico del nivel 3 se ha

clasificado como Musteriense. Si bien las nuevas dataciones de los niveles 1 y 2 son relativamente coherentes con las fechas existentes de C14 convencional obtenidas en los años ochenta, la clasificación cultural es significativamente diferente. No obstante, sobre esta última cuestión, es importante dejar constancia que el primer excavador de Millán mostró su sorpresa ante los numerosos objetos de tipo Paleolítico superior que documentó, llegando a sugerir que este yacimiento podía situarse en la base del Paleolítico superior.

El descubrimiento del Arlanziense marca un hito importante en la comprensión del Paleolítico superior inicial en la Península Ibérica. Esta industria, que ha sido identificada en los niveles 1 y 2 de Cueva Millán, es la evidencia más temprana y septentrional de este tipo en Iberia. Aunque esta industria no presenta paralelos en la Península, sin embargo, muestra importantes similitudes con industrias del complejo cultural denominado "Initial Upper Palaeolithic", vinculado con la expansión de *Homo sapiens* por Eurasia. Además, es significativo que los fabricantes de Arlanziense, que siguen siendo desconocidos en la actualidad, coexistieran con grupos neandertales geográficamente próximo, ya que esta industria del Arlanza precede al final del Musteriense en los territorios circundantes.

Actualmente, estamos trabajando sobre tres escenarios o mecanismos para explicar el origen y autoría del Arlanziense: (i) convergencia: grupos Neandertales del interior de Iberia que independientemente desarrollan innovaciones tecnológicas propias del PSI (ii) difusión démica o migración: grupos pioneros de *Homo sapiens* que con una tecnología del PSI se desplazan a la Península Ibérica desde Europa continental; (iii) difusión cultural: grupos Neandertales y de *Homo sapiens* que, en algún lugar de Europa occidental, se transfieren información tecnológica (y tal vez genética) y, posteriormente, alguno de ellos se desplaza al interior peninsular.

1.2. Objetivos

En virtud de los nuevos datos de Millán, consideramos imprescindible contrastar la hipótesis que sugiere que los niveles paleolíticos de La Ermita son contemporáneos a los de Millán y/o realizados por un mismo grupo cultural. En último término, el objetivo de la investigación conjunta de Millán y La Ermita es comprender el origen, formación y desarrollo del Arlanziense, así como identificar a sus fabricantes.

A partir de estos objetivos generales, en el presente proyecto planteamos los siguientes objetivos específicos:

(1) **Terminar de excavar el nivel 3 en el Sector 1 de Cueva Millán**, con una extensión aproximada de 2 metros cuadrados y un espesor máximo de 25 cm antes de llegar a la roca madre. Este nivel, clasificado como Musteriense, es clave para evaluar el escenario de convergencia, es decir, para determinar una posible continuidad poblacional y cultural entre los grupos musterienses y los arlanzienses.

(2) **En Cueva de La Ermita proponemos realizar un sondeo** y una planimetría de la planta de la cavidad con la localización de la excavación antigua y el nuevo sondeo. Este último estará localizado al pie en la plataforma de acceso, junto a la actual boca de la cueva. El objetivo de este sondeo es conocer la secuencia arqueo-sedimentaria, recuperar restos óseos para datar por radiocarbono y artefactos líticos para establecer una atribución cultural de los niveles excavados. Por otro lado, los restos óseos también nos informaran de las estrategias subsistenciales de estos grupos de cazadores y recolectores y del medioambiente que les rodeaba. Asimismo, la realización de este sondeo nos permitirá muestrear los perfiles para obtener información paleoambiental (estudio de pólenes, carbones y fitolitos), cronológica (datación por OSL) y sobre los procesos de formación del yacimiento (micro-morfología de suelos y arqueomagnetismo). En suma,

proponemos realizar una investigación interdisciplinar en La Ermita, con el mismo equipo científico que está investigando en Millán.

(3) Planteamos la realización de un **programa experimental dedicado al calentamiento controlado de rocas** para evaluar la hipótesis del tratamiento térmico intencional para la talla. En Cueva Millán hemos documentado numerosos artefactos de sílex que presentan signos evidentes de termoalteración, sin embargo, esto no lo hemos registrado en los artefactos realizados en cuarcita. Esto nos hace sospechar de un posible tratamiento térmico intencional en el caso del sílex. Esta cuestión es relevante pues hasta la fecha este comportamiento únicamente se ha registrado en Homo sapiens. En caso de confirmarse esta hipótesis, se verían reforzados los escenarios difusionistas sobre el origen del Arlanziense.

1.3. Interés científico

Resolución de cuestiones relevantes sobre la investigación histórica

En el presente proyecto abordamos la resolución de las siguientes cinco cuestiones que son de gran relevancia para los estudios paleolíticos ibéricos:

- (1) ¿Cómo se inicia el Paleolítico Superior en la Península Ibérica? Según el actual estado de la cuestión, el Paleolítico Superior debuta con el Auriñaciense y el Chatelperroniense, ambas industrias son de naturaleza intrusiva en el registro arqueológico ibérico. El Arlanziense es una industria anterior, este hecho obliga a revisar y reformular este postulado.
- (2) ¿Cuándo se inicia el Paleolítico Superior en la Península Ibérica? Según el actual estado de la cuestión, el Paleolítico Superior aparece en torno a los 43 ka cal BP. El Arlanziense está datado en Millán entre los 49 y los 43 ka cal BP, este hecho obliga a revisar y reformular este postulado.

- (3) ¿Dónde aparece el Paleolítico Superior en la Península Ibérica? Según el actual estado de la cuestión, la Región Cantábrica es donde se localizan los primeros testimonios. El Arlanziense está localizado en el interior de la Península, este hecho obliga a revisar y reformular este postulado.
- (4) ¿Qué papel jugaron los neandertales en el origen Paleolítico Superior en la Península Ibérica? Según el actual estado de la cuestión, algunos neandertales tardíos pudieron fabricar industrias del Paleolítico Superior (ie., el Chatelperroniense), pero lo hicieron al entrar en contacto con los *Homo sapiens* (aculturación) y no como resultado de un proceso de innovación independiente. Nuestra investigación sobre el Arlanziense puede ofrecer nueva luz a esta cuestión.
- (5) ¿Coexistieron e interactuaron Neandertales y *Homo sapiens* en la Península Ibérica? Según el actual estado de la cuestión, ambas especies coexistieron únicamente en la Región Cantábrica y durante un breve periodo de tiempo, inferior a un milenio y hace aproximadamente 43.000 años. En concreto, la coexistencia fue entre grupos Chatelperronienses (supuestamente Neandertales) y grupos Auriñacienses (*Homo sapiens*). El Arlanziense nos informa que sus autores (descocidos por ahora) coexistieron en territorios interiores de Iberia con los últimos Neandertales que fabricaban Musteriense. Esta coexistencia ocurrió aproximadamente entre los 49 y los 43 ka cal BP. De este modo, por primera vez se ha demostrado que durante la Transición del Paleolítico Medio al Superior grupos humanos con diferentes culturas coexistieron en el interior de Iberia, hasta entonces considerado como una zona alejada de las transformaciones que marcan el comienzo del Paleolítico superior.

Utilización de metodología innovadora

Proponemos la implementación de los siguientes cuatro ítems que suponen un avance metodológico significativo:

- (1) Durante la excavación, el registro de los materiales arqueológicos se realizará en soporte digital.
- (2) Mediante la tecnología LIDAR, se generan modelos 3D de la cata y sus perfiles, así como de eventuales concentraciones o estructuras.
- (3) La siguiente información arqueológica se integrará en el entorno web creado el año pasado para esta finalidad: hojas de campo, datos de la estación total, fotografías, planimetrías, fotogrametrías, base de datos para el análisis de materiales arqueológicos, etc.
- (4) Para la datación por radiocarbono de los huesos se empleará la técnica de "single amino acid hydroxyproline", de muy reciente desarrollo, que otorga mayor fiabilidad y precisión en la datación de muestras que se encuentran muy próximas al límite de aplicación del radiocarbono. Tal es el caso de Cueva Millán y, previsiblemente, de Cueva de la Ermita.

Aspectos novedosos en la investigación arqueológica provincial

Los tres aspectos novedosos de nuestra investigación a escala provincial son:

- (1) Testar la hipótesis según la cual las secuencias paleolíticas de Cueva Millán y Cueva de La Ermita son contemporáneas.
- (2) Testar la hipótesis según la cual las ocupaciones paleolíticas de Cueva Millán y Cueva de La Ermita son obra de un mismo grupo cultural.
- (3) Estudiar el origen del Paleolítico superior. Cueva Millán ofrece la primera evidencia de Paleolítico Superior en la provincia de Burgos, en Castilla y León y en la Península Ibérica. El valle del Arlanza, en concreto Millán y La Ermita, nos permite investigar cómo fue el proceso de reemplazo bio-cultural a escala territorial que caracteriza la transición del Paleolítico medio al superior, cuestión sobre la cual apenas hay información en los territorios interiores de Península.

1.4. Planificación de la ejecución

Descripción básica del método a aplicar

La documentación de los restos arqueológicos recuperados durante la excavación se realiza en soporte digital. Por un lado, mediante una estación total se toman las referencias espaciales de cada resto y en aquellos con ≥ 20 cm se tomarán diferentes puntos de su contorno para su posterior dibujo digital de la planta de dispersión de restos. Por otro lado, la información de cada resto (nº de registro de la estación, fecha, nivel, sector, cuadro, orientación, pendiente, y tipo de material) se registra en una hoja de campo digital mediante el uso de una tablet. Cada resto se individualiza en una bolsa en la que se identificará el objeto con una etiqueta. Esta etiqueta se imprime en campo a través de una impresora de etiquetas con conexión bluetooth a la tablet.

Además del registro fotográfico del proceso de excavación, de los perfiles y de los materiales arqueológicos más destacados, mediante un dispositivo móvil con sensor LIDAR se realiza modelos 3D del área de superficie de excavación, de eventuales estructuras y concentraciones de materiales. Estos modelos 3D están georreferenciados mediante estación total.

Actuaciones previstas para la conservación y promoción del espacio

1. Jornada de puertas abiertas en Cueva Millán
2. Jornada de puertas abiertas en Cueva de La Ermita
3. Taller didáctico sobre la Prehistoria: la tecnología
4. Taller didáctico sobre la Prehistoria: la caza
5. Rueda de prensa para presentar los resultados de la campaña
6. Lona impresa para explicar los resultados obtenidos en Cueva Millán
7. Rueda de prensa y conferencia para presentar los resultados de la publicación

2. RESULTADOS: ACTUACIÓN ARQUEOLÓGICA

A continuación, pasamos a presentar los trabajos realizados según los dos objetivos marcados en el proyecto de investigación. En la medida de la posible se ha intentado acometer todas las actuaciones inicialmente propuestas, aunque adaptándose en tiempo y forma a la subvención concedida.

2.1. Excavación arqueológica del nivel 3 de Cueva Millán

Los trabajos de excavación en Cueva Millán se realizaron entre el 4 y el 14 de agosto de 2023. El equipo de trabajo estuvo compuesto por 4 personas, dirigidas por el profesor de la UVa Policarpo Sánchez Yustos, titular del permiso de la intervención arqueológica y responsable científico técnico del proyecto.

La excavación se centró en el Sector 1B (S1B) que se corresponde con la parte más septentrional de la excavación de los años ochenta, en concreto, con las cuadrículas 8C, 9C, 8D y 9D. En la campaña de 2019 nos dimos cuenta que en esta parte de la antigua excavación no se había alcanzado la roca madre y, por tanto, no se terminó de excavar el nivel 3 (N3). Precisamente, el espesor de N3 aumenta en esta área debido a un marcado buzamiento; mientras que N3 apenas está representado en el interior del abrigo, su espesor alcanza casi los 40 cm en la zona exterior.

En la presente campaña, el trabajo se centró en lo que restaba por excavar de N3 en S1B (Anexo 1 y 2), que se correspondía aproximadamente con los cuadros 9C y 9D de los años ochenta. Debido al buzamiento comentado, el espesor excavado varió entre los 5 y los 38 cm. Una vez se alcanzó la roca madre en toda la extensión de S1B, se procedió a perfilar. Esta labor fue relativamente intensa, ya que los perfiles de S1B se correspondían con los de la antigua excavación y estaban parcialmente erosionados. Esto nos obligó a excavar el perfil norte ya que sobresalía unos 17 cm con respecto al

perfil norte de S1A. De este modo completamos la excavación de S1 que presenta una extensión de 6m² (Anexo 3 y 4).

En total se han posicionado con estación total 252 items arqueológicos. La mayor parte proceden de N3, aunque también hay restos de N1 y alguno en N2 recuperados durante la excavación del perfil norte (Anexo 5). En cuanto a los elementos líticos, predominan los restos de talla (debris) y las lacas en N1 y N3 (Anexo 6). Sin embargo, hay una notable diferencia en el uso de materias entre niveles: la cuarcita domina en N3 y el sílex en N1 (Anexo 7). Los elementos tecno-tipológicos identificados de manera preliminar en el conjunto lítico de N3 sugiere que se trata de un nivel Musteriense con una destacada presencia de la talla Levallois (Anexo 8). El conjunto faunístico se encuentra altamente fragmentado, con una abundancia de diáfisis. Hasta que se realice un estudio detallado, es muy difícil realizar precisiones taxonómicas.

En el perfil oriental de S1B, durante los trabajos de perfilado, aparentemente en la interfaz entre N2 y N3 apareció en sección los restos de un hogar de unos 60 cm de longitud (Anexo 9). Afortunadamente, el extremo distal del hogar ha quedado expuesto en el perfil, lo que nos permite poder excavarlo en planta la próxima campaña. Todos los perfiles de la excavación han sido cubiertos con geotextil, aunque debemos recordar que el abrigo cuenta con una cubierta que le protege.

Con la finalidad de demostrar que se trata de una estructura combustión, se recogió muestra suelta de sedimento de control no quemado de la interfaz N2/3, así como de la facies oscura del hogar. En el laboratorio de paleomagnetismo de la Universidad de Burgos se realizaron diversos experimentos dirigidos a caracterizar las propiedades magnéticas (composición, concentración y granulometría) de ambas muestras. Los experimentos incluyeron la medida de la magnetización remanente isoterma (IRM), ciclos de histéresis ($\pm 1T$), curvas de *backfield* y curvas termomagnéticas. Estos

experimentos fueron realizados sobre muestra suelta (~ 400 mg) de cada muestra recogida y se analizaron con una balanza de traslación del campo magnético variable.

El Anexo 10 ilustra una curva termomagnética de (a) la muestra de control no quemada y (b) la muestra del hogar, ambas dominadas por magnetita (Temperatura de Curie o T_c = 580 °C). Cuando se analizan materiales quemados, las curvas termomagnéticas son útiles porque en determinadas circunstancias, permiten verificar si el material ha experimentado algún proceso de calentamiento e, incluso, llegar a determinar la temperatura. Si se compara la intensidad (eje Y) de ambas curvas del Anexo 10, se observa cómo la muestra del hogar (Anexo 10b) es casi el doble de magnética que la no quemada (Anexo 10a). Es decir, el calentamiento experimentado por la muestra del hogar ha generado más producción de magnetita y por eso, su concentración e intensidad, es mayor. Además, es muy interesante observar cómo la reversibilidad (grado de coincidencia entre los ciclos de calentamiento y enfriamiento) es total en la muestra del hogar (Anexo 10b) frente a su homóloga no quemada (Anexo 10a). Eso indica que la muestra no se ha alterado mineralógicamente al recalentarla en el laboratorio hasta 700 °C, por lo que es muy probable que esa muestra, alcanzase esa temperatura cuando fue calentada arqueológicamente.

