



## NUEVAS EVIDENCIAS DE MINERÍA AURÍFERA ANTIGUA EN LA SIERRA DE LA CULEBRA (ZAMORA, ESPAÑA)

*New evidences of ancient gold mining in the Sierra de la Culebra (Zamora, Spain)*

Rodrigo Andrés-Bercianos<sup>1</sup> y Javier Fernández-Lozano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España (CN IGME-CSIC), c/ Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid.  
[r.andres@igme.es](mailto:r.andres@igme.es)

<sup>2</sup> Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n, 24007 León.  
[jferl@unileon.es](mailto:jferl@unileon.es)

**Resumen:** El noroeste peninsular se caracteriza por la presencia de numerosos indicios de minería aurífera antigua, localizándose en la zona aurífera de Pino del Oro y en la vertiente sur de la sierra de La Cabrera los principales restos estudiados en la provincia de Zamora. Sin embargo, recientemente se han descrito en la sierra de la Culebra otras labores, localizadas en el entorno de Ferreras de Arriba, documentando en este trabajo nuevos vestigios situados junto a la localidad de Villanueva de Valrojo y en las proximidades del arroyo de Becerril (municipio de Riofrío de Aliste). Para ello, se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis del territorio, considerando aspectos geológicos y de la ingeniería minera, mediante el estudio estratigráfico, la fotointerpretación aérea y el uso de nuevas tecnologías. En estos sectores se constata la realización de zanjas-canal, zanjones y pequeñas cortas de arrastre, con el objetivo de lavar los depósitos de tipo coluvial y aluvial —llegando a alcanzar, incluso, el basamento paleozoico—. Estas labores mineras pudieron llevarse a cabo a partir del trazado de una red hidráulica que, en muchos casos, se abastece de la captación de los arroyos circundantes. Por tanto, se pone de manifiesto la importancia de documentar los restos y extrapolalar esta línea de investigación a otros sectores de la sierra de la Culebra, contribuyendo a garantizar la preservación de todo el conjunto y a mejorar el conocimiento de los paisajes culturales asociados a la minería del oro en época antigua.

**Palabras clave:** minería aurífera antigua, estratigrafía, LiDAR, drones, sierra de la Culebra.

**Abstract:** The northwestern region of the Iberian Peninsula is known for its significant presence of historical gold mining remnants. In the province of Zamora, research has primarily focused on the remains discovered in the gold-rich area of Pino del Oro and on the southern slopes of the La Cabrera mountain range. However, recent findings have revealed additional mining sites within the Sierra de la Culebra, particularly around Ferreras de Arriba, shedding light on new vestiges situated near the village of Villanueva de Valrojo and in the vicinity of the Becerril stream (municipality of Riofrío de Aliste). To investigate these sites, a comprehensive analysis of the region has been conducted, incorporating geological and mining engineering perspectives. This analysis has involved stratigraphic research, aerial photo-interpretation, and the utilization of cutting-edge technologies. In these areas, evidence of open-cut mining, trenches, and trenches-channel has been confirmed, indicating the purpose of washing the colluvial and alluvial deposits,

*even reaching the Paleozoic bedrock in some cases. These mining activities were made possible through the development of a hydraulic network, often supplied by the catchment nearby streams. Therefore, documenting these remnants and expanding research efforts to other areas within the Sierra de la Culebra is crucial. This initiative not only aids in preserving the entire mining complex but also enhances our understanding of the cultural landscapes associated with ancient gold mining practices.*

**Keywords:** ancient gold mining, stratigraphy, LiDAR, UAV, Sierra de la Culebra.

Andrés-Bercianos, R., Fernández-Lozano, J., 2025. Nuevas evidencias de minería aurífera antigua en la sierra de la Culebra (Zamora). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 38 (2): 47-62.