Durante la campaña de excavación en Cueva Millán también se desplazó la terrera. Inicialmente estuvo junto a S1, pero este año se desplazó fuera del yacimiento, junto a la puerta de entrada a este espacio arqueológico donde existe un marcado desnivel y una amplia área despejada.

2.2. Excavación arqueológica de Cueva de La Ermita

Como explicábamos en líneas anteriores, inicialmente proponíamos realizar un sondeo en la plataforma de acceso, junto a la actual boca de la cueva. Tras una inspección detallada de esta zona, decidimos trasladar el sondeo al interior de la cavidad, entre la

pared izquierda del tubo de acceso de la cavidad y la antigua excavación (Anexo 11). La primera razón, es que la plataforma de acceso a la cavidad muestra evidencias de sendos encostramientos y bloques que podrían obstaculizar seriamente las labores de excavación. En segundo lugar, el espacio elegido, denominado Sector 1 (S1), contiene el paquete sedimentario intacto y aparentemente está libre de bloques.

De este modo, se procedió al acondicionamiento de S1 en el que se intervinieron unos 4 m². Los trabajos de excavación se realizaron entre el 14 y el 24 de agosto de 2023. El equipo de trabajo estuvo compuesto por 4 personas, dirigidas por el profesor de la UVA Policarpo Sánchez Yustos, titular del permiso de la intervención arqueológica y responsable científico técnico del proyecto.

La actuación se centró en la parte alta de la secuencia. En primer lugar, se procedió a levantar parte de la plancha estalagmita que se encuentra a techo de la secuencia, denominada Nivel 1 (N1), se localiza próxima a la boca y no cubre S1 (Anexo 11). Esto nos permitió confirmar que el nivel inferior, nivel 2 (N2), estuvo inicialmente cubierto por N1 aunque actualmente no lo esté en S1.

En total se han posicionado con estación total 203 ítems arqueológicos. La mayoría proceden de N2 que es donde se concentraron las labores de excavación, aunque también se documentó algún resto en N1 y uno en N3 (Anexo 12). En cuanto a los elementos líticos en N2, predominan las lascas y los debris, al tiempo que son relativamente abundantes los núcleos (Anexo 13). El sílex y la cuartita son las materias primas empleadas con una representación muy pareja, tal y como se aprecia en las lascas y los núcleos (Anexo 14). El conjunto faunístico se encuentra altamente fragmentado, con una abundancia de diáfisis. Hasta que se realice un estudio detallado, es muy difícil realizar precisiones taxonómicas.

Durante los trabajos de excavaciones descubrimos una nueva sala con materiales arqueológicos en su superficie que estaban asociados a madrigueras. A este espacio, denominado “Sala Moure”, actualmente se accede por una pequeña oquedad que se encuentra en la pared derecha una vez que la galería de acceso a la cavidad se abre para dar paso a una gran sala (Anexo 15). En nuestras inspecciones comprobamos que esta sala conecta con la mencionada galería de acceso, pero al encontrarse colmatada de sedimento este contacto pasa desapercibido (Anexo 16). De tal modo, creemos que la Sala Moure debió tener acceso al exterior, formando parte de la entrada original que fue parcialmente colmatada por sedimento y una plancha estalagmita actualmente documenta en S1 (N1) (Anexo 17). En el siglo XIX se dinamitó la entrada, que debía ser significativamente más pequeña que la actual, para generar una entrada artificial más amplia.

En total se han recogido 295 materiales líticos, además de más de una centena de fragmentos óseos, sin contexto estratigráfico en la Sala Moure. Las características de estos artefactos son similares a las que presentan los recuperados en S1/N2. Actualmente se está trabajando en un estudio geológico para correlacionar la secuencia estratigráfica de S1 con la Cámara Moure. No obstante, es necesario continuar con los trabajos de excavación ya que la superficie de intervención en S1 es muy reducida tanto vertical como horizontalmente, mientras que en la Sala Moure no se ha realizado ninguna excavación.

2.3. Prospección geofísica

Son varias las razones que nos animaron a plantear una prospección geofísica en la plataforma de acceso a la Cueva de La Ermita una vez que terminamos la campaña de excavación de 2023.

En primer lugar, el descubrimiento de la Sala Moure nos lleva a plantear la hipótesis de que la entrada original a esta sala sería desde el exterior o bien que la entrada original a la cavidad fue significativamente diferente, más grande, a la que existe en la actualidad y por tanto la Sala Moure y el actual pasillo de acceso formarían parte de un gran vestíbulo de acceso al interior de la cavidad. En segundo lugar, estamos interesados en conocer la potencia sedimentaria de la Sala Moure. En tercer lugar, nos parece fundamental conocer el potencial arqueológico que puede contener la plataforma de acceso a la Cueva ya que puede formar parte de ese gran vestíbulo de acceso al que hacíamos alusión.

Este trabajo se encargó a la empresa OCSA-Estudios geofísico y se realizó los días 20 y 27 de noviembre. OCSA nos presentó los resultados de este trabajo en un informe técnico (ver anexo 25). Las conclusiones que podemos extraer de este estudio son:

- El paquete sedimentario de la Sala Moure parece mayor que el existente en el actual pasillo de entrada, aunque no se ha podido determinar su espesor exacto y únicamente se sabe que es $\geq 1,5$ m.
- La plataforma exterior contiene un paquete sedimentario bastante uniforme por toda su extensión de aproximadamente 0,6 m de espesor y muestra una clara continuidad con el paquete sedimentario del pasillo de acceso.

Estas conclusiones serían compatibles con la hipotética existencia de gran vestíbulo de acceso a la actividad, a modo de gran abrigo rocoso que conectaría con el interior de la cavidad. Este gran vestíbulo estaría formado por el actual pasillo de acceso, la Sala Moure y la plataforma de acceso, parte de la cual estaría cubierta por la visera de dicho abrigo y otra parte a cielo abierto. Por otro lado, se puede deducir que la plataforma de acceso puede contener una secuencia arqueo-sedimentaria relacionada con la registrada en el pasillo de acceso. Por último, debemos mencionar que el georradar ha

detectado una estructura o elemento enterrado en la parte interior de la cavidad. Sugerimos que podría corresponder a un silo o, tal vez, un enterramiento.

Es necesario recordar que este trabajo de prospección geofísica no estaba propuesto inicialmente. Sin embargo, hemos considerado este trabajo conveniente para comprender la estructura morfokárstica de la cavidad y, de este modo, poder valorar con criterio el potencial arqueológico del yacimiento y orientar los trabajos futuros. Esta decisión ha supuesto que tengamos que prescindir de otras acciones previstas, como es el trabajo experimental de calentado de sílex.

2.4. Actuaciones para la promoción del yacimiento

Se ha llevado a cabo un programa de actuaciones destinadas a la promoción de los yacimientos de Cueva Millán y Cueva de La Ermita. Durante la campaña arqueológica se realizaron dos talleres didácticos de carácter experimental (talla lítica) y práctico (lanzamiento de venablos) los días 9 y 10 de agosto (Anexo 18 y 19). Al final de campaña, se realizaron jornadas de puertas abiertas en Millán y La Ermita los días 21 y 22 de agosto para dar a conocer los resultados de la campaña (Anexo 20 y 21). Con esta finalidad, también se concedió una entrevista al Diario de Burgos el 23 de agosto que fue publicada tanto en papel como online (Anexo 22). Asimismo, el Diario de Burgos sacó una nota de prensa para informar sobre la realización de los talleres de Prehistoria que organizamos. Todas estas actividades fueron promocionadas tanto en las RRSS del Ayuntamiento de Hortigüela como en las RRSS del equipo de trabajo.

Como medida de promoción, se organizó una reunión a tres bandas: dirección del Parque Natural Sabinas del Arlanza-La Yecla, Ayuntamiento de Hortigüela y la dirección del proyecto arqueológico de Cueva Millán y Cueva de La Ermita. El objetivo era dar a conocer la relevancia de estos yacimientos y buscar medidas conjuntas de promoción de los mismos. En primer lugar, para Cueva Millán, se acordó buscar ayudas

para generar un itinerario explicativo, con paneles y otros elementos informativos, a lo largo de la senda que conduce a los Riscos del Estillín y a pie de yacimiento. Posteriormente, desde el Parque se nos informó que habían pedido una partida presupuestaría con este fin. Una vez que se resuelva y función de la cuantía concedida se determinará que elementos informativos y explicativos se colocan. Por otro lado, la dirección del Parque accedió a la petición de presentar en el Monasterio de San Pedro de Arlanza los resultados de la publicación científica que está pendiente de Cueva Millán. Esperamos que esta reunión y los contactos que le han seguido sean el primer paso para establecer una fructífera sinergia de colaboración entre diversos actores regionales, con el objetivo de promocionar el valor patrimonial de estos enclaves arqueológicos del valle medio del Arlanza.

3. TRABAJOS DE LABORATORIO

Los primeros trabajos de laboratorio se realizaron durante el periodo de excavación y, fundamentalmente, consistieron en el lavado de materiales. Un hueso sospechoso de que fuera humano encontrado en la Cueva de La Ermita se llevó al laboratorio de restauración del CENEIH con la finalidad de limpiar el sedimento encostrado que lo cubría parcialmente e intentar valorar su taxonomía (ver Anexo 26). Sin embargo, el fragmento es tan pequeño que no conserva ningún elemento diagnóstico definitorio.

Una vez en el taller de arqueología de la UVa se ha comenzado la documentación y análisis de los materiales arqueológicos consignado en la base de datos del proyecto (paleoarlanza.com) que este año se ha reestructurado para darle mayor complejidad y alcance, al tiempo que se ha alojado en un servidor privado. Asimismo, se han seleccionado 5 huesos (3 de La Ermita y 2 de Millán) para ser datados por radiocarbono mediante la técnica *single amino acid hydroxyproline* en el laboratorio de ORAU. Los resultados se esperan a mitad de 2024. Por último, se encargo a la empresa ACRE un

trabajo de gabinete para la elaboración de la planta y algunos alzados de Cueva de La Ermita. Este trabajo sigue en proceso y esperamos los resultados a principios de 2024.

4. MEMORIA DE GASTOS

La memoria de gastos está recogida en el Anexo 23 donde aparecen desglosados los importes de cada factura justificativa de las actividades ejecutadas según siete grandes conceptos. Estos conceptos se alinean con los objetivos del proyecto y, lo más importante, vienen a justificar que las actividades de dicho proyecto (descritas en el apartado anterior), que fundamenta la concesión de la subvención, han sido ejecutadas en tiempo y forma. El coste total del proyecto ha sido de 16.101,30 €.

A continuación, pasamos a describir brevemente los gastos asociados a cada concepto y su valor porcentual dentro del total de gastos (ver Anexo 24):

- **Manutención y alojamiento:** supone el 31% y está incluida la manutención y alojamiento del equipo de excavación.
- **Laboratorio:** supone el 26% y aproximadamente la mitad se corresponde con la datación de 5 muestras óseas para su datación por radiocarbono, y el resto son trabajos de gabinete de topografía y reestructuración, alojamiento y mantenimiento de la base de datos.
- **Trabajos de campo:** supone el 24% y una gran parte estuvo destinada a la prospección geofísica, el resto a la participación de un técnico del CENIEH en la campaña de excavación.
- **Material:** supone el 6% y estuvo destinada tanto a material inventariable como fungible necesario para el desarrollo de los trabajos de campo.
- **Transporte:** supone el 6% y estuvo destinada al alquiler de un vehículo durante el periodo de excavación y carburante.

- Alquiler de equipos: supone el 5% y estuvo destinada al alquiler de una estación total y un dispositivo móvil con Lidar para la realización de los trabajos de campo y documentación.
- Promoción: supone el 2% y estuvo destinada a la realización de dos talleres didácticos sobre Prehistoria en Hortigüela.

ANEXOS



Anexo 1. [Modelo 3D](#) del Sector 1B antes de empezar la excavación, nótese el buzamiento que presenta el Nivel 3



Anexo 2. Vista del Sector 1, con diferencia entre Sector 1A y Sector 1B (S1B). Nótese como S1B está en proceso de excavación.



Anexo 3. Vista del Sector 1 con la roca madre aflorando en toda la superficie.



Anexo 4. [Modelo 3D](#) del Sector 1 con la roca madre aflorando en toda la superficie.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Diente	1		4
Hueso	18	2	94
Lítica	48	4	81
Total	67	6	179

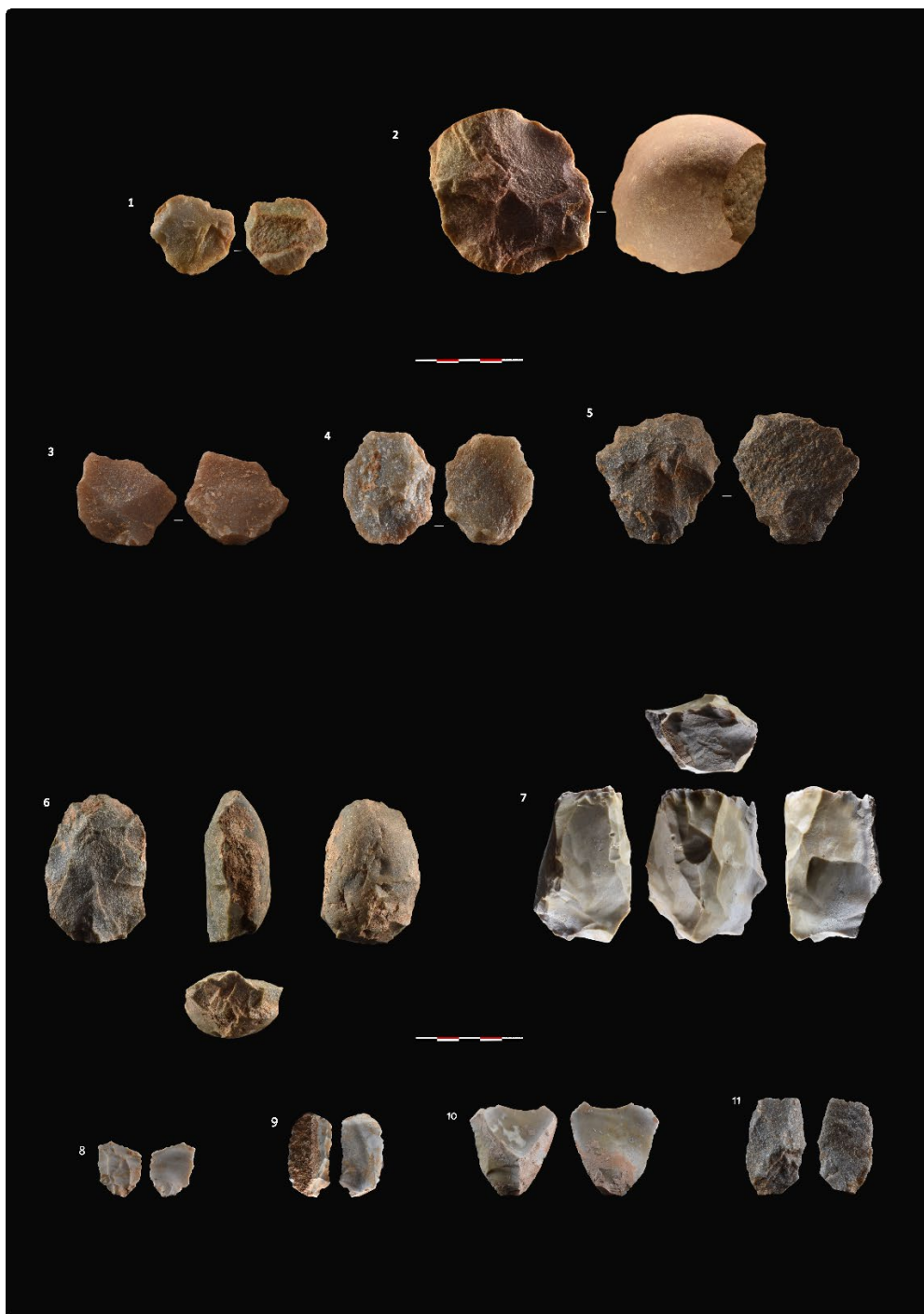
Anexo 5. Número y tipo de restos arqueológicos documentados con estación total

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Debris	36	2	24
Lámina	1	1	
Laminilla	1		
Lasca	10	1	52
Núcleo			2
Percutor			2
Fragmento			1
Total	48	4	81

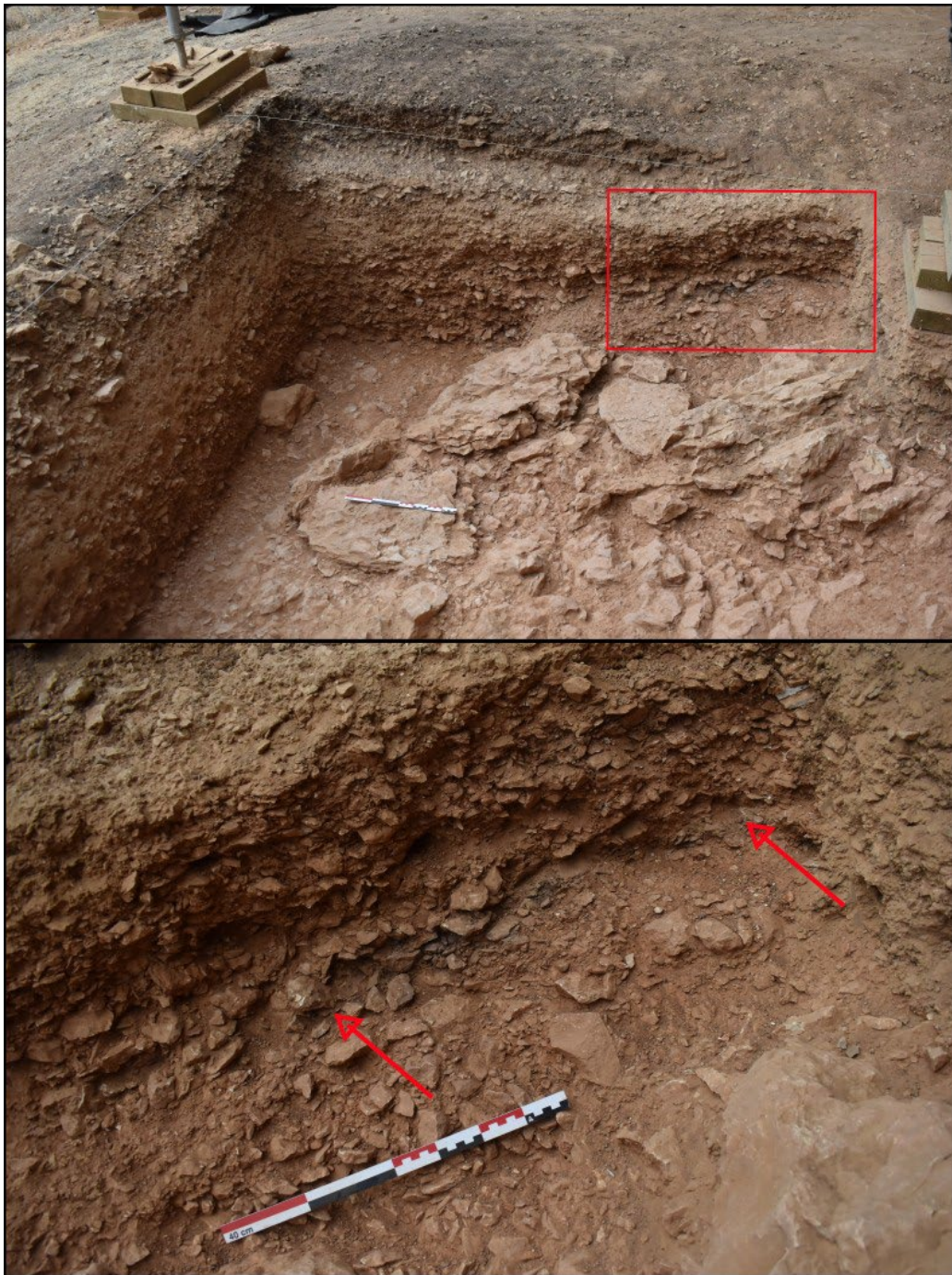
Anexo 6. Categoría de artefactos líticos según niveles

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Sílex	43	2	7
Cuarcita	5	2	72
Otras			2
Total	48	4	81

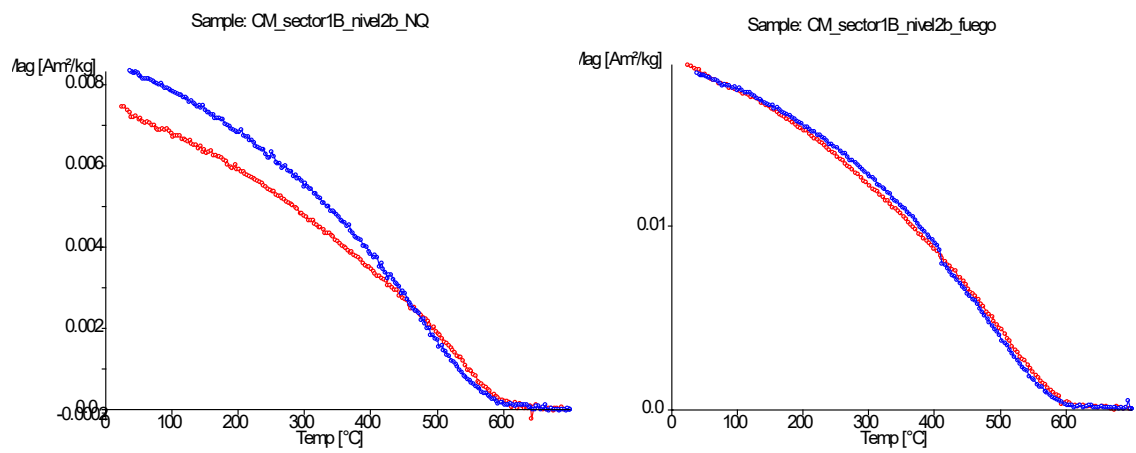
Anexo 7. Materias primas según niveles



Anexo 8. Artefactos líticos. Cueva Millán, Sector 1B, nivel 3: 1, núcleo Levallois; 2, núcleo centrípeto; 3-5, lascas Levallois. Cueva de La Ermita, Sector 1, nivel 2: 6, núcleo jerarquizado centrípeto; 7, núcleo jerarquizado unipolar; 8, 10 y 11 lascas simples; 9, raedera sobre lasca laminar.



Anexo 9. Localización de una estructura de combustión (hogar) en el perfil este del Sector 1, las fechas marcan los extremos de la estructura.



Anexo 10 (a-b). Curvas termomagnéticas de (a) sedimento de control no quemado y (b) muestra del hogar, ambas muestras son del mismo nivel.



Anexo 11. Galería de acceso a Cueva de La Ermita antes del comienzo de la excavación. El Sector 1 está delimitado en color rojo, la excavación de 1971 en color azul y las flechas marcan la localización de la plancha estalagmita (Nivel 1).

	Nivel 1/2	Nivel 2	Nivel 3
Diente			
Hueso	2	75	1
Lítica	4	121	
Total	6	196	1

Anexo 12. Número y tipo de restos arqueológicos documentados con estación total

	Nivel 1/2	Nivel 2
Debris		24
Lámina		2
Lasca	3	70
Núcleo	1	10
Percutor		6
Fragmento		9
Total	4	121

Anexo 13. Categoría de artefactos líticos según niveles

	Nivel 1/2	Nivel 2
Sílex	3	65
Cuarcita	1	55
Otras		1
Total	4	121

Anexo 14. Materias primas según niveles



Anexo 15. Entrada actual a la Sala Moure



Anexo 16. Vista de la galería de acceso a cavidad hacia la Sala Moure: la flecha blanca horizontal marca la entrada actual a la Sala Moure, la flecha blanca vertical señala la conexión con la sala Moure desde la galería de acceso, y las flechas rojas señalan la continuidad de la plancha estalagmita (N1) localizada en el Sector 1.



Anexo 17. Vista de la entrada a Cueva de La Ermita, las flechas negras señalan la posible entrada a Sala Moure que se encuentra cegada de sedime



TALLER
9 DE AGOSTO
2023

**"TECNOLOGÍA
PREHISTÓRICA:
DEMOSTRACIÓN
EXPERIMENTAL DE TALLA
LÍTICA Y PRODUCCIÓN DE
FUEGO"**

**LUGAR DEL TALLER:
PLAZA MAYOR DEL
PUEBLO.**

**A LAS
19:00 HORAS**

**ORGANIZA EL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**
EL INICIO DEL PALEOLÍTICO
SUPERIOR EN EL INTERIOR DE IBERIA.
INTERVENCIÓN ARQUEOLÓGICA EN
CUEVA MILLÁN Y CUEVA DE LA
ERMITA (HORTIGÜELA), CAMPAÑA DE
2023 (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)".

**FINANCIA EL
AYUNTAMIENTO DE
HORTIGÜELA Y LA
DIPUTACIÓN DE BURGOS**



**Diputación
de Burgos**

Anexo 18. Cartel del taller del día 9 de agosto de 2023.



**TALLER
10 DE AGOSTO
2023**

**"LA CAZA EN LA PREHISTORIA:
LANZAMIENTO DE
PROYECTILES DE CAZA"**

**LUGAR DEL TALLER
PARAJE LAS VIÑAS**

**A LAS
19:00 HORAS**

**ORGANIZA EL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN
EL INICIO DEL PALEOLÍTICO SUPERIOR EN EL
INTERIOR DE IBERIA. INTERVENCIÓN
ARQUEOLÓGICA EN CUEVA MILLÁN Y CUEVA
DE LA ERMITA (HORTIGÜELA), CAMPAÑA DE
2023 (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)".**

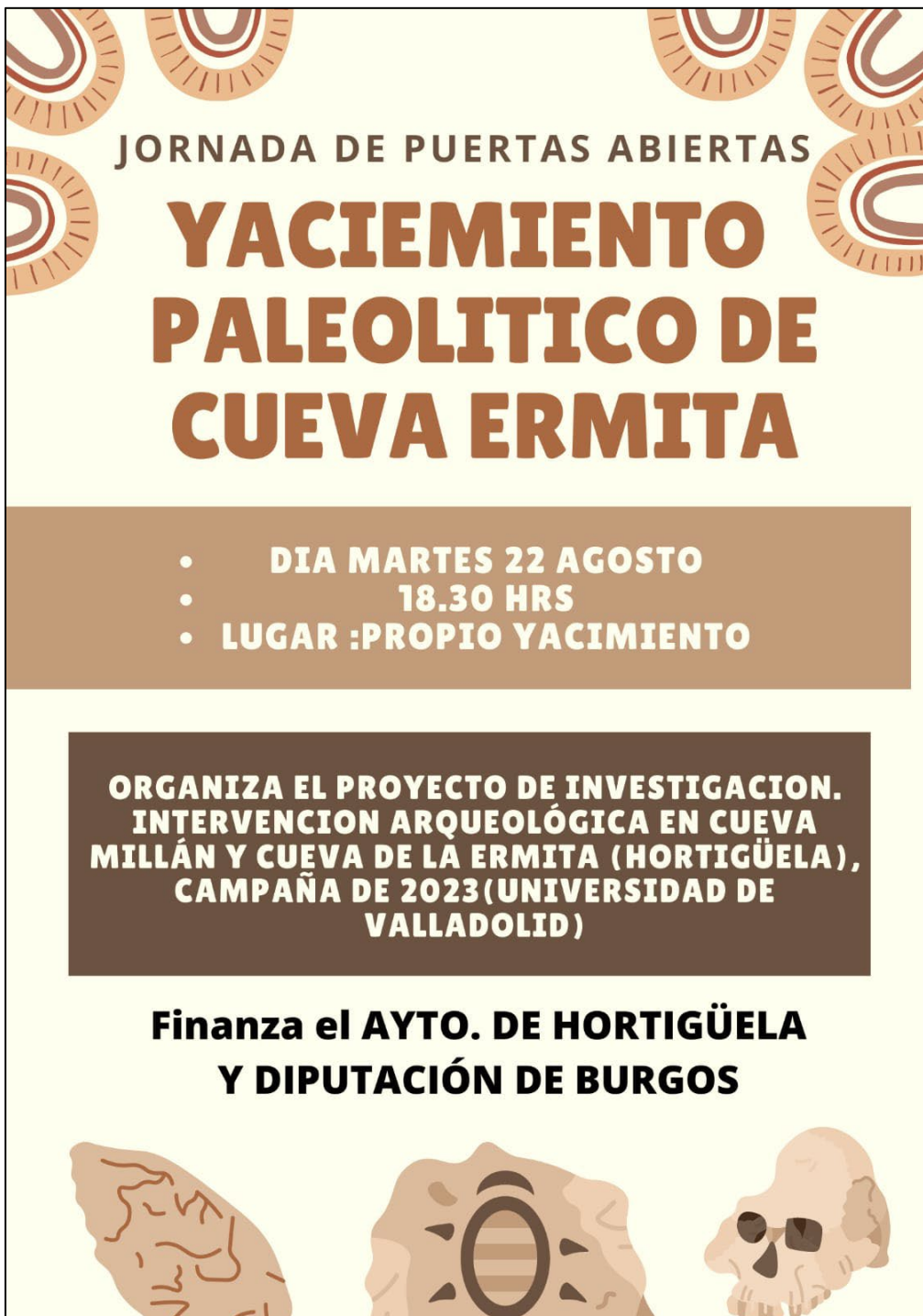
**FINANCIA EL AYUNTAMIENTO
DE HORTIGÜELA Y LA
DIPUTACIÓN DE BURGOS**



Anexo 19. Cartel del taller del día 10 de agosto de 2023.



Anexo 20. Cartel de la jornada de puertas abiertas en Cueva Millán.



Anexo 21. Cartel de la jornada de puertas abiertas en Cueva de La Ermita.