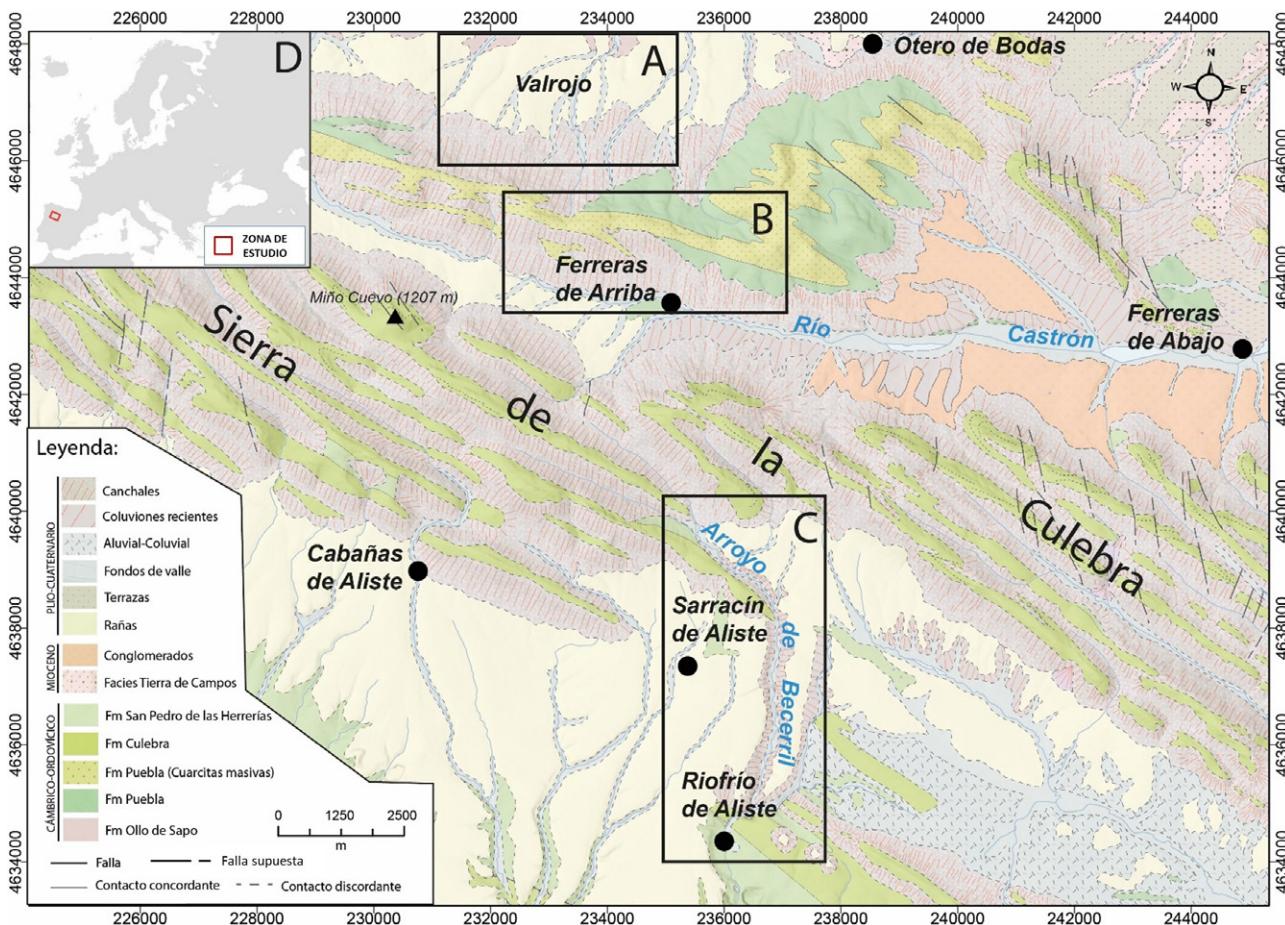
## Introducción y objetivos

El oro es un metal que ha despertado interés desde tiempos prehistóricos debido a su color, su escasez y su facilidad para ser trabajado, destacando su uso desde la antigüedad para la acuñación de moneda y en orfebrería (Sánchez-Palencia *et al.*, 2006). En este sentido, en la provincia de Zamora se han descubierto piezas históricas de gran valor fabricadas con este metal, como es el caso de los tesorillos prerromanos de Arrabalde (Perea y Rovira, 1995) o del tesorillo visigodo de Villafáfila (Fernández, 1990). Con respecto a este último, estudios arqueometalúrgicos sugieren que las cruces que lo componen podrían haberse confeccionado con oro de tipo aluvial y no de mina, debido a que se detectó también la presencia de pequeñas concentraciones de estaño, cuyo origen podría estar relacionado con la presencia de casiterita en las arenas ribereñas (Rovira *et al.*, 1990). Además, se señala que las cruces de Villafáfila pudieron haberse confeccionado con oro nativo peninsular, quizás procedente de los placeres leoneses o asturianos (Rovira *et al.*, 1990). No obstante, se ha constatado el beneficio de oro asociado a placeres fluviales de la provincia de Zamora desde época prerromana (Sánchez-Palencia *et al.*, 2018), sugiriendo también un potencial aprovechamiento de los placeres de estaño del suroeste de la provincia (Sánchez-Palencia y García de los Ríos, 2007). En este sentido, Esparza ya planteó en la década de los 80 del siglo XX la posibilidad de que la explotación aurífera romana hubiera estado precedida por un conocimiento del oro por parte de los castreños que habitaban los castros de la Edad del Hierro del noroeste de la provincia de Zamora (Esparza, 1986). Pese a ello, los estudios detallados que abordan el aprovechamiento del oro en época antigua en la provincia de Zamora se limitan principalmente a la zona minera de Pino del Oro (Sánchez-Palencia *et al.*, 2010, 2014, 2018) y a la vertiente sur de la sierra de la Cabrera (Esparza, 1984, 1986; Currás *et al.*, 2014; Fernández-Lozano *et al.*, 2019; Andrés-Bercianos *et al.*, 2019, 2021a, 2021b; Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2024). En consecuencia, persiste un importante vacío documental en cuanto a la identificación, el estudio sistemático y la documentación de labores de minería aurífera antigua en otros sectores de la provincia. Un claro ejemplo es la sierra de la Culebra, que es la principal alineación montañosa que vertebría el centro con el noroeste de la provincia de Zamora, la cual presen-

ta elevaciones que, en algunos casos, superan los 1200 m de altitud. En este sentido, fruto de una investigación realizada a partir de las observaciones efectuadas por Esparza (1986) en el entorno del Castro de Ferreras de Arriba, recientemente se han descrito dos sectores con presencia de labores de minería aurífera antigua en la sierra de la Culebra: Valdemanzanal y Valdemolinos (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). En concreto, estas labores mineras se caracterizan por la presencia de zanjas-canal con las siguientes características (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025): i) no discurren de forma perpendicular a las curvas de nivel, salvo en su tramo final, a diferencia de lo que ocurre en procesos naturales (p. ej., escorrentía); ii) presentan un mayor desarrollo en zonas de interflujo; iii) están interconectadas entre sí; y iv) se inician en las zonas topográficamente más elevadas de cada sector. También se ha observado que el inicio de la red hidráulica de abastecimiento pudo estar asociado a pequeños estanques de los que parten los canales, a día de hoy bastante colmatados y afectados por la actividad antrópica reciente, que condujeron el agua hasta las zonas de lavado de los potenciales depósitos auríferos, en las cuales se desarrollaron diversos trabajos hidráulicos de erosión, utilizando técnicas mineras como zanjas en “cola de caballo” (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). Asimismo, ha quedado patente sobre el terreno la incisión asociada a los trabajos hidráulicos de erosión, de hasta algo más de 8 m de profundidad y 40 m de anchura en algunos casos, así como la presencia de estériles de tipo minero (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). Por tanto, el presente trabajo se plantea con el objetivo de identificar y documentar la existencia de nuevas labores de minería aurífera antigua en otros sectores de la sierra de la Culebra, así como describir los potenciales depósitos auríferos asociados. Por ello, en este estudio se ha continuado con la investigación sistemática en otros sectores colindantes con el área recientemente estudiada —ubicada al norte de Ferreras de Arriba—, situados al norte (Valrojo) y al sur (arroyo de Becerril) de la misma (Fig. 1).

## Contexto geológico y metalogenético

Geológicamente, la sierra de la Culebra forma parte del Dominio del Ollo de Sapo (DOS), perteneciente a la Zona Centroibérica (ZCI) del Macizo Ibérico (Julivert *et al.*, 1972; Azor *et al.*, 1992). En concreto, la sucesión es-



**Fig. 1.-** Sectores estudiados en esta investigación. A. Valrojo. B. Ferreras de Arriba (recientemente estudiado por Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). C. Arroyo de Becerril. Base geológica obtenida de la cartografía geológica digital GEODE (2025). D. Mapa de localización de la zona de estudio (noroeste de la Península Ibérica).

tratigráfica en la zona de estudio se inicia con la Fm. Ollo de Sapo, unidad de edad Cámbrico Medio a Ordovícico Inferior constituida en el entorno de Villanueva de Valrojo (flanco S del Antiforme del Ollo de Sapo) por ortogneises glandulares y tobas volcánicas (Díez-Montes, 2006). A techo de la Fm. Ollo de Sapo aflora la Fm. Puebla (Martínez-García, 1973), también denominada Capas de los Montes en el Antiforme del Ollo de Sapo (Díez-Montes, 2006) o Fm. Santa Eufemia en el Sininforme de Alcañices (Vacas y Martínez-Catalán, 1987; González-Clavijo, 1997). Esta formación, de edad Ordovícico Inferior, se caracteriza por la presencia de pizarras y esquistos con intercalaciones de cuarzoarenitas y cuarcitas, definiéndose recientemente como “miembro Litos” al tramo de cuarcitas blancas masivas existente (González-Clavijo *et al.*, 2024). A techo de la Fm. Puebla se dispone una formación constituida fundamentalmente por cuarcitas blancas, de edad Ordovícico Inferior, denominada Fm. Culebra (Martínez-García, 1973), que también es conocida como Cuarrita Armoricana (Barrois, 1882) o Fm. Peña Gorda en el Sininforme de Alcañices (Vacas y Martínez-Catalán, 1987; González-Clavijo, 1997). Finalmente, a techo de la Fm. Culebra aflora la Fm. San Pedro de las Herrerías (Martínez-García, 1973), conocida desde antiguo como Pizarras de Luarca (Barrois, 1882), la cual es equivalente a la Fm. Villaflor en el Sininforme de Alcañices (González-Clavijo,

1997). Esta formación, de edad Ordovícico Medio-Superior, se inicia con niveles alternantes de cuarcitas y pizarras (serie de Transición) que gradualmente pasan a pizarras negras y grises con intercalaciones de cuerpos de areniscas.

Estructuralmente, los materiales Paleozoicos presentes en la sierra de la Culebra se encuentran afectados por la orogenia Hercínica o Varisca, responsable de su plegamiento (González-Clavijo, 1997). Sin embargo, también existió una fracturación tardivarísca, con planos subverticales y direcciones ortogonales a las del plegamiento de la primera fase de deformación varisca (D1), así como movimientos posteriores durante la orogenia Alpina, que configuraron el relieve en sierras y depresiones (Arce *et al.*, 1981; González-Clavijo, 1997). Geomorfológicamente, las cuarcitas de la Fm. Puebla (miembro Litos) y de la Fm. Culebra constituyen las zonas topográficamente más elevadas de la sierra (cuya línea de cumbres sigue una dirección predominante NO-SE), aflorando las litologías pizarrosas en las zonas deprimidas. Discordante sobre esta sucesión paleozoica, se dispone una sucesión cenozoica formada por depósitos pliocuaternarios de tipo raña o cuaternarios coluviales y aluviales, que cubren paleorrelieves y favorecen la incisión de la red fluvial actual (Martín-Serrano, 1988).

Desde un punto de vista metalogenético, la práctica totalidad de los indicios presentes en la sierra de la Culebra corresponden a yacimientos de hierro (Florido *et al.*,

2002). Estas mineralizaciones se sitúan en tramos a techo de la Fm. Culebra (Cuarcita Armoricana) y son de morfología estratiforme, donde el hierro puede llegar a constituir capas masivas con gran continuidad lateral de hasta 1,5 m de potencia (Florido *et al.*, 2002). La mineralización presenta un contenido medio en hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) del 64,89 %, una estructura bandeadas, una textura granoblástica y la magnetita es el mineral primario principal, cuyos cristales u oolitos están totalmente transformados en hematites, goethita y limonita (Fernández-Fernández *et al.*, 1995). Para su aprovechamiento, se conoce la existencia en la zona de numerosas labores mineras (p. ej., trincheras, calicatas o galerías), estando datadas algunas de ellas en época romana o medieval, gracias a su asociación con numerosos escoriales (Larrazábal, 1995, 1996; Florido *et al.*, 2002). No obstante, el hierro y el oro presentan afinidad geoquímica siderófila (Boyle, 1979), constatándose en áreas circundantes a la sierra de la Culebra la existencia contigua de indicios de ambos elementos (Tornos, 1993; Florido *et al.*, 2002; Fernández-Lozano *et al.*, 2016). En este sentido, dentro del sector noroccidental del Macizo Ibérico, la localización de los principales yacimientos primarios está condicionada por la presencia de estructuras que favorecen la circulación de fluidos hidrotermales (mesotermiales) responsables de los diferentes tipos de mineralización aurífera (Boixet, 2015). Con respecto a los yacimientos de oro primario orogénicos (OGD), definidos por Groves *et al.* (1998), Caldevilla (2023) afirma que en el Sinclinal de Truchas (ZCI) están relacionados con fluidos metamórficos. Estos depósitos consisten en venas de cuarzo que contienen Au y están encajadas en metasedimentos siliciclásticos (principalmente en la Cuarcita Armoricana), pudiendo estar ubicada la fuente de Au, en parte, en las pizarras negras de la Fm. Luarca (Caldevilla, 2023). Por otra parte, para el noroeste de la cuenca del Duero algunos trabajos proponen la presencia de placeres formados a partir de la meteorización del zócalo Paleozoico, fundamentalmente de la Serie de los Cabos de la Zona Asturoccidental-Leonesa (ZAOL) —cuyo equivalente en la ZCI son las Capas de los Montes (Fm. Puebla)— (IGME, 1982). Asimismo, en yacimientos auríferos de tipo secundario se ha planteado la hipótesis de que, en muchos casos, las mayores concentraciones de partículas de oro se sitúan en las proximidades del lecho de roca (*bedrock*) o en la base de las secuencias (IGME, 1982). No obstante, a día de hoy todavía se desconocen las leyes o tenores auríferos asociados a las Unidades Litoestratigráficas (ULE) de la sierra de la Culebra, puesto que, a diferencia de otras zonas del noroeste peninsular, todavía no se ha realizado ningún estudio específico al respecto.

## Metodología

Para satisfacer los objetivos de este trabajo, relativos a la identificación y documentación de nuevas labores de minería aurífera antigua en la sierra de la Culebra, se planteó una metodología que combinaba técnicas de campo y de gabinete (Fig. 2). En primer lugar, se efectuó una revisión de antecedentes que incluyó la búsqueda de información en el visor de patrimonio cultural de la Junta de Castilla



Fig. 2.- Diagrama de flujo de la metodología empleada en esta investigación.

y León sobre los asentamientos y lugares de transformación de materias primas presentes en los sectores objeto de estudio, así como sobre su perímetro de protección como yacimientos arqueológicos (JCYL, 2025). A continuación, como punto de partida para la identificación y estudio de formas del relieve antrópicas potencialmente asociadas a la minería, se efectuó un reconocimiento inicial utilizando la primera fotografía aérea histórica existente: la serie A del vuelo americano de 1945-1946 (CNIG, 2025b). No obstante, como base para este trabajo se utilizó la fotografía aérea histórica asociada a la serie B del vuelo americano de 1956-1957 (CNIG, 2025b), dada su excelente resolución. Por otra parte, el uso de datos LiDAR, procedentes de los vuelos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional (1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> cobertura) (CNIG, 2025c), en la que se procesa y filtra una nube de puntos de 0,5-2 p/m<sup>2</sup> y precisión 40-20 cm, permitió elaborar un modelo digital del terreno (MDT) con un paso de malla de 1 m. Este MDT, al que se le aplicó un tratamiento con técnicas de mejora de la imagen siguiendo la metodología desarrollada por Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso (2016) para el estudio de este tipo de restos mineros, complementa la identificación realizada mediante fotografía aérea histórica. Asimismo, en la cartografía elaborada en este trabajo se optó por incluir referencias a los elementos fluviales y de escorrentía superficial y/o a la toponomía presente en minutias cartográficas históricas (CNIG, 2025a), ya que en muchos casos guardan una estrecha relación con la minería aurífera antigua. Además, a escala cartográfica, se utilizó una equidistancia de 10 m entre curvas de nivel (CNIG, 2025d), de manera que facilitase la identificación de los diferentes elementos antrópicos sobre un mapa topográfico. Todo ello siguiendo la metodología descrita en otros trabajos previos sobre minería aurífera en el noroeste peninsular, en los cuales la huella de la explotación minera antigua puede inferirse a partir de la cartografía de formas geomorfológicas asociadas (Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso, 2016; Fernández-Lozano *et al.*, 2020; Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). Posteriormente, es fundamental complementar las observaciones realizadas en gabinete (combinación de LiDAR y fotografía aérea actual e histórica) con el reconocimiento *in situ* en campo, para corroborar la presencia de los elementos

asociados a las potenciales labores mineras. Asimismo, se incluyó el uso de drones, lo que permitió mejorar la descripción de la infraestructura minera asociada a las labores identificadas (p. ej., mediante la visualización *in situ* o la realización de fotografía aérea oblicua). Por otra parte, se reconocieron las distintas ULE presentes en la zona, con el fin de realizar una descripción estratigráfica, apoyada con análisis granulométricos, de los depósitos susceptibles de ser considerados como placeres auríferos. Finalmente, se estableció una correlación entre la infraestructura minera asociada a las labores y las características de los potenciales depósitos auríferos descritos, de la cual se extrajeron las conclusiones.

### Descripción de potenciales elementos de minería aurífera antigua sobre el paisaje

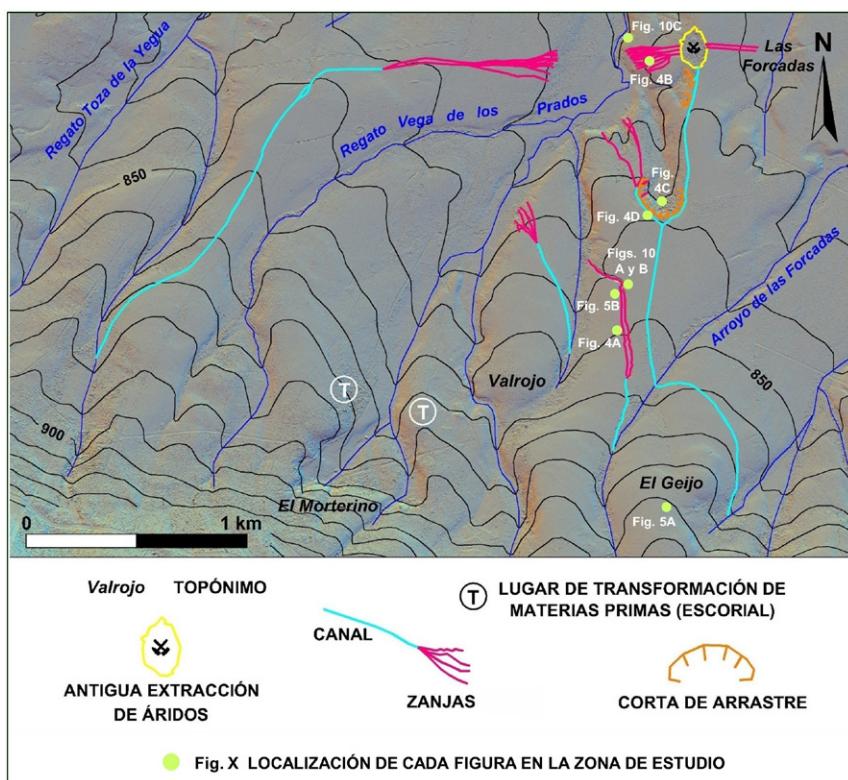
Para ahondar en detalles sobre la presencia de nuevas labores de minería aurífera en la sierra de la Culebra, procedemos al estudio pormenorizado de los dos sectores ya indicados: Valrojo y arroyo de Becerril.