DEMANDA-PINARES

La Cueva de La Ermita oculta un gran potencial arqueológico

B.A. / Hortigüela - domingo, 27 de agosto de 2023

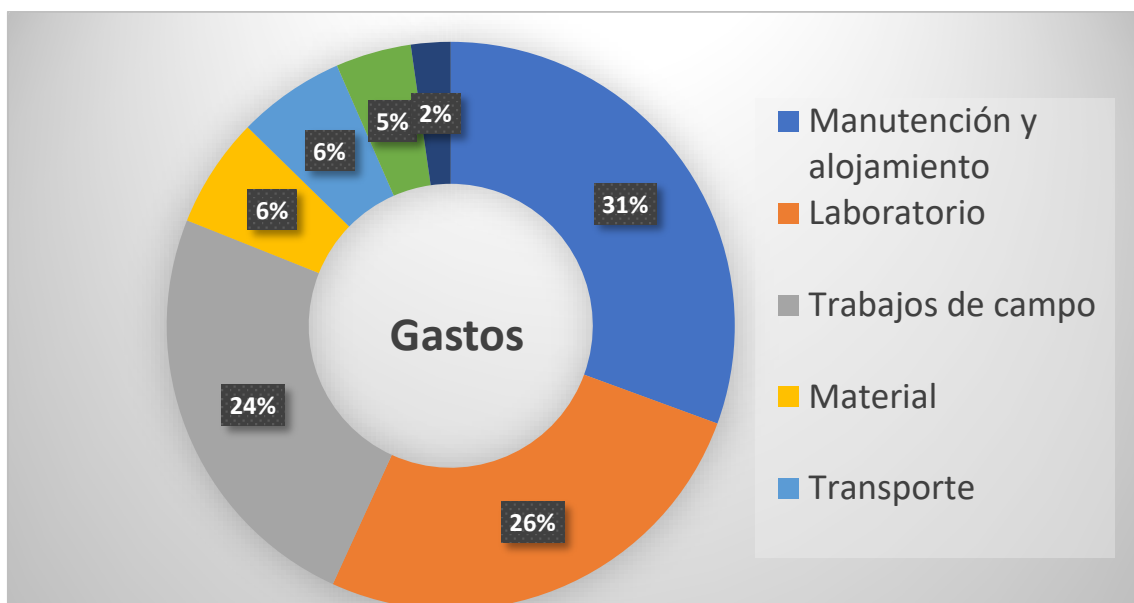
El equipo de Policarpo Sánchez se topó con ella cuando excavaba en el interior del yacimiento del Paleolítico Medio, en el que vivieron neandertales. Hasta la fecha había pasado desapercibida y podría superar los 30 metros



Anexo 22. Portada de la nota de prensa ([Enlace a la noticia](#))

CATEGORÍA	EMPRESA	€
Alquiler equipos	Grover	60,35
	Grover	104,9
	Grover	104,9
	ACRE	423,5
	Total parcial	693,65
Laboratorio	SIC	1.012,67
	Tic Tac	498,52
	ORAU	2.286,79
	ACRE	423,5
	Total parcial	4.221,48
Manutención y alojamiento	Taberna Moruga	3.200
	Casa Julita	1.620
	Lupa	5,29
	Flor de Escocia	81,6
	Marines de Lema	19,5
	Total parcial	4.926,39
Material	Bazar Chino	28,85
	Leroy Merlin	18,98
	ACRE	37,55
	NAMEN	565
	Orange SD	10
	123 Tinta	52,45
	123 Tinta	99,95
	123 Tinta	196,95
	Total parcial	1.009,73
Promoción	CENIEH	363
	Total parcial	363
Trabajos de campo	CENIEH	302,5
	OCSA Geofísica	3.599,75
	Total parcial	3.902,25
Transporte	Damacar	60
	Repsol	86,52
	Repsol	25,16
	Autos Castilla	813,12
	Total parcial	984,8
	Total	16.101,30

Anexo 23. Relación de gastos según partidas.



Anexo 24. Peso porcentual del presupuesto total según partidas.

ANEXO 25

ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE GEORADAR Y SÍSMICA MASW PARA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTO ARQUEOLOGICO EN CUEVA DE LA ERMÍTA. (HORTIGÜELA BURGOS)



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. EQUIPO TÉCNICO, INSTRUMENTAL Y SOFTWARE.....	3
2.1 MASW.....	3
2.2 GEORADAR	4
3. TRABAJO REALIZADO.....	5
3.1 MASW.....	5
3.2 GEORADAR	8
4. ELABORACIÓN DE DATOS, INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS.....	9
4.1 ELABORACIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN.....	9
4.1.1 Sísmica tipo MASW.....	9
4.1.2 Descripción de la técnica de georadar	15
4.1.3 Procesado de registros	17
5. RESULTADOS.....	20
6. PLANOS DE SITUACIÓN Y RESULTADOS	22

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe se refiere al reconocimiento geofísico realizado por OCSA Prospecciones y Estudios S.L. (**OCSA**), a petición del **DEPARTAMENTO DE PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**, para la caracterización de un yacimiento arqueológico en La cueva de la Ermita situados en el Término Municipal de Hortigüela, Burgos.



Figura 1. Desarrollo de los trabajos de campo.

La zona estudiada se encuentra distribuida en dos áreas donde se realizaron los trabajos, una en el exterior de la cueva y otra en el interior.

El objetivo del presente estudio consiste en caracterizar el yacimiento arqueológico, mediante la caracterización de la secuencia y potencia sedimentaria del entorno de la zona de excavación, tanto en el interior como en el exterior de la cueva (plataforma de acceso).

Para ello se diseñó una campaña de investigación geofísica utilizando la técnica de **Sísmica de tipo MASW** (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales), para obtener una distribución de velocidades de Ondas S (V_s) bajo los perfiles y poder diferenciar zonas más blandas o duras dentro del terreno, hasta una profundidad máxima aproximada de 4-5 metros.

Para complementar este estudio se realizó una campaña de **Georadar** para diferenciar el espesor del sedimento mediante la identificación del techo del sustrato rocoso.

Los trabajos de campo se realizaron el 20 y 27 de noviembre de 2023.



Figura 2. Emplazamiento de perfiles MASW y georadar.

Las mediciones realizadas, los resultados y conclusiones obtenidos constituyen el contenido del presente informe.

2. EQUIPO TÉCNICO, INSTRUMENTAL Y SOFTWARE.

El equipo técnico que ha intervenido en la realización de los trabajos de campo y en la interpretación de los datos geofísicos, ha estado formado por:

D. Daniel Bustillo Cancelas, Lcdo. en C. Geológicas.

D. Marcos D. Márquez Di Mella, Ingeniero Geofísico.

2.1 MASW

Las mediciones sísmicas en superficie se realizaron por el método de MASW con fuente de percusión (martillo de 5 Kg) golpeando sobre una placa de duraluminio, utilizándose un sismógrafo Smartseis de la marca Geometrics, de 24 canales, dotado de:

- Apilamiento de señales.
- Tratamiento individual por traza.
- Filtro antislape automático; filtros de corte bajo entre 10 y 400 Hz; filtro Notch de 50 y 60 Hz; filtros de corte alto de 250, 500 y 1000. Hz
- Control automático de ganancia.
- Amplificador IFP (Instantaneous Floating Point).
- Amplificador de ganancia de 0 a 96 db en pasos de 3db.
- Intervalo de muestreo de 25, 50, 100, 250, 500 y 1024 milisegundos.
- Se utilizaron geófonos de componente vertical de 4,5 Hz de frecuencia propia, y dos líneas o mangueras sísmicas.



Figura 3. Sismógrafo Smartseis de la casa Geometrics

El software utilizado en el procesamiento e interpretación de los datos de sísmica MASW ha sido el paquete comercial **SeisImager/SW, V 7.6**, de la casa **GEOMETRICS**.

2.2 GEORADAR

El instrumental utilizado en la toma de datos en campo consiste en un equipo de georadar constituido por los siguientes elementos:



Figura 4. Equipo utilizado en la adquisición de datos de georadar

- Consola SIR 4000 de GSSI. (Geophysical Survey System Inc).
- Antena digital de frecuencia dual 300-800 MHz.
- Cable de conexión entre consola y antena.
- Arnés y caja de transporte manual.

El software utilizado en el procesamiento e interpretación de los datos de Georadar han sido los programas RADAN 7 de GSSI y GPR-SLICE + Insights de Screeing Eagle.

Para la elaboración del presente informe, se han empleado los programas: Word y AutoCad.

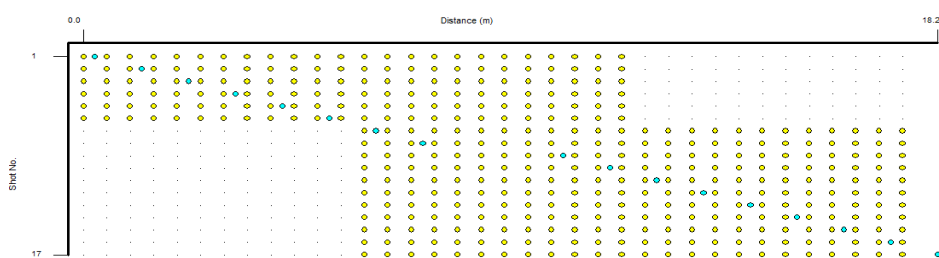
3. TRABAJO REALIZADO.

3.1 MASW

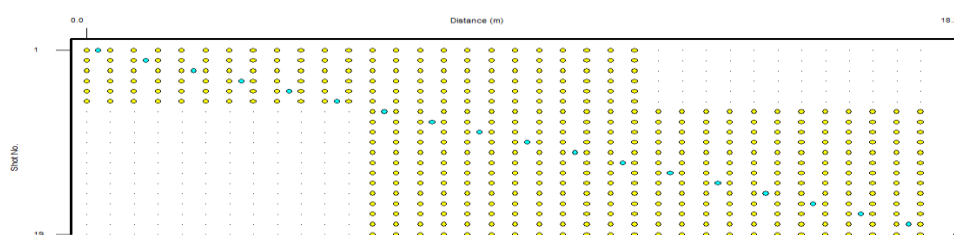
Se han realizado cinco perfiles de sismica MASW, con longitudes y espaciados diferentes, acondicionados al espacio disponible en cada caso e intentando distribuirlos en toda la superficie del yacimiento arqueológico.

Las geometrías de adquisición utilizadas se muestran en los siguientes gráficos. Los círculos azules muestran los puntos de tiro realizados y los círculos amarillos representan la posición de los geófonos. Donde las condiciones del terreno lo permitieron se realizaron tiros exteriores para obtener una mejor resolución, en el MASW-01 no se pudo realizar disparos entre los geófonos 16 y 21 debido a la presencia de un obstáculo vegetal en la línea del perfil.

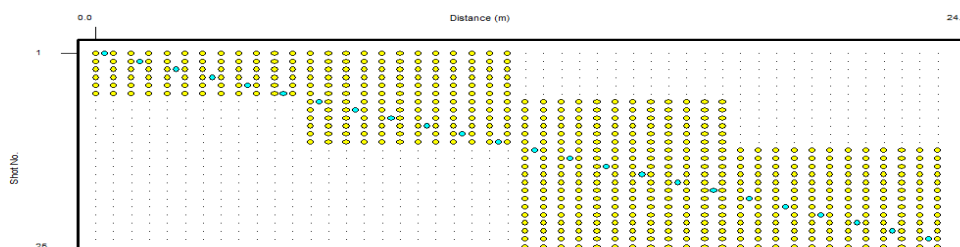
- MASW- 01



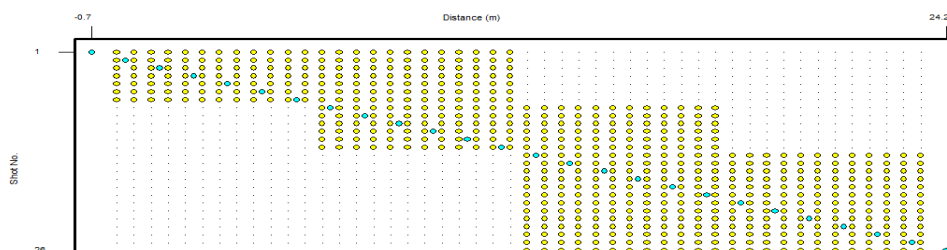
- MASW- 02



- MASW- 03



- MASW- 04



- MASW- 05

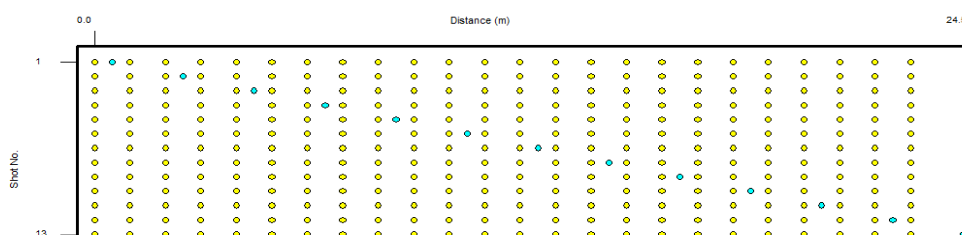


Figura 5. Dispositivos/geometrías utilizadas en la toma de datos de campo.

En total se han realizado 104.5 metros de investigación mediante perfil sísmico del tipo MASW.

La metodología de campo desarrollada en cada punto de tiro ha sido la siguiente:

1. Análisis del nivel de “ruido” y comprobación de respuesta de cada geófono.
2. Una vez obtenidos en cada tiro los registros generales de todos los canales utilizados, con el número de apilamientos necesarios, se analizó individualmente cada traza obtenida, con el fin de repetir el tiro, si era necesario, “fijando” los canales que se considerasen buenos. Esta operación se repitió las veces que fueron necesarias.
3. Finalmente, los registros obtenidos se almacenaron para su posterior tratamiento e interpretación.

En la gran mayoría de los perfiles, los gráficos de Velocidad / Frecuencia han sido de muy buena calidad.

Los perfiles dentro de la cueva han tenido particularidades en los gráficos de Velocidad/Frecuencia debido a la presencia de bloques de roca, esto provocó que el modulo fundamental no fuese continuo (Ver figura 6). Esta irregularidad nos ha permitido corroborar que **en la cueva no existe continuidad en el sustrato rocoso por lo que es factible pensar que esa zona haya sido removida con anterioridad.**

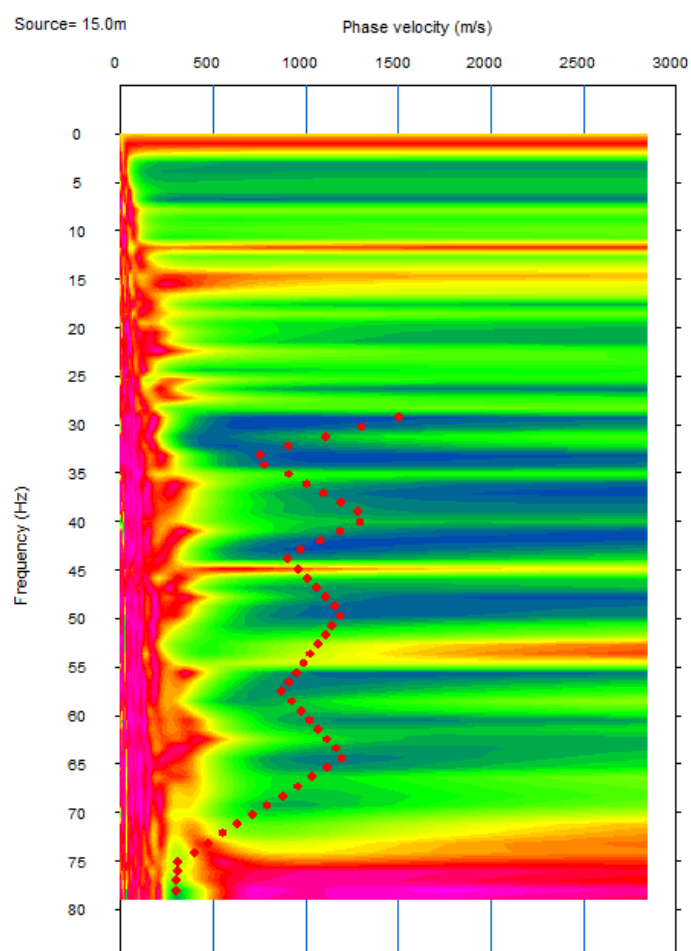


Figura 6. Ejemplo de grafico Velocidad / Frecuencia en el perfil MASW-03

3.2 GEORADAR

El trabajo ha consistido en la realización de una serie de perfiles de georadar, intentado detallar los contrastes de la zona y lograr una resolución aceptable.

Debido a la complejidad de la zona se realizaron perfiles en las áreas de mayor interés, tanto dentro como fuera de la cueva, con diferentes longitudes.

El total de perfiles realizados fue 35. La situación de dichos perfiles se evidencia en el plano de situación nº 1.



Figura 7. Adquisición de datos de Georadar tanto fuera como dentro de la cueva.

La distribución y situación de los perfiles de georadar se realizó con cinta métrica y marcas en el suelo.