#### Sector de Valrojo

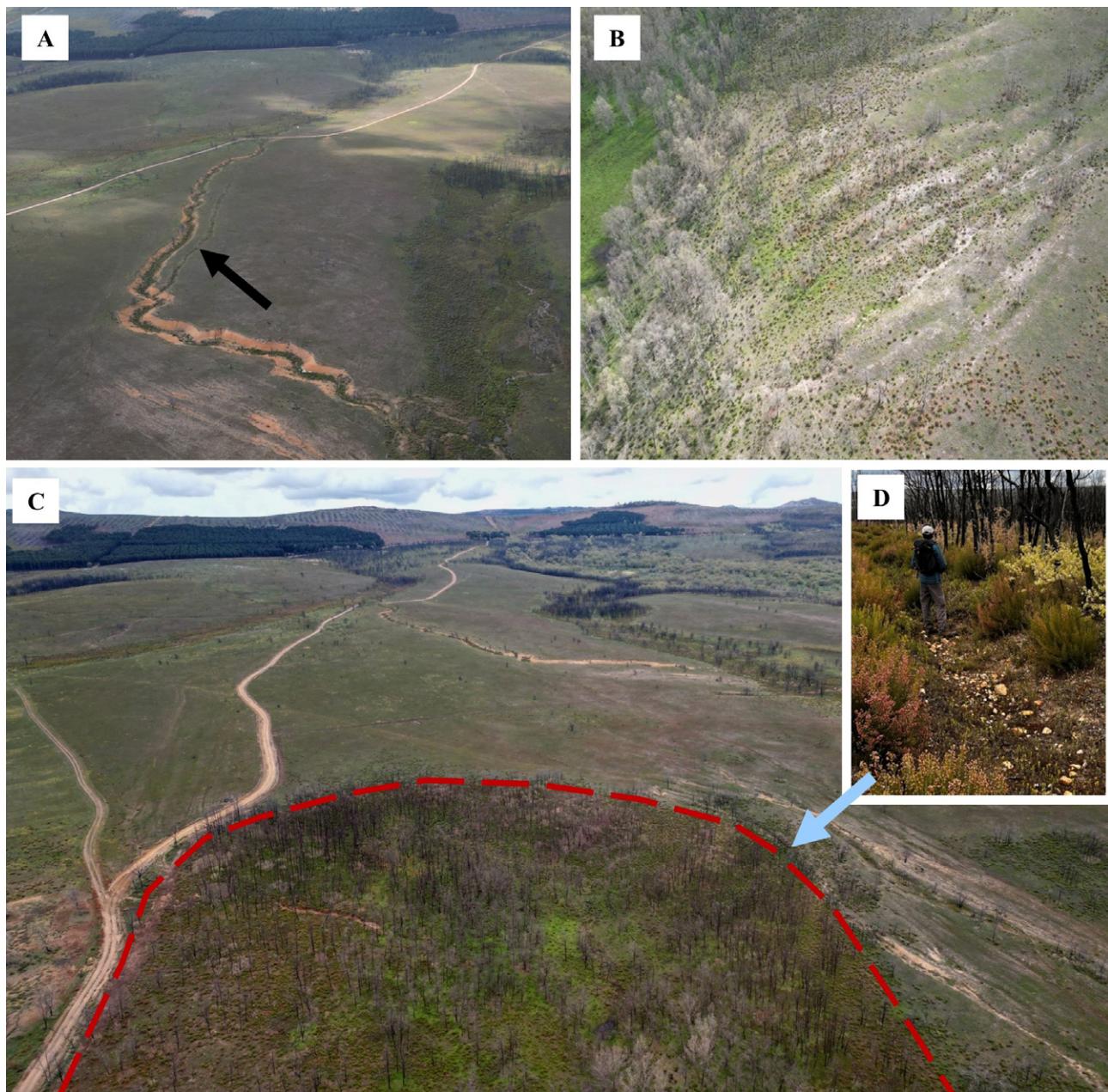
El sector de Valrojo se ubica al sur de la localidad de Villanueva de Valrojo y abarca, aproximadamente, el área comprendida entre dicha localidad, como límite al norte, y el trabajo previo de Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano (2025), como límite al sur (Fig. 1). Como característica común de estas labores mineras, destaca que la red hidráulica de abastecimiento siempre comienza con la captura de pe-

queños arroyos (Fig. 3). No obstante, la red de drenaje de la que se abastecen las labores ha tenido un corto recorrido previo a su captura, puesto que su nacimiento se identifica en manantiales próximos. Como criterio para proceder a su estudio, la descripción de las labores mineras se va a realizar en función de su situación geográfica, partiendo del extremo occidental al oriental de este sector. En este sentido, la labor minera más occidental se inicia en un canal de abastecimiento que capta, por su margen derecha y a una cota aproximada de 878 m s.n.m., a un afluente del regato Toza de la Yegua. Discurre durante 2,5 km por el interfluvio asociado a este curso fluvial y al del regato de Vega de los Prados, finalizando en un conjunto de trabajos hidráulicos de erosión asociados a zanjas con surcos divergentes. Con respecto a este canal de abastecimiento, hay que indicar que, entre su tramo inicial e intermedio, discurre de forma paralela a otro relativamente reciente, el cual no se identifica en la serie A del vuelo americano de 1945-1946 (CNIG, 2025b), a diferencia del que condujo el agua a las labores. La segunda zona identificada con trabajos hidráulicos de erosión se abastece de la captura, por su margen izquierda y a una cota aproximada de 848 m s.n.m., de un afluente del regato Vega de los Prados. Tras 500 m de recorrido, el canal asociado a la red hidráulica de abastecimiento se ramifica en surcos divergentes, cuyo objetivo era la erosión por lavado del depósito sedimentario. Más al este se ha identificado otro canal de abastecimiento que, en este caso, capta al arroyo de las Forcadas por su margen izquierda, a una cota aproximada de 868 m s.n.m. En este caso, tras recorrer una distancia de 800 m, es muy llamativo el codo que efectúa la zanja-canal principal, cuya

incisión en el terreno llega a superar los 4 m de profundidad y los 25 m de anchura (Fig. 4A). Paralela a la zanja-canal anterior, se ha identificado otra secundaria que desagua en la principal antes de que esta efectúe el codo. Finalmente, se identifica un último canal, cuyo inicio se ubica en una zona de manantiales situada al este del paraje del Gejo, a una cota aproximada de 870 m s.n.m. Tras un recorrido de 800 m, capta también al arroyo de las Forcadas, prosiguiendo durante otros 500 m más por el interfluvio asociado a dicho arroyo y al del afluente del regato Vega de los Prados, hasta la cota 840 m s.n.m. Llegados a este punto, el canal se divide en dos, bordeando ambos el perímetro asociado a la cabecera de una corta de arrastre: uno hacia el noreste y el otro hacia el noroeste, el cual se ramifica en zanjas con surcos divergentes antes de finalizar. El canal anteriormente indicado que proseguía hacia el noreste llegaba hasta las labores ubicadas en el paraje de las Forcadas, sirviendo también



**Fig. 3.-** Representación de la traza de las labores de minería aurífera antigua identificadas en el sector de Valrojo. Base: imagen LiDAR (CNIG, 2025c).



**Fig. 4.-** Aspecto de algunas de las labores mineras presentes en el sector de Valrojo. **A.** Zanja-canal con codo en su tramo final. Paralela a esta, se ha identificado otra secundaria (flecha negra) que desemboca en la principal antes de que esta efectúe el codo. **B.** Zanjas en forma de surcos divergentes al oeste del paraje de Las Forcadas. **C.** Corta de arrastre (indicada con línea discontinua y sombreado rojo). **D.** Aspecto de uno de los canales que discurren por el perímetro exterior de la corta de arrastre anterior (flecha azul), utilizados para el abastecimiento de los trabajos hidráulicos de erosión.

de abastecimiento de otras dos pequeñas cortas de arrastre previas. En las Forcadas se identifican dos zanjas en dirección este y numerosas zanjas en forma de surcos divergentes que parten hacia el oeste (Fig. 4B). No obstante, su tramo superior se encuentra destruido por lo que se presupone que fue una antigua extracción de áridos, la cual no consta en ningún inventario, a diferencia de otras cercanas de cronología más reciente, de las que sí figura su registro (IGME, 1972; IGME, 2025). Asimismo, se ha constatado su presencia en la primera fotografía aérea existente: la serie A del vuelo americano de 1945-1946 (CNIG, 2025b). Por tanto, no descartamos que, en su origen, pudiera haber estado relacionada con la extracción de áridos para la cons-

trucción de la Vía XVII del itinerario de Antonio, cuyo trazado discurre a escasos metros de las labores mineras y que unía *Bracara Augusta* con *Asturica Augusta* (Loewinsohn, 1965). Con respecto a la corta de arrastre anteriormente indicada, tal y como se señaló, su cabecera se identifica a una cota aproximada de 840 m s.n.m. y presenta una morfología semicircular (Fig. 4C), discurriendo los canales ya descritos por el exterior de su perímetro, los cuales también servían para el abastecimiento de la explotación (Fig. 4D). Presenta una anchura de 200 m y una profundidad de hasta 15 m, fruto de los trabajos hidráulicos de erosión que allí se desarrollaron.

Una vez descritas las labores mineras identificadas en

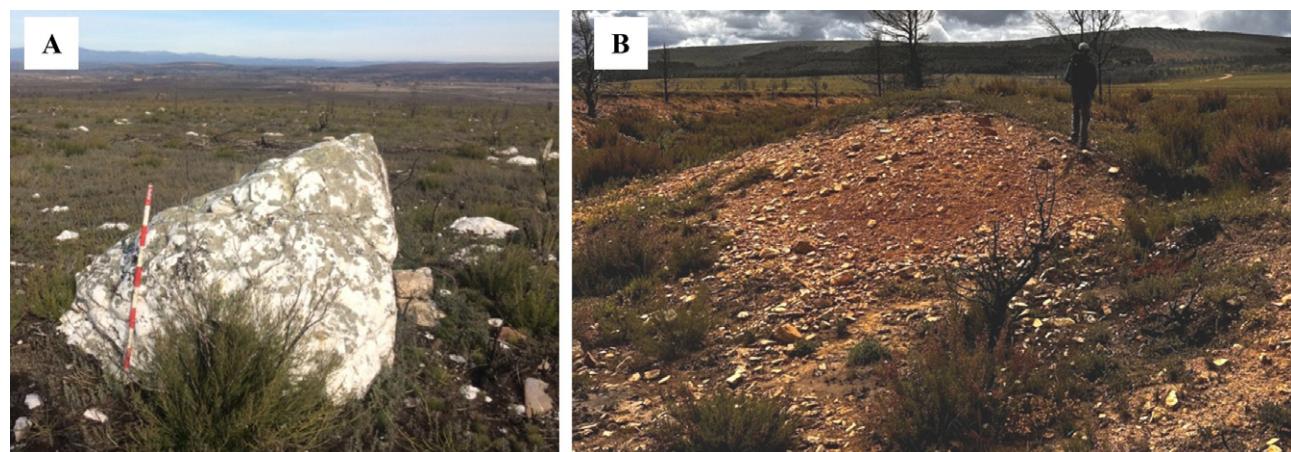
este sector de Valrojo, se comprueba que la red hidráulica de abastecimiento presenta una pendiente cercana al 2 %. No obstante, lo prioritario era conducir el agua erosionando lo menos posible, a diferencia de los tramos finales de la red, donde el objetivo era erosionar el terreno. Por ello, las zanjas asociadas a los trabajos hidráulicos de erosión presentan una pendiente mayor, que llega a alcanzar el 6 %. No obstante, la red hidráulica en todo este sector se encuentra en un avanzado estado de colmatación y parcialmente conservada. Asimismo, puntualmente se han identificado junto a las labores depósitos antrópicos, que con toda probabilidad corresponden a estériles de tipo minero (murias), constituidos por acumulaciones de bloques y cantos, que en ciertos casos alcanzan los 25 cm de tamaño.

Otro aspecto a reseñar es la toponimia circundante a las labores mineras, con ejemplos como El Morterino, Las Forcadas o El Gejo (Fig. 5A). Dichos topónimos son recurrentes en otras zonas con presencia de minería aurífera antigua en el noroeste peninsular, al igual que el propio nombre con el que se conoce a este sector (Valrojo). Según Riesco (2018), el topónimo Valrojo expresa generalmente la coloración del terreno, en referencia a su cromatismo “rubeus”, rojo o rojizo (Fig. 5B). En este sentido, Pérez-García y Sánchez-Palencia (2000) afirman que la coloración rojiza de los depósitos, producto de procesos de rubefacción (Fernández-Lozano *et al.*, 2016), pudo ser un factor que llamara la atención de los prospectores en época antigua, además de la experiencia acumulada sobre su posible valor aurífero.

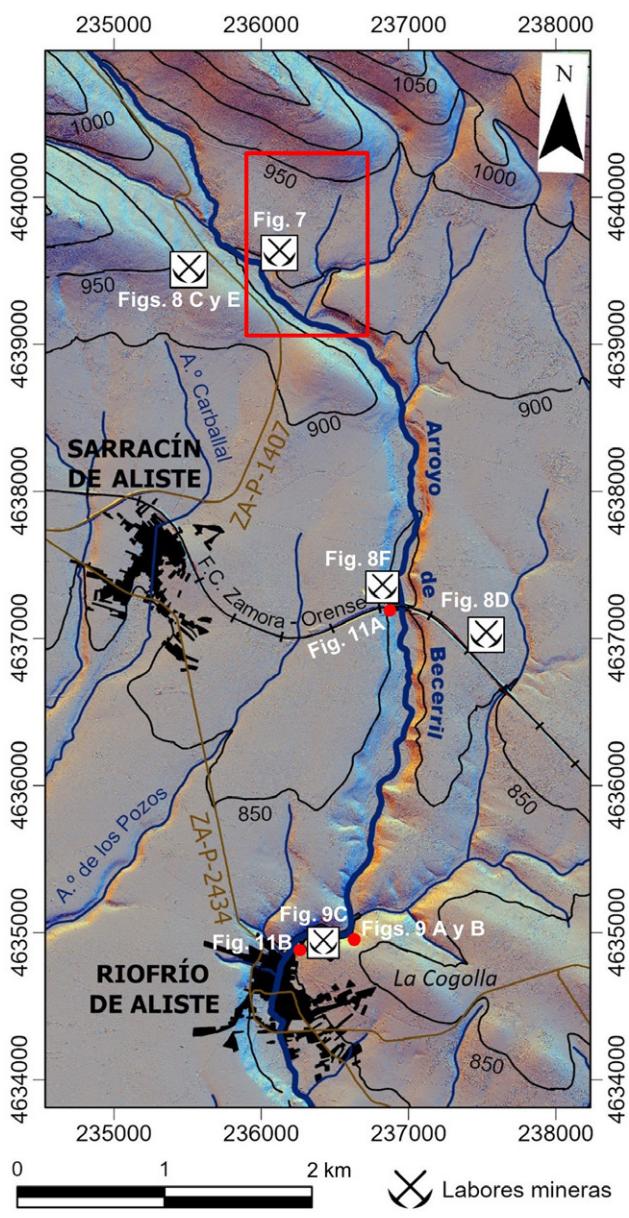
#### *Sector del arroyo de Becerril*

Dentro de este sector del arroyo de Becerril se han incluido diversas labores identificadas en las proximidades de las localidades de Sarracín de Aliste y Riofrío de Aliste (Fig. 1). En concreto, el arroyo de Becerril, también llamado “río Frío”, nace en la fuente de Moya Pan, según minutas cartográficas históricas (CNIG, 2025a). En este sentido, parte de las labores identificadas se encuentran próximas a su nacimiento, en las cercanías de ambas márgenes del arroyo (Fig. 6). La primera de ellas se abastece

de la captura, por su margen derecha y a una cota aproximada de 927 m s.n.m., de un afluente del arroyo de la Mouta (Fig. 7). Tras 450 m de recorrido, el canal asociado a la red hidráulica de abastecimiento (Fig. 8A), identificable en la fotografía aérea histórica por la anomalía visible de coloración negruzca asociada a una mayor presencia de humedad, finaliza en una pequeña corta de arrastre (Fig. 8B), situada en la margen izquierda del arroyo de Becerril. Presenta una anchura de 40 m y una profundidad de hasta 7 m, fruto de los trabajos hidráulicos de erosión que allí se desarrollaron, intuyéndose en la fotografía aérea asociada a la serie B del vuelo americano de 1956-1957 (CNIG, 2025b) lo que podría corresponder con un pequeño estanque en cabecera. Asimismo, se ha identificado la traza de otro hipotético canal de abastecimiento, el cual discurriría paralelo al ya mencionado, a unos 130 m al norte de este. No obstante, todo el conjunto se encuentra bastante afectado por la actividad antrópica reciente. Ya en la ladera de enfrente, correspondiente a la margen derecha del arroyo de Becerril, se identifica todo un entramado de zanjas-cañal que no solo desaguan hacia dicho arroyo, sino también hacia el de Carballal (Fig. 8C). Si nos situamos en el collado que separa ambas vertientes, a una cota aproximada de 833 m s.n.m., se observa que las zanjas que desaguan hacia la vertiente del arroyo de Carballal lo hacen en forma de surcos convergentes que finalizan en un único canal de lavado o desagüe. Sin embargo, hacia la vertiente del arroyo de Becerril las zanjas se disponen de forma antagónica, es decir, en forma de surcos divergentes, de los cuales, en ciertos casos, surgen nuevas ramificaciones. Con respecto a la procedencia del agua que pudo abastecer estas labores, no se descarta que pudiera haber existido un estanque en el collado que separa ambas vertientes. Asimismo, en las proximidades del collado y a una cota aproximada de 938 m s.n.m., se ha identificado una pequeña depresión sobre el terreno, la cual pudo hacer las veces de estanque en cabecera. Estratigráficamente, se puede distinguir un suelo de carácter turboso, lo cual es indicativo de la presencia de una superficie favorable para la acumulación de agua. No obstante, en la actualidad resulta muy complicado —o en ciertos casos imposible— reconocer gran parte de los ele-



**Fig. 5.-** A. Paraje del Gejo, caracterizado por la abundante presencia de cuarzo lechoso de color blanco. B. Coloración rojiza del depósito sedimentario en una de las labores mineras del sector de Valrojo. El relieve del fondo corresponde con el zócalo paleozoico.