4. ELABORACIÓN DE DATOS, INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS.

4.1 ELABORACIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN.

4.1.1 Sísmica tipo MASW.

Breve descripción de la Técnica de Análisis espectral de Ondas Superficiales MASW.

Las técnicas SASW (Spectral Análisis of surface Waves) y MASW (Multichannel Analisis of Surface Waves) extraen del análisis espectral de las ondas de superficie una estimación de la velocidad de propagación de las ondas S (V_s) con la profundidad.

El principio de las técnicas SASW y MASW está asociado al carácter dispersivo de las ondas de Rayleigh cuando atraviesan un medio estratificado. La dispersión ocurre cuando diferentes frecuencias viajan a diferentes velocidades. Incrementando la longitud de onda (por ejemplo, bajando la frecuencia) el Trayecto-Profundidad de la onda se incrementa. Basado en esta hipótesis es posible, analizando diferentes rangos de frecuencia/longitudes de onda, definir las propiedades acústicas del terreno a diferentes profundidades ya que diferentes frecuencias/longitudes de onda se propagan con diferente velocidad. La exploración SASW/MASW consiste en medir la velocidad de fase de las ondas de superficie para diferentes longitudes de onda. Estas medidas se usan para estimar la curva de dispersión del lugar estudiado. Las velocidades de fase son extraídas por medio de comparación directa y del espectro de amplitud de cada pareja de sismómetros. Los espectros se calculan en tiempo real usando un analizador de forma de onda capaz de llevar a cabo una transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform) en el dominio de las frecuencias (Park et al., 1997a).

La Exploración MASW se desarrolló inicialmente para evitar las dificultades del uso de la técnica SASW (que utiliza sólo dos receptores) en ambientes ruidosos. El registro simultáneo de 12 o más canales (espaciados de 0.5 a 10.0 m) facilita una redundancia en las medidas de la velocidad de fase cruzada y de la coherencia, mejorando la calidad de los datos, de esta forma las diferencias entre velocidades de fase cruzadas y de coherencia obtenidas de los registros SASW, pueden ser procesadas en busca de las propiedades de las ondas de Rayleigh. Usando un análisis armónico es posible mapear la relación velocidad de fase versus frecuencia.

Schematic diagram of data acquisition

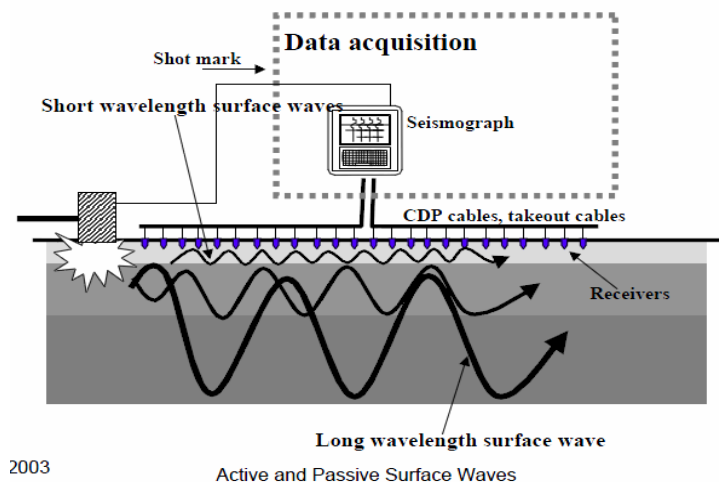
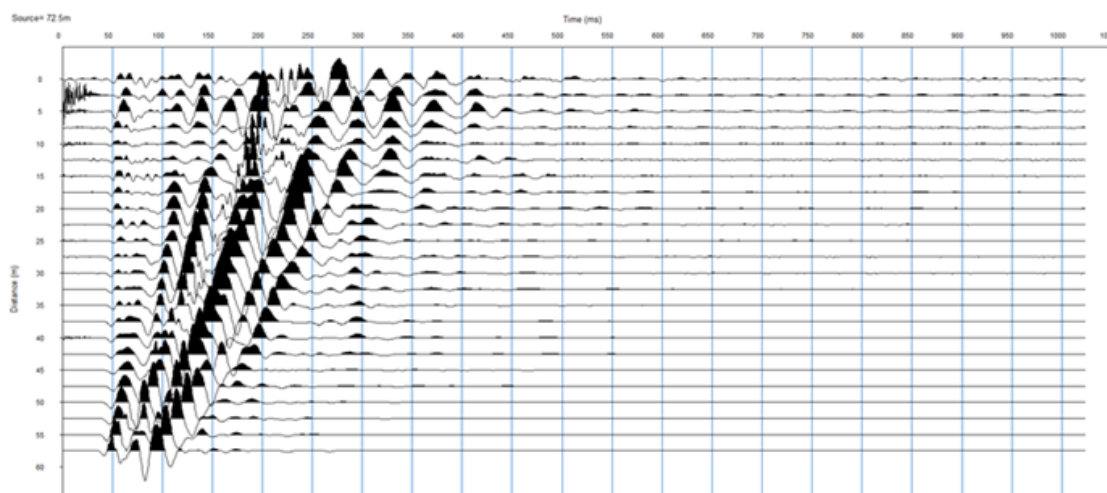


Figura 8. Esquema típico de MASW para un dispositivo compuesto por dos canales de registro. (Koichi Hayashi, SAGEEP 2003).

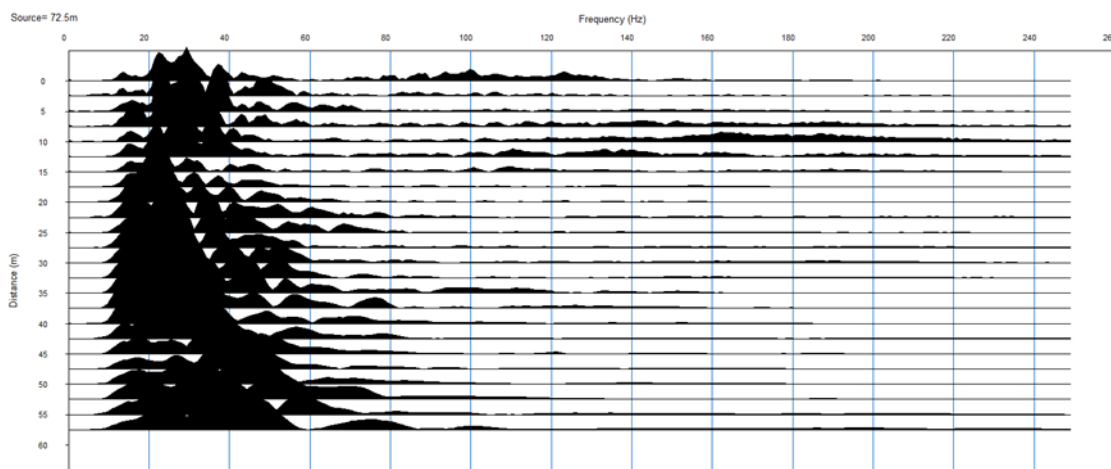
El modo fundamental de las ondas de superficie aparece claramente en este dominio, y puede ser analizado en asociación con la curva de dispersión, siendo válida la información en la vertical del perfil ya que al utilizarse geófonos de componente vertical las influencias debidas a “efectos” laterales quedan minimizados.

El procesamiento de los datos de sismica MASW se ha desarrollado como se muestra en las imágenes siguientes (tomadas de un procesamiento de ejemplo).

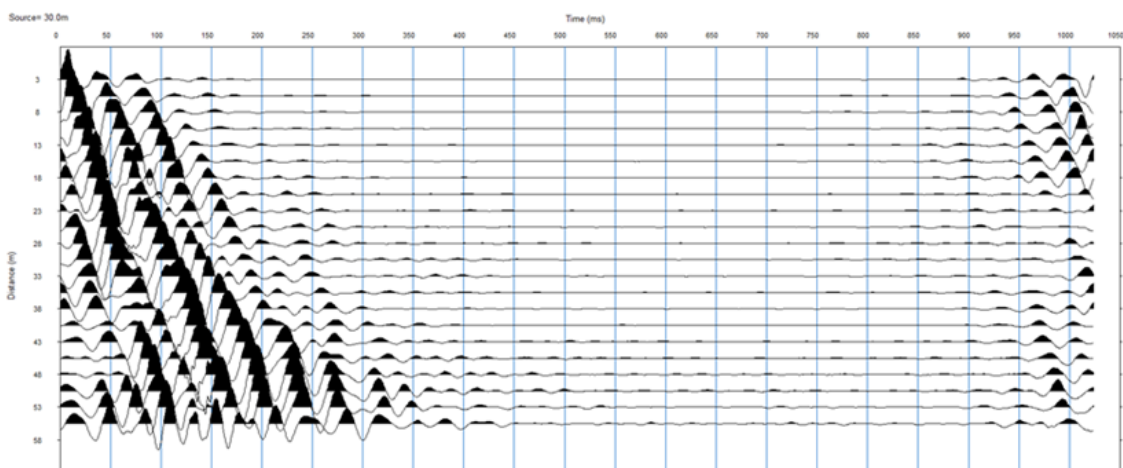
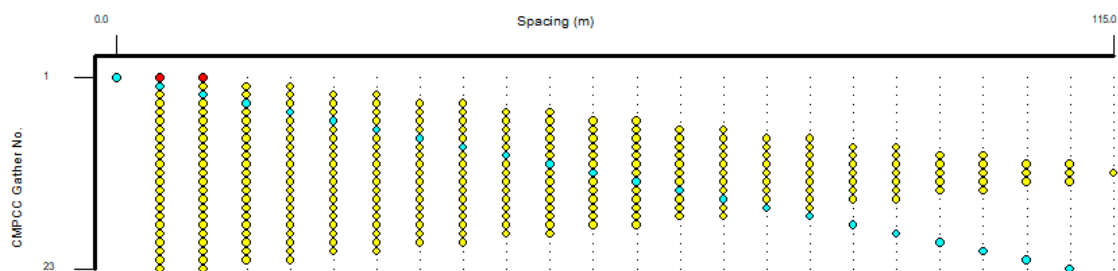
a) Partimos de los registros obtenidos en un perfil con una fuente activa de energía



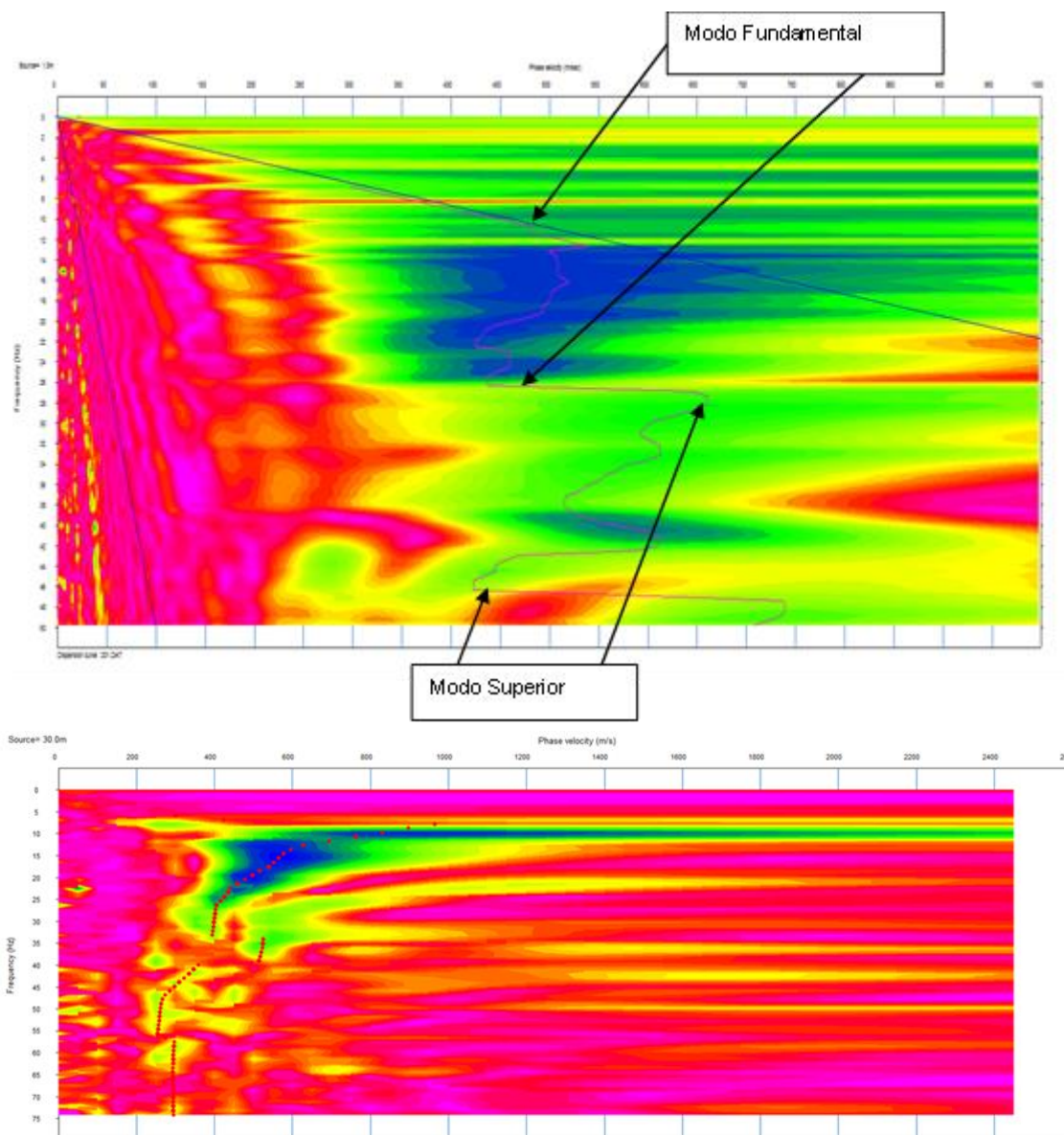
b) Se realiza la Transformada de Fourier, τ -p, en el dominio de las frecuencias



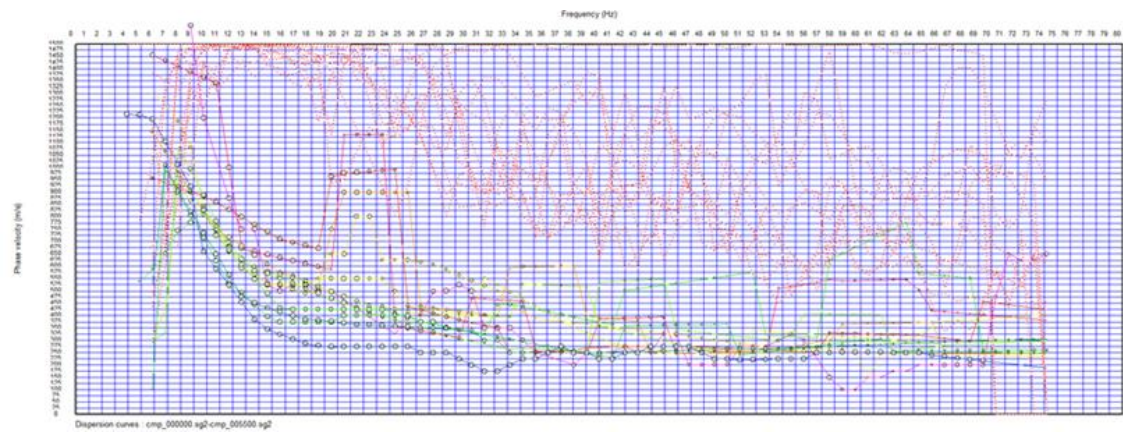
c) Se realiza el procesamiento de datos para crear los CMP



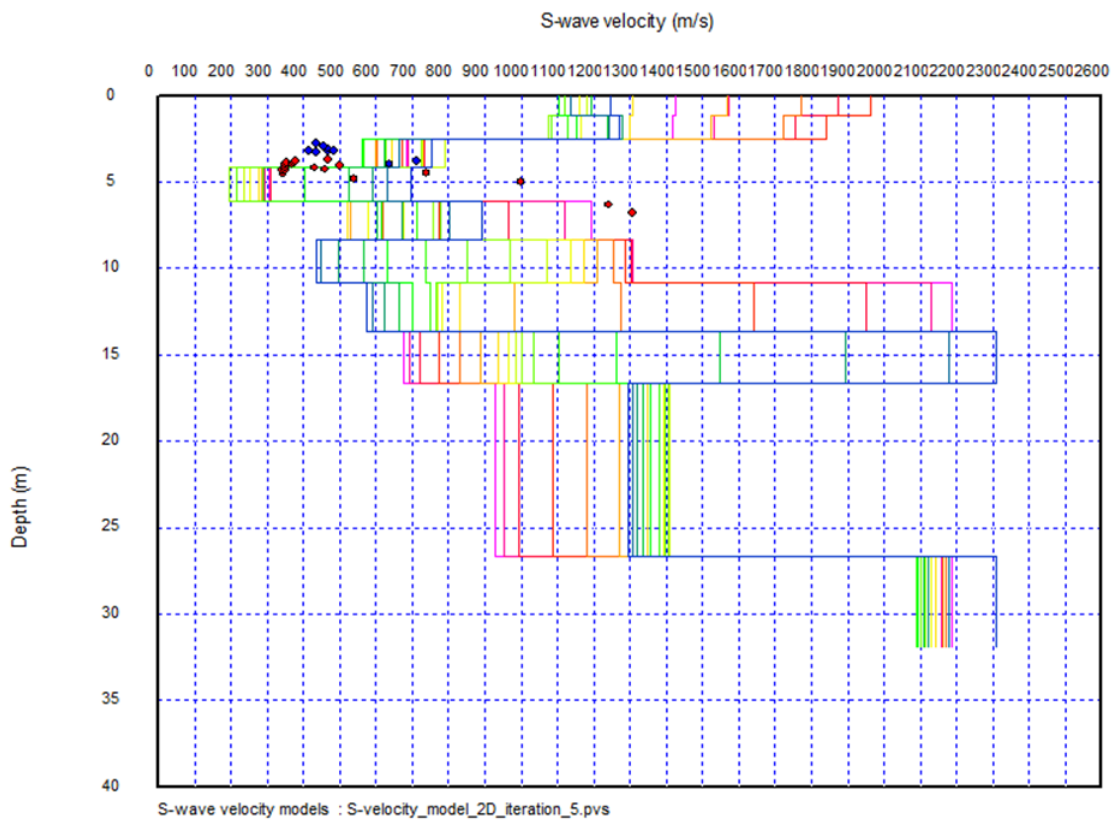
d) De cuya integración se obtienen las curvas de dispersión: velocidad de fase/frecuencia



e) El análisis combinado de varias curvas representativas de los modos fundamentales obtenidos en un perfil, definidos en los diferentes CMP



- f) Esto permite obtener los distintos modelos representativos de la variación de la velocidad de las ondas S (V_s), tanto lateralmente como en profundidad a lo largo del perfil



La secuencia de trabajo que se ha seguido después de definir los límites de variación de las velocidades de propagación de la onda S (V_s) en el área de estudio, se ha desarrollado en tres pasos:

- En un primer momento, se funcionó solo con el ordenador hasta que se obtuvo una interpretación con un ajuste aceptable.
 - Posteriormente se analizaron las curvas de dispersión individuales de cada uno de los CMP con el fin de definir un modelo de distribución de la velocidad de la Onda S (V_s) con la profundidad.
 - Finalmente, con todos los resultados se procedió a un análisis combinado entre ambas opciones
- g) A partir de los diferentes modelos de distribución de velocidad de la Onda S (V_s) definidos en cada uno de los diversos CMP calculados para un perfil, se obtuvo una interpretación 2D continua bajo el perfil incluyendo la topografía del mismo.

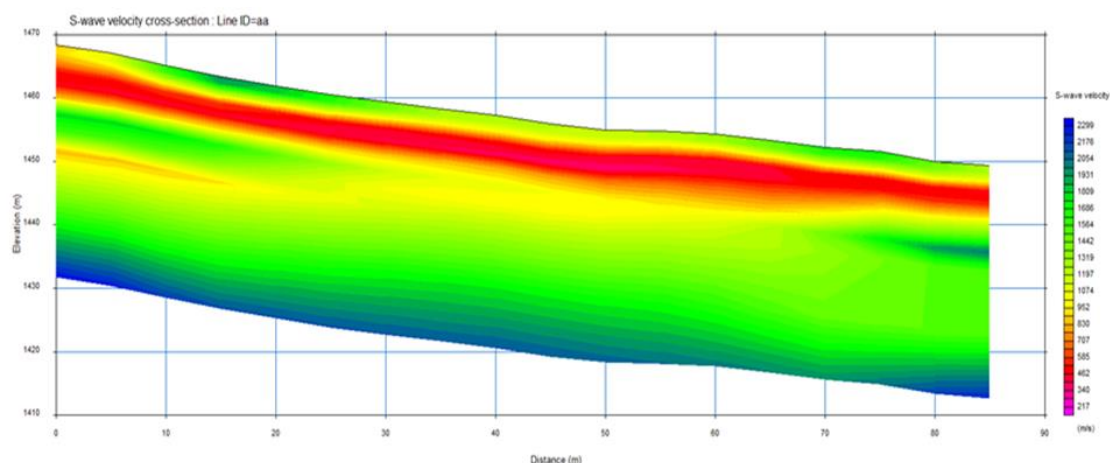


Figura 9. Ejemplo de resultado procesado

Los cortes obtenidos se han representado en los planos adjuntos 1 a 5 a escalas horizontal y vertical 1:75.

4.1.2 Descripción de la técnica de georadar

La técnica de georadar es similar, en principio, a las técnicas de reflexión y de sonar, pero con ondas electromagnéticas.

El georadar utiliza impulsos electromagnéticos de muy corta duración, 1-60 nanosegundos ($ns = 10^{-9}$ segundos), en la banda de VHF/UHF (20-1000 MHz), que se repiten con una frecuencia de 50 KHz.

Estos impulsos se agrupan en paquetes de ondas compuestos por 1.000-15.000 de ellos. Cuando, mediante la antena emisora se generan dichos impulsos, éstos, en su trayectoria a través del subsuelo pueden encontrarse con un cambio de estrato geológico, una construcción, oquedades, objetos, humedades o niveles freáticos, etc.; en definitiva, lo que detectan es un cambio en las propiedades eléctricas (constante dieléctrica) de los medios en que se propagan. Esto produce que parte de la energía se refleje y sea recogida por la antena receptora, mientras que el resto continúe su camino por el interior del subsuelo (ver Figura 12).

La antena receptora incorpora un circuito electrónico (demodulador) conectado al circuito electrónico de amplificación y recepción; una vez que las reflexiones la alcanzan, este circuito convierte el pulso electromagnético de alta frecuencia en otro de banda de audiofrecuencia que es enviado a través de un cable coaxial y altamente apantallado, a la unidad central, donde la señal es reconstruida, procesada y almacenada.

La unidad central incorpora un sistema de almacenamiento masivo de datos y una pantalla de visualización en tiempo real, donde se reproduce la señal que le va llegando

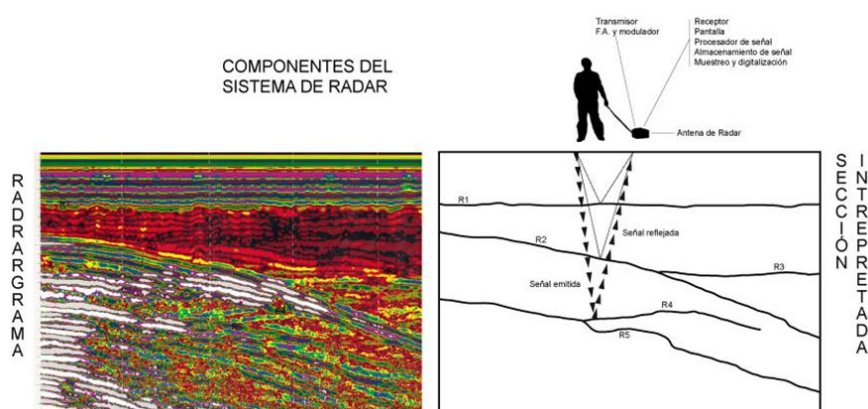


Figura 10. Reflexiones en diversos puntos del subsuelo

Cada impulso que se recibe se materializa en una traza, con lo cual al mover la antena sobre la superficie del terreno se puede obtener un registro continuo que refleja la estratigrafía y/o la existencia de anomalías en el subsuelo.

La Figura 11 esquematiza la realización del proceso citado. Cuando la señal se recibe en la consola de control, ésta le aplica una ventana de amplitudes, cuyo tamaño y gama de colores decide el operador. Las amplitudes que rebasen la ventana establecida aparecen en la pantalla. El resultado es un registro (radargrama) donde el eje de abscisas corresponde al desplazamiento de la antena sobre el terreno, o movimiento lateral, y el eje de ordenadas refleja el tiempo invertido por el pulso en recorrer el camino antena-reflector-antena, también llamado tiempo doble de reflexión, cuya unidad es el nanosegundo.

Si se determina la velocidad de propagación del medio investigado, o su constante dieléctrica relativa, la escala vertical de tiempos se puede convertir en profundidad (metros).

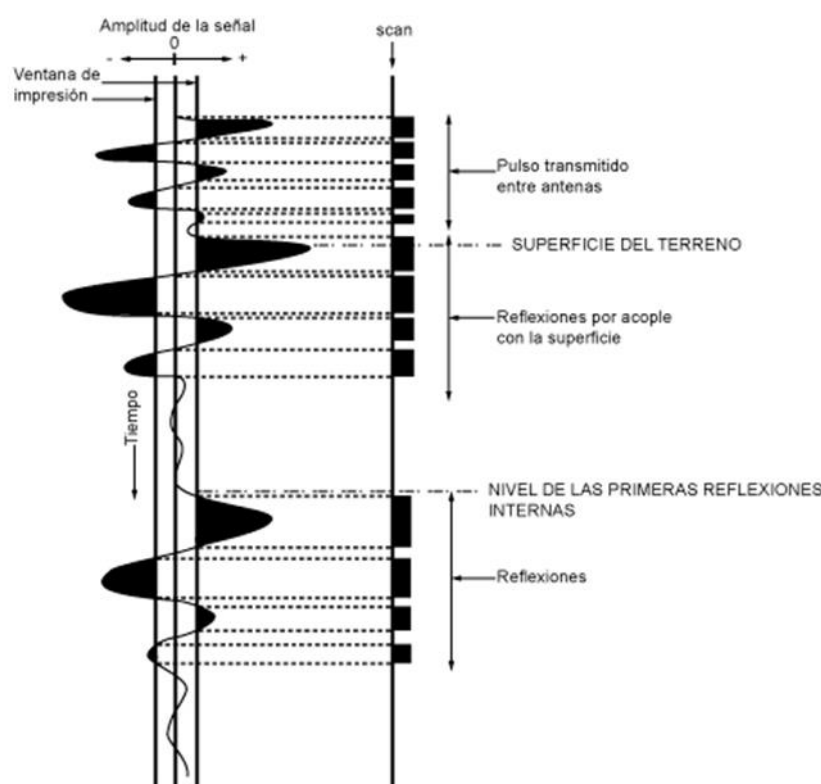


Figura 11. Proceso de registro de las reflexiones electromagnéticas en el georadar

Para los análisis de los radargramas se utilizó una ventana genérica de amplitudes-colores, en este caso un graduado de grises.

4.1.3 Procesado de registros

En un principio se realizó un análisis cualitativo de todos los radargramas obtenidos con el fin de determinar la naturaleza y origen de las diferentes señales registradas. Como se ha comentado en párrafos anteriores, la emisión electromagnética emitida por el georadar responde a los cambios en la constante dieléctrica de los materiales atravesados por la misma, así, en principio y en el estudio que nos ocupa, el material sobre el que se realiza la investigación es roca principalmente cuya constante dieléctrica varía entre 9 y 9.5, tendiendo a los valores más altos según aumenta su grado de humedad.

Todos los registros obtenidos se han sometido al mismo procesado básico con objeto de obtener unas respuestas comparables. Este procesado básico ha consistido en:

- a) Una detección automática del suelo.
- b) Una eliminación del ruido de fondo no organizado (Background removal).
- c) Un filtrado vertical bandpass con valores variables entre 200-700 MHz.
- d) Una suavización de la ganancia (Smoothed Gain), por cada canal.
- e) Fusión de los registros obtenidos con las dos frecuencias de adquisición (300 y 800 MHz) en un único radargrama que presentará un balance, en %, para las altas frecuencias (HF), en la parte superior del radargrama, y para las bajas frecuencias (LF), en la parte inferior del radargrama. La profundidad de transición entre ambas frecuencias se ha fijado en 1 metro después de analizar los registros individuales.
- f) Se revisa el resultado, si no existe un cambio fuerte entrepaso de canales se utiliza la unión de ambos. Si se corrobora que la señal de las frecuencias no se ajusta bien y la transición entre frecuencias es demasiado brusca, se revisan las dos frecuencias por separado y comparan los resultados. Siendo la de mayor frecuencia la de mejor resultado para el objetivo
- g) Homogenización de los registros mediante una migración, con la que es más fácil la diferenciación de niveles de amplitudes distintas.

Los casos extremos de la constante dieléctrica son:

- Aire: 1
- Agua: 81

Así el coeficiente de reflexión del georadar viene dado por la expresión simplificada:

$$r = \frac{\sqrt{\epsilon_2} - \sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}}$$

Donde ϵ_2 corresponde a la constante dieléctrica del medio 2, mientras que ϵ_1 corresponde a la constante dieléctrica del medio 1.

Así en uno cualquiera de los radargramas obtenidos y a la vista de la escala de amplitudes-colores utilizada, tendríamos que:

- El primer máximo positivo correspondería a la recepción entre antenas emisora-receptora
- El primer máximo negativo correspondería a la entrada en el aire de la emisión realizada por el georadar.
- Las amplitudes negativas se producen cuando la radiación electromagnética pasa de un medio 1 a otro medio 2 tales que el valor de ϵ_2 es inferior a ϵ_1 .
- Las amplitudes positivas se producen cuando la radiación electromagnética pasa de un medio 1 a otro medio 2 tales que el valor de ϵ_2 es mayor a ϵ_1 .

Después de revisar los registros de datos se ha definido una constante dieléctrica media de 9 para los perfiles. De esta forma se ha diferenciado el nivel de sedimentos con el sustrato rocoso.