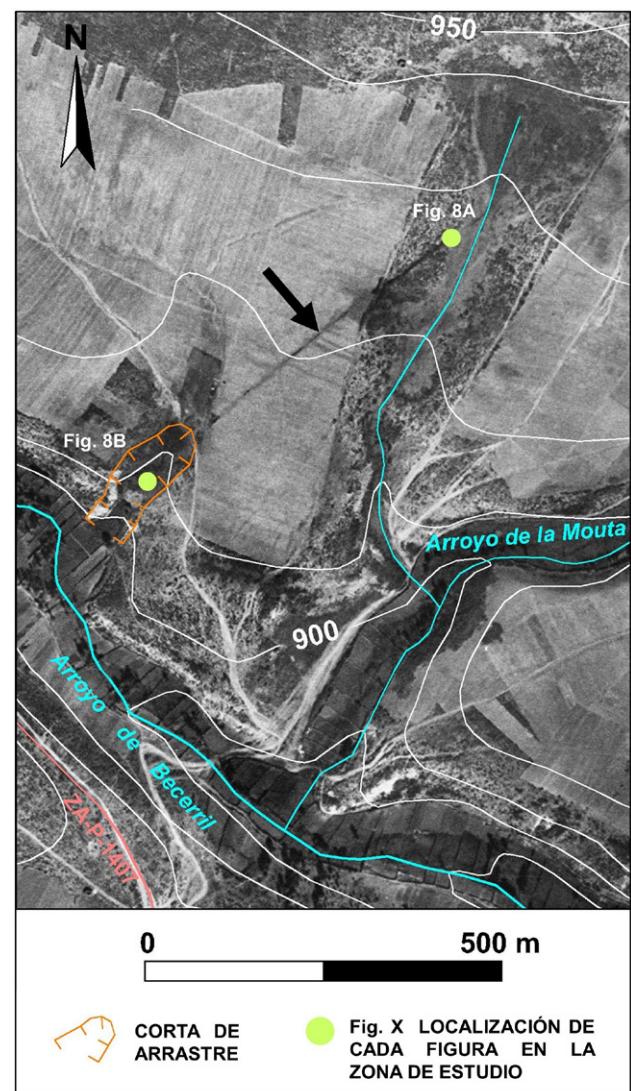


**Fig. 6.-** Localización de las labores de minería aurífera antigua identificadas en el sector del arroyo de Becerril. Base: imagen LiDAR (CNIG, 2025c).

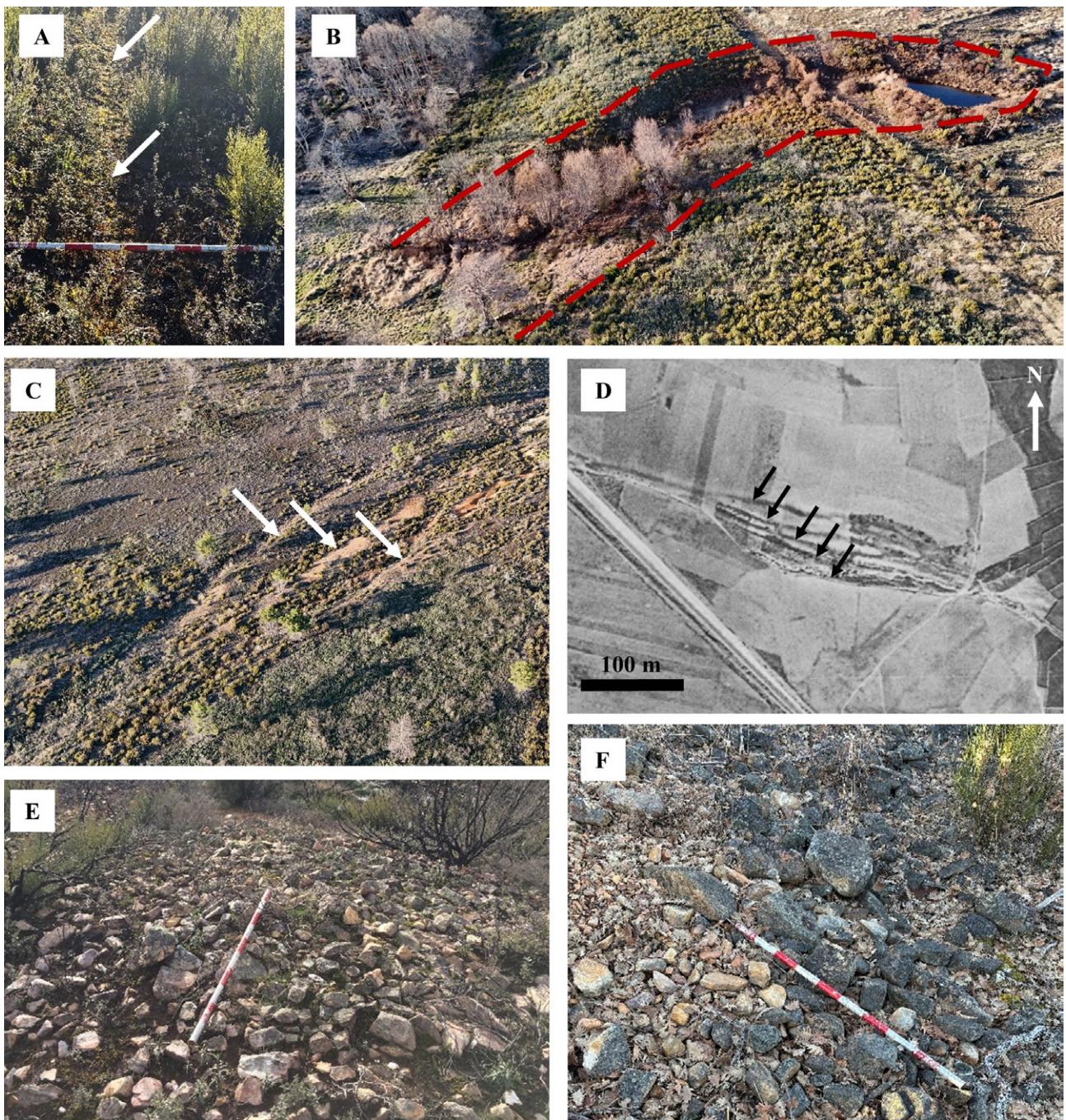
mentos antrópicos asociados a las labores mineras, debido a la intensa repoblación forestal efectuada en la década de los 70 del siglo pasado y a la realización de cortafuegos o caminos que las han destruido. Esta circunstancia también se pone de manifiesto en lo que parece que fueron unas labores situadas junto al viaducto de la línea de ferrocarril Zamora – Orense que atraviesa el arroyo de Becerril. En concreto, en la ladera de la margen derecha se intuye un conjunto de zanjas mediante las que se pudo perseguir el lavado superficial del depósito de ladera. Asimismo, en la zona superior de la ladera de enfrente (margen izquierda del arroyo de Becerril) todavía se vislumbra la traza de lo que pudo ser una labor minera en “cola de caballo”, en la que una zanja principal se bifurca en otras secundarias, que posteriormente se reúnen en lo que sería el canal de lavado

(Fig. 8D). Al igual que en el sector de Valrojo, puntualmente se han identificado junto a las labores de este sector depósitos antrópicos, que con toda probabilidad corresponden a estériles de tipo minero (murias), constituidos por acumulaciones de bloques y cantos, que en ciertos casos superan los 25 cm de tamaño (Figs. 8E y 8F).

Finalmente, es preciso abordar el testimonio sobre la localidad de Riofrío de Aliste dado en el siglo XVIII por el geógrafo real Tomás López, en el que indica que: “sale del Regachuelo una gran zanja” (Lorenzo-Arribas, 2012), en alusión a una conducción hidráulica que se inicia en el arroyo de Becerril. No obstante, posteriormente apostilla que dicha zanja “pudo ser un camino cubierto” (Lorenzo-Arribas, 2012). Con respecto a su posible relación con minería antigua, en otras zonas del noroeste peninsular, con posterioridad a la explotación minera, la red hidráulica romana se transformó en caminos, también denominados carriles (Sáenz y Vélez, 1974). Por ello, se ha realizado un reconocimiento de ambas márgenes del arroyo de



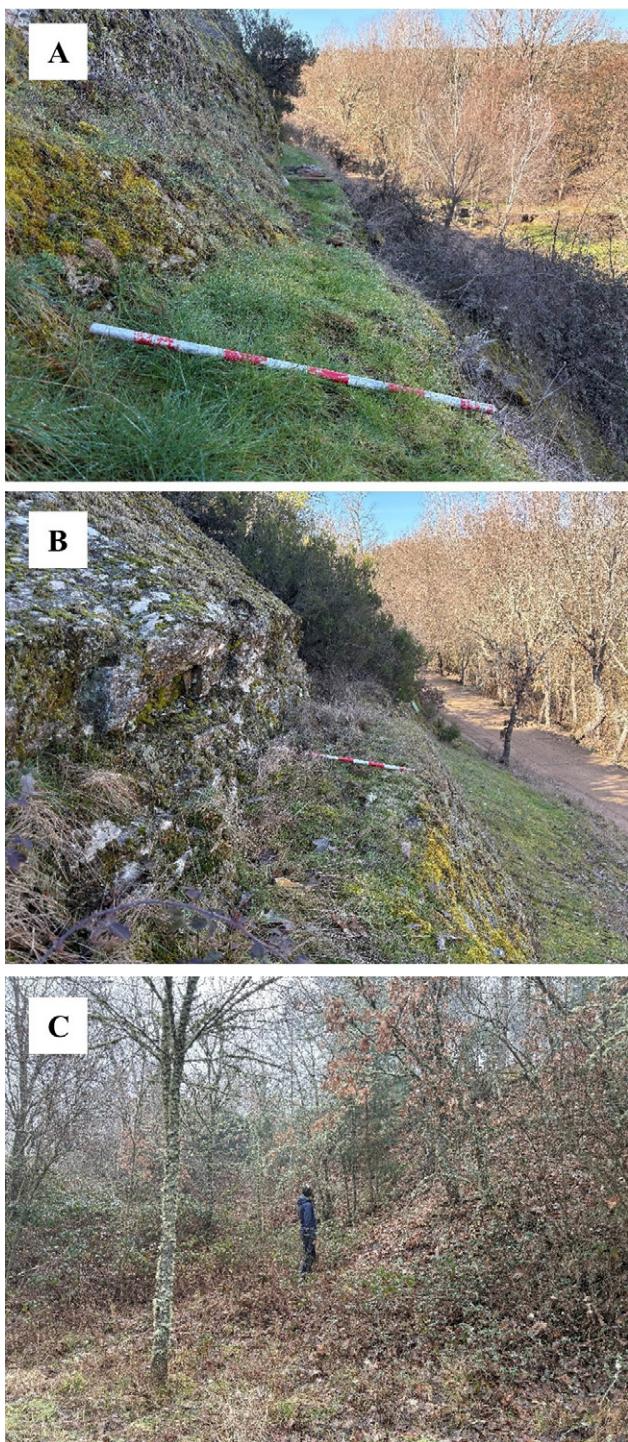
**Fig. 7.-** Corte de arrastre situada en la margen izquierda del arroyo de Becerril y canal asociado a la red hidráulica de abastecimiento (flecha negra). Base: fotograma de la serie B del vuelo americano de 1956-1957 (CNIG, 2025b).



**Fig. 8.-** Aspecto de algunas de las labores mineras presentes en el sector del arroyo de Becerril. **A.** Canal de abastecimiento (flechas blancas) que finaliza en la pequeña corta de arrastre situada en la margen izquierda del arroyo de Becerril. **B.** Imagen tomada con dron de la citada corta de arrastre (indicada con línea discontinua y sombreado rojo). **C.** Zanjas (flechas blancas) existentes en la margen derecha del arroyo de Becerril. **D.** Labor minera en “cola de caballo”, situada junto al viaducto de la línea de ferrocarril Zamora – Orense que atraviesa el arroyo de Becerril (zona superior de la ladera de la margen izquierda). Las flechas negras indican la posición de las zanjas secundarias. Base: fotograma de la serie B del vuelo americano de 1956-1957 (CNIG, 2025b). **E y F.** Acumulaciones de cantos y bloques que probablemente corresponden con estériles mineros (murias).

Becerril con el fin de identificar posibles evidencias de la traza de dicha conducción hidráulica. Fruto de este, en la ladera rocosa situada junto al camino de los molinos (margen izquierda del arroyo de Becerril) se localizó lo que podría ser la traza de un antiguo canal labrado en la roca. La anchura de este hipotético canal sería de aproximadamente 1 m, identificándose en varios puntos su caja en la roca (Figs. 9A y 9B). Continuando su traza aguas

abajo, a los pocos metros, se localizó un zanjón de unos 40 m de anchura y hasta 7 m de profundidad (Fig. 9C), identificándose otro de menor entidad a unos 100 m de distancia, justo antes de las primeras casas de la localidad de Riofrío de Aliste. Ambos zanjas, ubicados en la ladera noroccidental del alto de la Cogolla, son el resultado de la erosión por lavado superficial del depósito de ladera y del perfil de alteración asociado al basamento Paleozoico.



**Fig. 9.- A y B.** Caja de lo que podría ser un antiguo canal labrado en la roca, identificada en varios puntos de la ladera rocosa y situada junto al camino de los molinos (margen izquierda del arroyo de Becerril). **C.** Aspecto del zanjón principal, actualmente cubierto por la vegetación.

Con respecto a la presencia de minas en Riofrío de Aliste, Tomás López en el siglo XVIII ya indicaba que: “aunque ciega con el tiempo, hay una boca de cueva, y al pie de ella llaman la Huerta del Rey Moro” (Lorenzo-Arribas, 2012). Dicha cueva podría corresponder con la mina (galería) a la que hace alusión Rodríguez-Fernández (1991), al indicar que: “de ella se viene hablando desde tiempos antiquísimos por las gentes del lugar y se supone de hierro, sin que se

haya llegado a concretar nada exactamente ni de la época, ni de producción, ni de posibles explotadores” (Rodríguez-Fernández, 1991). En este sentido, el propio Rodríguez-Fernández (1991) planteaba la posibilidad de que no solo hubiera labores mineras en La Cogolla (margen izquierda del arroyo de Becerril), sino también en la otra margen del arroyo. No obstante, no hemos podido identificar sobre el terreno dichas galerías mineras, si bien la población de mayor edad de la localidad todavía tiene recuerdos de la situada en La Cogolla, por lo que no podemos determinar cuál pudo ser el elemento a explotar, ni la cronología de las mismas.

Por último, al igual que en Valrojo, en el sector del arroyo de Becerril también llama la atención la existencia de topónimos que son recurrentes en otras zonas con presencia de minería aurífera antigua en el noroeste peninsular, con ejemplos como El Mortero, El Carrilón o Peña Quebrada.

#### Descripción estratigráfica de los potenciales depósitos auríferos

Una vez identificados en el paisaje los elementos y las morfolologías antrópicas susceptibles de constituir vestigios de minería aurífera antigua, se procede a realizar una descripción más detallada de los potenciales depósitos auríferos presentes en ambos sectores.

Estratigráficamente, en los depósitos cenozoicos del sector de Valrojo se identifica un tramo inferior, de aproximadamente 2 m de potencia (Fig. 10A). Está constituido por un ortoconglomerado con cantos subangulosos de cuarzoarenita (90 %) y cuarzo (10 %), con presencia de pátinas blancas de lavado y ferruginización interna. Este tramo inferior presenta un centímetro que está comprendido entre 3 y 4 cm, identificándose clastos de hasta 25 cm. Presenta una matriz amarillenta rojiza de tipo arenolimoso, cementada por óxidos de hierro. A techo del tramo inferior se identifica un tramo superior de tipo coluvial, que presenta unos 20 cm de potencia (Fig. 10B). Está constituido por cantos angulosos de cuarzo (65 %) y cuarzoarenita (35 %), identificándose también la presencia de cantos negros ferruginosos. El centímetro que presenta este tramo superior está comprendido entre 1 y 2 cm, identificándose clastos de hasta 10 cm. Presenta una matriz beige-rojiza, siendo la fracción fina de tipo arenoso y con presencia de materia orgánica. La presencia de clastos subangulosos en ambos tramos, asociados a depósitos de tipo aluvicoluvial, indica la proximidad del área fuente. En gran medida, proceden de la fracturación, meteorización y posterior desmantelamiento de la Fm. Puebla, así como de las venas de cuarzo o brechas de falla que rellenan las discontinuidades presentes en el macizo rocoso asociado a esta formación. No obstante, en estas superficies de gran extensión que sirven de nexo de unión entre la sierra de la Culebra y el valle del Tera, también se ha constatado la presencia de terrazas fluviales (Martín-Serrano, 1988). Por último, discordante y a muro de los depósitos cenozoicos, se identifica la Fm. Ollo de Sapo. En general, presenta un elevado grado de alteración, destacando el predominio de la fracción arcillosa caolínica. No obstante, en diversos puntos del sector se han



Fig. 10.- Columna estratigráfica levantada en el sector de Valrojo: A. Tramo inferior. B. Tramo superior. C. Fm. Ollo de Sapo.

identificado afloramientos rocosos de la Fm. Ollo de Sapo, como el existente en la margen derecha del Regato Vega de los Prados (junto a las labores mineras de Las Forcadas), el cuál fue utilizado como cantera histórica (Fig. 10C).