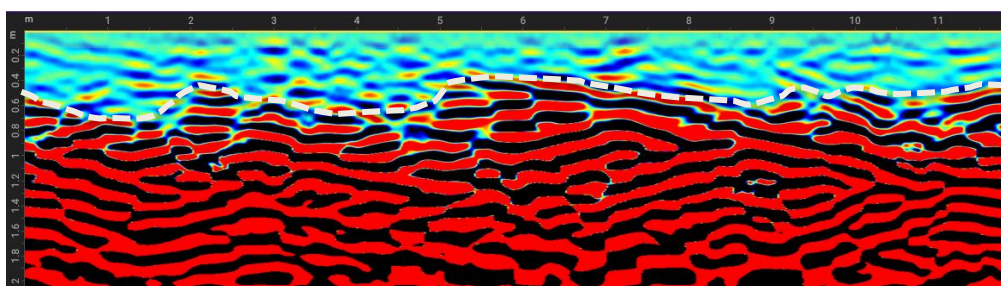


Figura 12. Registro N° 29 procesado

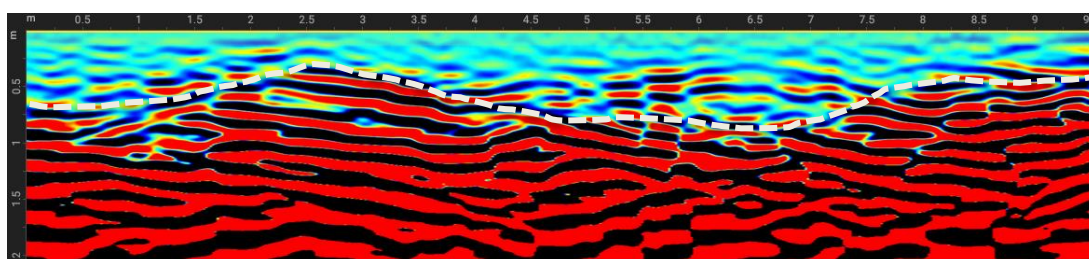


Figura 13. Registro N° 17 procesado

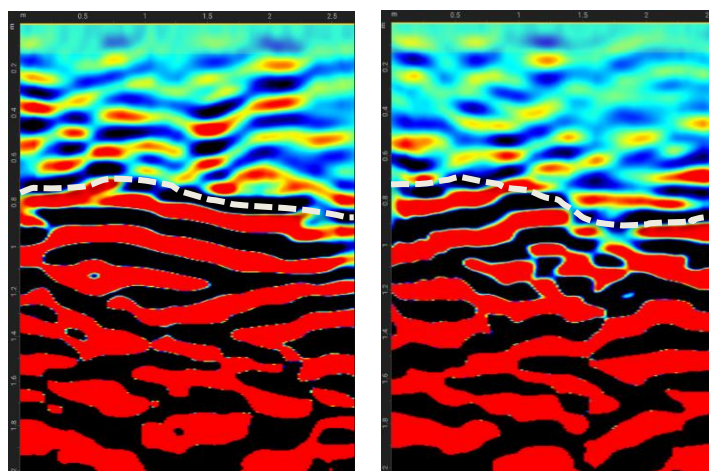


Figura 14. Registros procesados. A la izquierda N° 5, a la derecha N° 3

En los registros se definieron dos niveles. Un primer nivel con reflectores de amplitud baja (color azul) el cual corresponde con el **nivel de sedimentos**. Un segundo nivel con reflectores caóticos y de amplitud alta (color rojo/negro) el cual corresponde con el **sustrato rocoso**.

La profundidad efectiva de investigación ha rondado los 2 metros, ya que era el óptimo para el objetivo planteado en el estudio.

5. RESULTADOS.

El análisis e interpretación gráfica de los resultados proporcionados por los ensayos de MASW y georadar se muestran en los planos de resultados incluidos al final del informe.

Los resultados obtenidos han sido:

- a) Perfiles de velocidad sísmica de onda S nos proporcionan información sobre la dureza del terreno. Los valores más bajos, menores de 300 m/s, se puede asociar a sedimentos. Y los valores más altos asociados a la roca madre.

Si analizamos los cortes sísmicos obtenidos en los perfiles realizados observamos, como rasgos más significativos, una distribución homogénea de las capas de menos a más velocidad. En el inicio de los perfiles 1, 2 aparece una pequeña capa superficial más dura, posiblemente una costra sobre el sedimento. Y en el primer tercio del perfil 5 aparece una zona asociada al deposito de escombros de la voladura de la actual entrada a la cueva.

- b) Nivel de contacto sedimentos – roca según los registros de georadar. Los diferentes perfiles de georadar delimitan aproximadamente la misma área de sedimentos que los perfiles de MASW.

En algunos de los perfiles interiores se puede ver una capa fina en superficie, posiblemente assignable a costras.

En los perfiles de georadar 14 a 18 hemos constatar la existencia de un elemento enterrado aproximadamente a 50 cm de la superficie. Este elemento parece tener un tamaño de 1 x 0.8 metros.

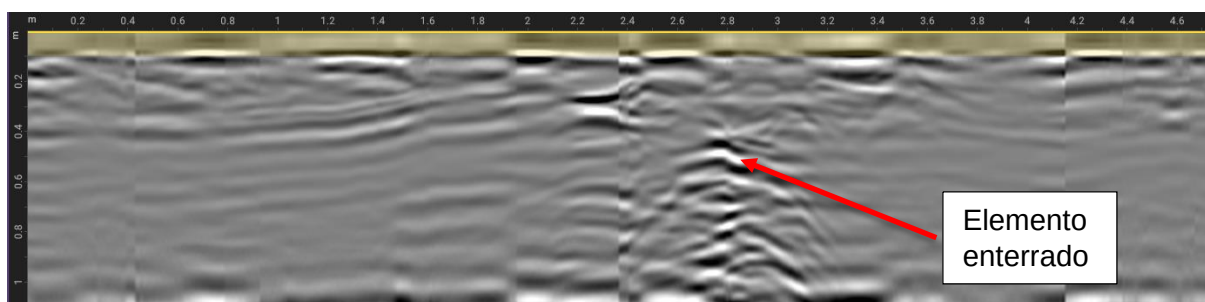


Figura 15. Registro nº 14 cruzando el elemento de la zona del sumidero

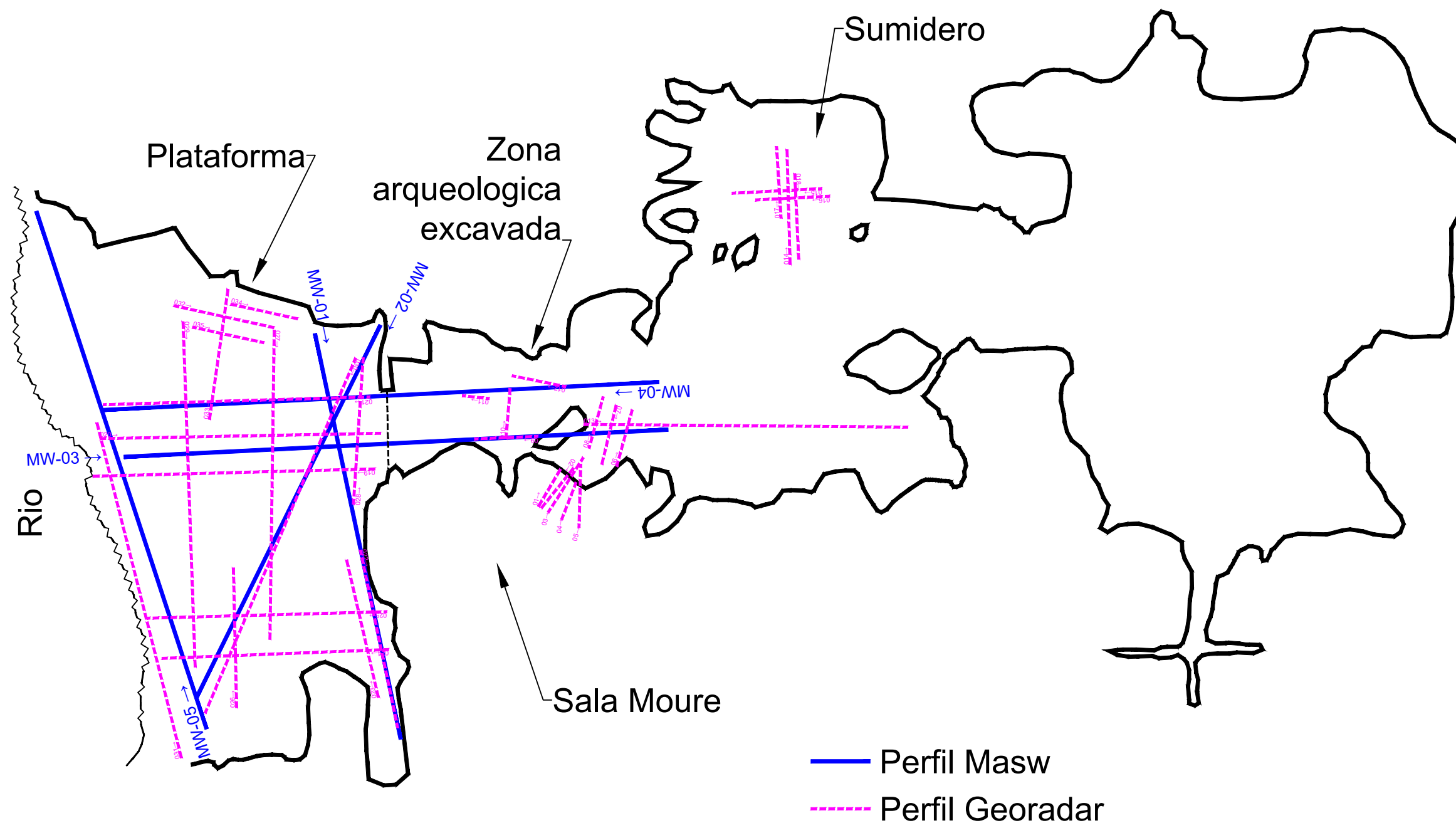
En general el resultado final de los perfiles de MASW ha sido bastante bueno con correspondencia con los datos de georadar.

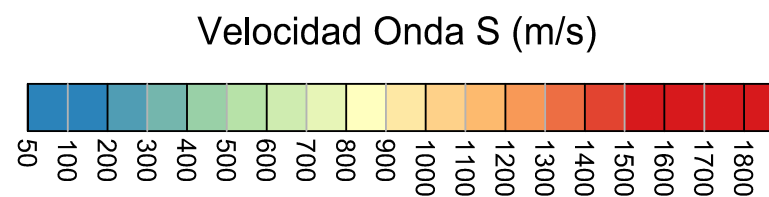
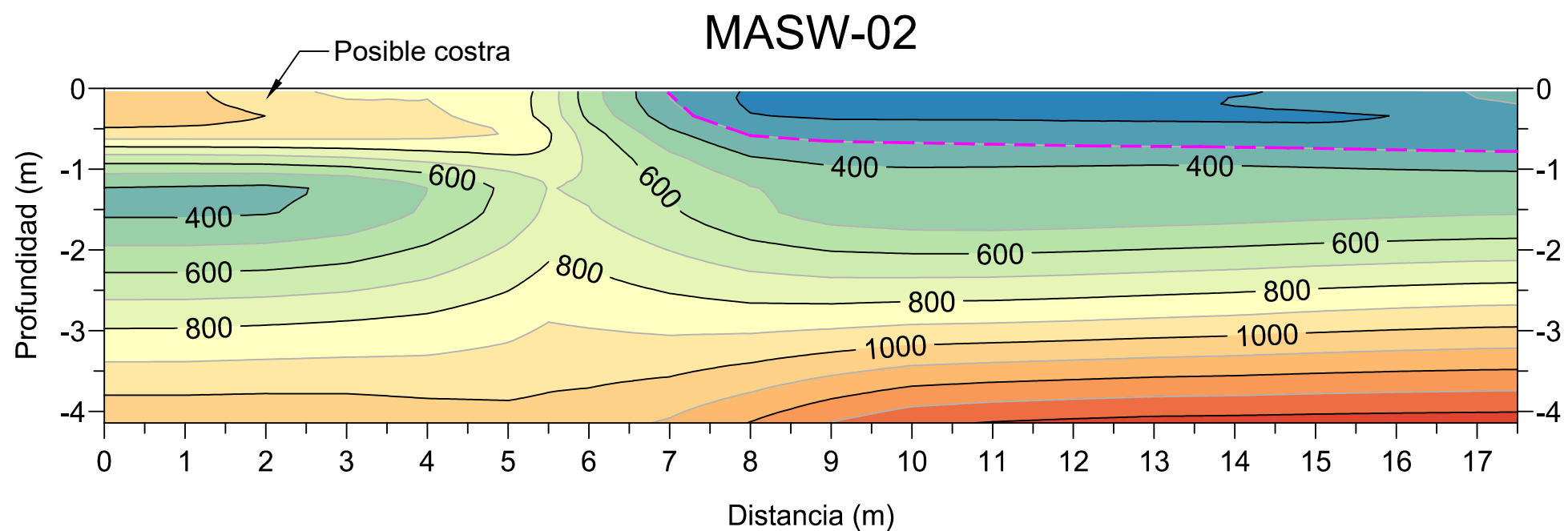
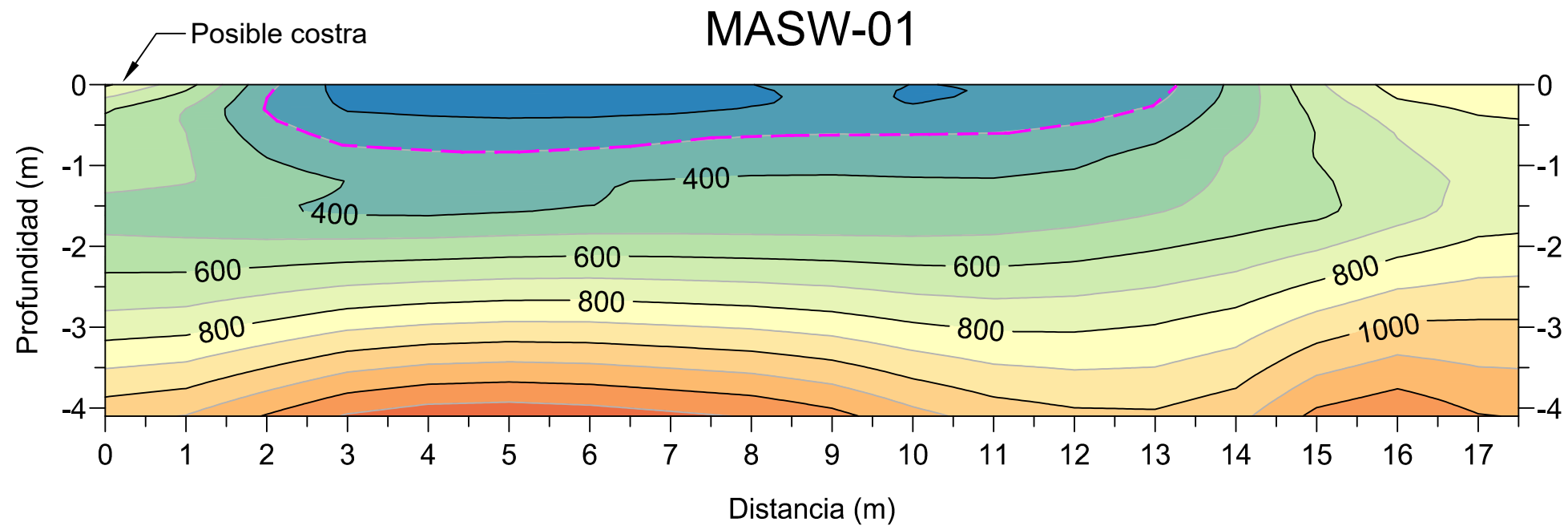
Se ha realizado un plano con el espesor de los sedimentos, materiales que pueden considerarse excavables con fines arqueológicos. En general es espesor medio es de 50-60 cm, siendo de mayor extensión en la plataforma de entrada.

Como es sabido, el Georadar es un método geofísico de investigación indirecto y su interpretación está basada en la visualización de imágenes de radargramas. En ocasiones, elementos antrópicos como restos de obras, bloques de roca, metales, etc., producen anomalías en el registro idénticas o muy similares a las que puede producir un servicio enterrado (tubería, cables eléctricos). Por este motivo, siempre se recomienda tener precaución a la hora de realizar cualquier proceso invasivo del terreno (sondeo mecánico, apertura de zanjas, excavaciones), ya que se trata de un método de auscultación de gran efectividad, pero no infalible.

En referencia a lo anterior, OCSA no se hace responsable de cualquier tipo de afección a un servicio o elemento enterrado que pueda o no haber sido identificado en el proyecto que nos ocupa.

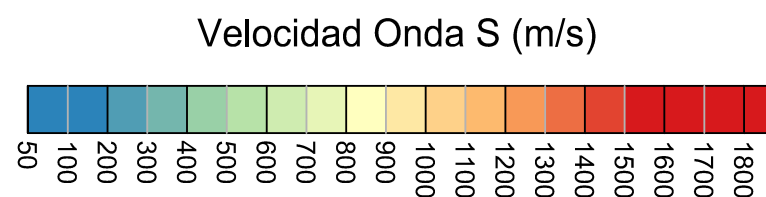
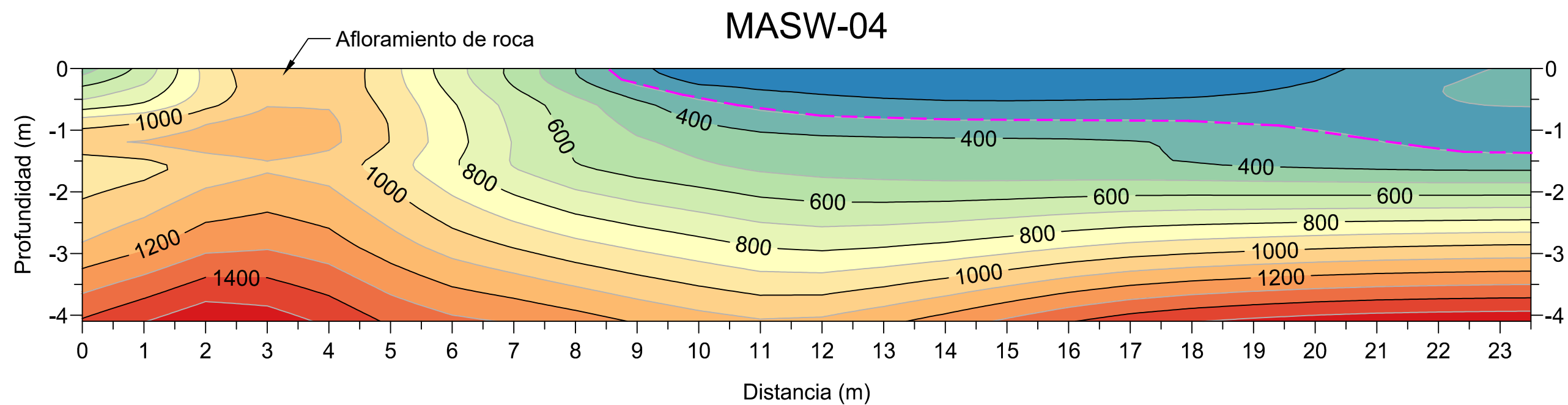
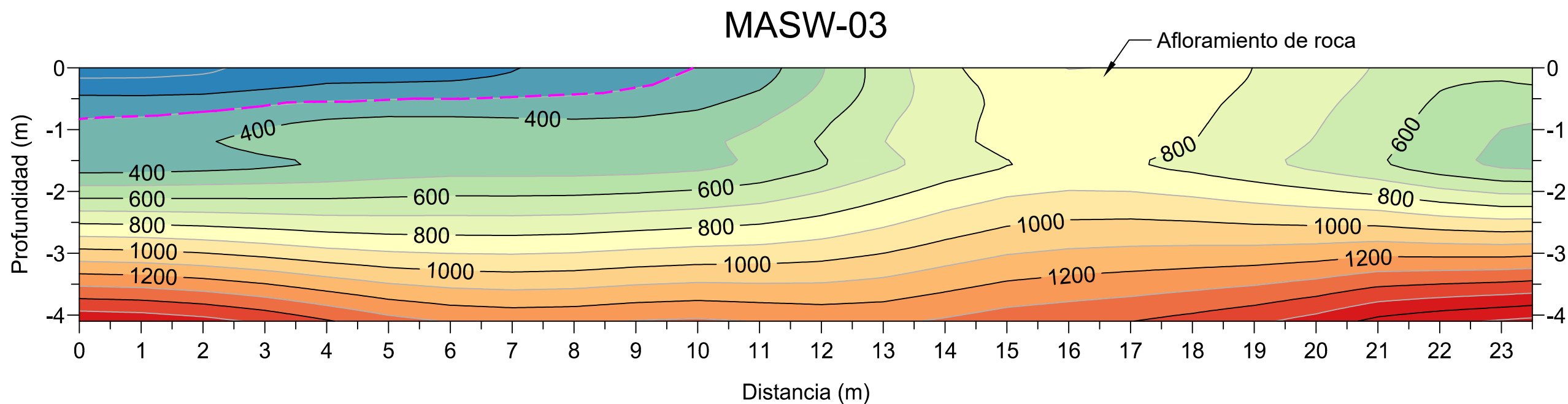
6. PLANOS DE SITUACIÓN Y RESULTADOS





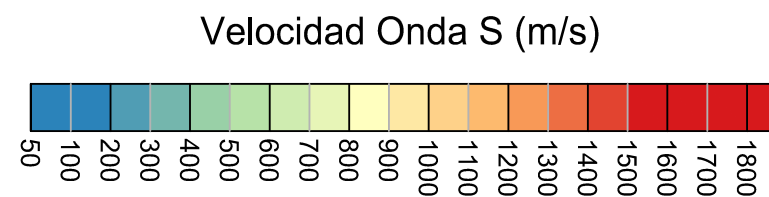
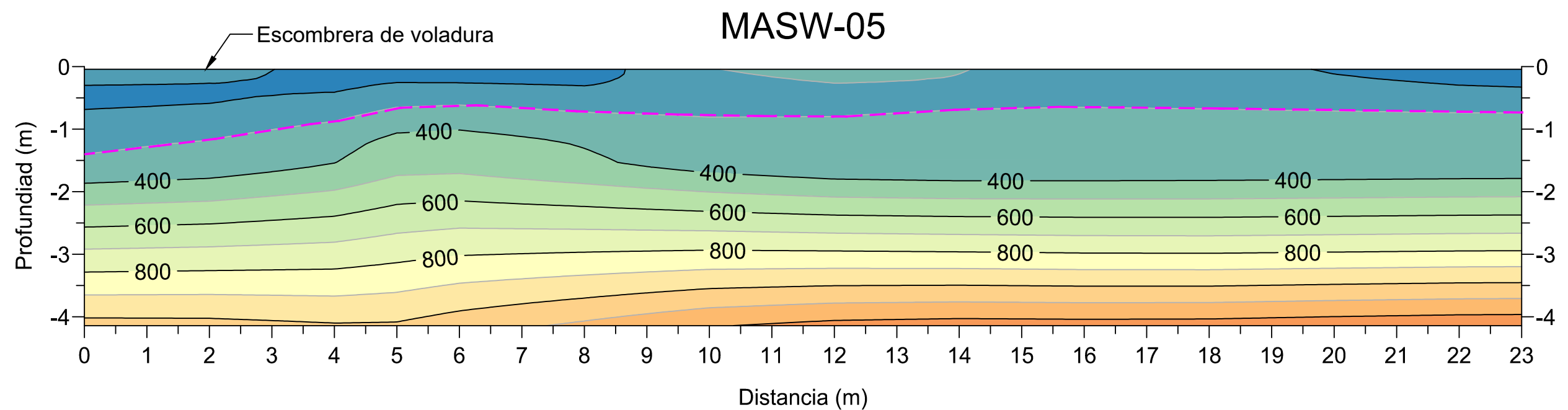
Nivel Sedimentario





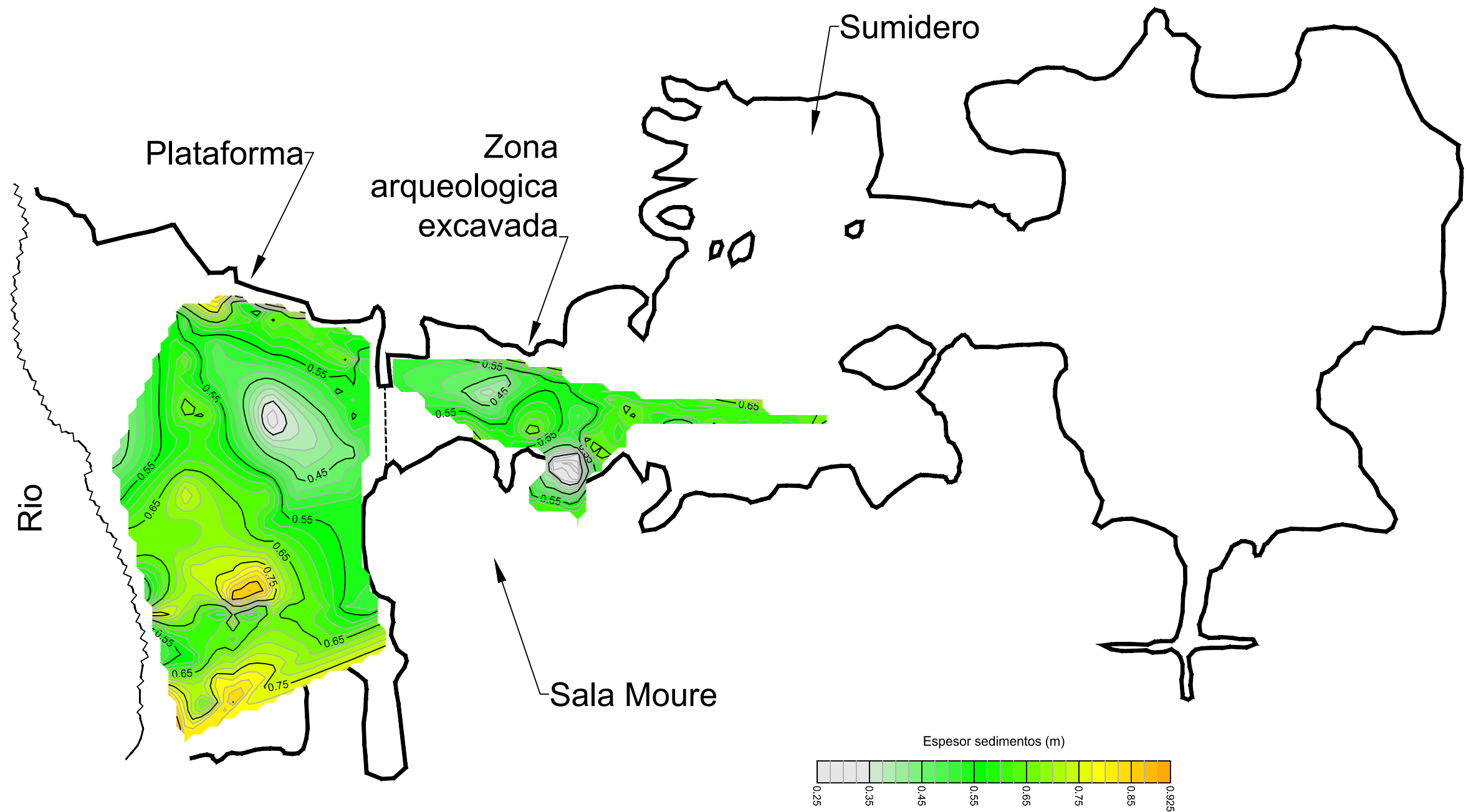
Nivel Sedimentario





----- Nivel Sedimentario







CENIEH

Centro Nacional de Investigación
sobre Evolución Humana

LABORATORIO DE
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN
Paseo Sierra de Atapuerca, 3
09002 Burgos
Tel: +34 947.04.08.00 - Ext.4116
<http://www.cenieh.es>

ANEXO 26

INFORME DE INTERVENCIÓN C2023234

DATOS SOLICITUD

Material recepcionado: Fragmento de cráneo procedente de Cueva de La Ermita (Hortigüela, Burgos)	
Solicitante: Policarpo Sánchez Yustos	Institución: Universidad de Valladolid (UVA)
Fecha de entrada: 24/08/2023	Fecha de salida: 25/10/2023
Intervención: Limpieza y conservación del fragmento de cráneo (aprox. 15 x 15 mm)	

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL MATERIAL RECEPCIONADO

Antecedentes

Como medida preventiva, el fragmento de cráneo fue entregado por el director del yacimiento de Cueva de La Ermita, Policarpo Sánchez, al personal del Laboratorio de Conservación y Restauración tras finalizar la campaña de excavación 2023. Dado su alto potencial científico, el resto fue intervenido de manera prioritaria en el Laboratorio.

Análisis estado de conservación del material

Instrumental

Análisis organoléptico

C2023234-1

Resultados análisis

Alteraciones postdeposicionales y antrópicas

Hueso. Posible cráneo. Incompleto, un fragmento. Estado de conservación regular. Apto para su manipulación. Se encuentra recubierto en un 80 % por sedimento muy concrecionado. En su cara interna, donde no conserva sedimento, hay laminación de la superficie ósea, y fisuras en paralelo que siguen la dirección de la laminación. En esta zona el hueso presenta diferente coloración, amarillenta y blanquecina, que coincide con la parte más diagnóstica del fragmento para su identificación anatómica.

TRATAMIENTO REALIZADO

Limpieza mecánico-química	
Instrumental/ Fungible Broqueta de bambú Bisturí nº 3 (15) Ultrasonidos de aire Tri-Scaler Compact R&S® Pincel de retoque 0 Alcohol etílico : Agua purificada (1:1)	Aplicación/ Proceso Retirada en seco de los sedimentos compactados. Se comienza la intervención con bisturí pero no es eficaz, por lo que se emplean ultrasonidos de aire a baja potencia. Pese a ello, un pequeño fragmento se desprende. Para la remoción del sedimento de la cara externa, se humecta para facilitar su eliminación con hisopo y pincel de retoque. El nivel de limpieza de la superficie de la cara interna permite recuperar la cortical conservada, y el tejido trabecular.
Consolidación	
Instrumental/Fungible Paraloid® B72 al 5 % en acetona QP. Pincel de retoque	Aplicación/ Proceso Pincelado puntual, para evitar el deterioro de la superficie en zona de la laminación.

Reconstrucción	
Instrumental/ Fungible Paraloid® B72 al 20 % en acetona QP Pincel de retoque Pinzas de plástico	Aplicación/ Proceso Pincelado. Se reconstruye el pequeño fragmento desprendido durante la intervención de limpieza.
Dossier fotográfico	
Instrumental NIKON® D5000/AF-S NIKKOR® 18-55 mm Ver Anexo I, página 3	

RECOMENDACIONES

Manipulación

Manipular con ambas manos. Usar guantes de látex o nitrilo.

Embalaje

Conservar el embalaje realizado en el Laboratorio de Conservación y Restauración del CENIEH para su traslado y almacenaje. Evitar el contacto con film alveolar (plástico de burbujas) y film de aluminio.

Condiciones climáticas

Evitar los parámetros climáticos fluctuantes (humedad relativa y temperatura). Evitar la incidencia directa de luz solar y sistemas lumínicos inadecuados (UV e IR)

RESPONSABLE DEL SERVICIO



Pilar Fernández Colón
Responsable del Laboratorio de Conservación y Restauración del CENIEH

ANEXO I

DOSSIER FOTOGRÁFICO



1.- C2023234-1. Estado inicial cara interna.



2.- C2023234-1. Estado inicial cara externa.



3.- C2023234-1. Estado final de la cara interna tras la intervención.



4.- C2023234-1. Estado final de la cara externa tras la intervención.