Con respecto al sector del arroyo de Becerril, se ha identificado un depósito compuesto por conglomerados con cantos, en proporción variable, de cuarcita, cuarzo y pizarra, que constituyen superficies de poca pendiente que tapizan extensiones kilométricas (Fig. 11A). La morfología de los cantos varía entre subangulosa y redondeada, siendo muy heterométricos. No obstante, algunos de ellos llegan a alcanzar los 40 cm de longitud, siendo muy habitual la presencia de cantos rubefactados. Este tramo presenta una matriz con contenido variable de arcillas y arenas, siendo su coloración rojiza o pardo-amarillenta. Su potencia aproximada alcanza los 4 m, aunque puede variar lateralmente (Nuño *et al.*, 1982), considerándose este tipo de depósitos como Pliocuaternarios de tipo raña (Martín-Serrano, 1988). A techo del tramo anterior, en algunos casos, se identifica un tramo superior de tipo coluvial que, a modo de recubrimiento, tapiza las laderas de la sierra. Está constituido fundamentalmente por cantos de cuarcita de tamaño variable, siendo su matriz arcilloso-arenosa y su potencia generalmente escasa. No obstante, el encajamiento de la red fluvial actual también ha generado una serie de depósitos coluviales más modernos, fruto de la incisión generada por los arroyos sobre los depósitos de tipo aluvio-coluvial anteriormente descritos. En este caso, los encontramos en las vertientes de ambas márgenes del arroyo de Becerril (Fig. 11B), presentando cantos de cuarcita de tamaño variable en una matriz arcillosa de coloración rojiza-grisácea. Los depósitos cenozoicos están discordantes sobre las unidades paleozoicas, que en este sector corresponden con la Fm. Culebra y la Fm. San Pedro de las Herrerías, identificándose pequeños recubrimientos arcilloarenosos fruto de su alteración “in situ”.

Por último, la presencia de acumulaciones antrópicas de bloques, que probablemente corresponden con estériles mineros (murias), es patente en ambos sectores. Por ejemplo, la presencia en el sector de Valrojo de cantos que, en algunos casos, alcanzan los 25 cm de tamaño máximo en el tramo sedimentario a techo del basamento paleozoico hace pensar que, en ciertas labores, todo el depósito cenozoico pudo ser explotado hasta alcanzar el lecho de roca (*bedrock*). Esto se deduce al observar en los depósitos de estériles bloques que también alcanzan los 25 cm de tamaño, a mayores de los existentes que puedan ser propios del nivel estratigráfico superior (cuyo tamaño máximo únicamente alcanzaba los 10 cm). Es decir, el tamaño de los cantos o bloques asociados a las acumulaciones de estériles (murias) sirve como indicador de la granulometría del depósito sedimentario que fue explotado.

## Discusión

A grandes rasgos, los potenciales trabajos de minería aurífera antigua descritos en los sectores de Valrojo y del arroyo de Becerril presentan elementos comunes, similares a los de otras labores presentes en el noroeste peninsular.



**Fig. 11.-** A. Aspecto del depósito de tipo raña en una trinchera de la línea de ferrocarril Zamora – Orense, situada junto al viaducto que atraviesa el arroyo de Becerril. B. Depósito coluvial presente junto a la localidad de Riofrío de Aliste (ladera noroccidental del alto de la Cogolla).

En lo relativo a la red hidráulica de abastecimiento, para el desarrollo de las labores mineras en ambos sectores fue necesaria la captación de agua a partir de los arroyos circundantes, constituyendo el agua uno de los elementos más importantes para su desarrollo (Sánchez-Palencia, 1983). Un ejemplo destacado de ello en la provincia de Zamora es la captación del río Bibey, junto a la localidad de Pías, para el abastecimiento de las explotaciones auríferas romanas situadas en el municipio orensano de Viana do Bolo (Sáenz y Vélez, 1974). Sin embargo, en otras ocasiones es imposible el abastecimiento de agua mediante la captura de ríos o arroyos, siendo necesario realizar estanques de cabecera de los cuales parte la red hidráulica, como en el caso de las labores mineras situadas en los sectores de la sierra de la Culebra de Valdemanzanal y Valdemolinos (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). En dichas labores, al igual que en otras explotaciones auríferas de la provincia de Zamora, como las del piedemonte de Justel (Andrés-Bercianos *et al.*, 2021b), se constató que los estanques de cabecera también se ubican sobre el perfil de alteración paleozoico (pizarras alteradas), al constituir un sustrato idóneo por su baja permeabilidad y su alta retención específica de agua (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). No obstante, tanto los estanques situados en cabecera como la captación de los ríos y arroyos circundantes alimentan los distintos canales de abastecimiento, que conducen el agua hasta las zonas donde se desarrollaron los trabajos hidráulicos de erosión. No hay que obviar que estas estructuras de abastecimiento antiguas también han podido reaprovecharse con posterioridad para otros usos, al igual que en otras zonas del noroeste peninsular con presencia de minería aurífera antigua (Sánchez-Palencia, 2014). En los sectores de Valrojo y del arroyo de Becerril, estos canales de abastecimiento presentan una longitud no superior a 2,5 km, discurren mayoritariamente por zonas de interfluvio situadas entre pequeñas vaguadas y su pendiente aproximada es del 2 %.

En este caso, su pendiente es similar a la de otros canales romanos de abastecimiento realizados sobre sedimento, como los existentes en el sector S-4 de las explotaciones auríferas salmantinas del Cabaco (Sánchez-Palencia, 2014). A este respecto, Sánchez-Palencia (2014) afirma que valores relativamente elevados de la pendiente sólo son posibles en canales relativamente cortos, en cuyo caso el agua debe entrar con fuerza a las labores, o regulados cada cierto tiempo por depósitos. Esto sería impensable para canales de abastecimiento más largos, como los de Las Médulas, algunos de los cuales superan el centenar de kilómetros de longitud y cuya pendiente difícilmente alcanza el 0,5 % (Sánchez-Palencia, 2014). Por todo lo anteriormente enumerado, la tipología del sustrato (sedimentario o rocoso) y sus características asociadas (p. ej., porosidad y permeabilidad), junto con diversos condicionantes orográficos e hídricos, representan factores determinantes en la configuración de la red hidráulica de abastecimiento presente en cada sector minero.

En lo relativo a los trabajos hidráulicos de erosión identificados en los sectores de Valrojo y del arroyo de Becerril, también se constató que presentan una tipología similar a la de otras labores de minería aurífera antigua presentes en el noroeste peninsular. Es el caso de las zanjas en “cola de caballo”: un método de explotación aurífera adscrito a la época romana (Pérez-García, 1977). En particular, en la sierra de la Culebra se ha identificado esta tipología tanto en el sector del arroyo de Becerril como en el de Valdemanzanal (Andrés-Bercianos *et al.*, 2025), así como en zonas cercanas, como en el valle del río Negro (Andrés-Bercianos *et al.*, 2021a). Otra de las tipologías de trabajos hidráulicos de erosión identificadas en ambos sectores fueron las zanjas en forma de surcos divergentes. En concreto, este método también ha sido recientemente documentado en otras zonas próximas a la sierra de la Culebra, como el piedemonte de Justel (Andrés-Bercianos *et al.*, 2021b) o el valle del río Negro (Currás *et al.*, 2014;

Andrés-Bercianos *et al.*, 2021a). Por otra parte, a diferencia de la red hidráulica de abastecimiento, donde lo prioritario era conducir el agua erosionando lo menos posible, en la red hidráulica de erosión la pendiente de las zanjas es mayor (aproximadamente entre el 2 % y el 8 %), puesto que el objetivo es erosionar el sustrato. El anterior rango de pendiente se ajusta en gran medida a los valores de inclinación para los canales de lavado asociados a laboreo aurífero (entre el 2,1 % y el 6,2 %), así como a los cuantificados, por ejemplo, para los surcos de las explotaciones auríferas salmantinas del Cabaco (Sánchez-Palencia, 2014). La presencia de pequeñas cortas de arrastre, abastecidas por canales realizados sobre sedimento, también ha podido documentarse en ambos sectores. Esta tipología de trabajos hidráulicos de erosión también ha sido documentada en zonas próximas con presencia de labores de minería aurífera antigua, como en el piedemonte de Justel (Andrés-Bercianos *et al.*, 2021b) o en el valle del río Negro, junto a la localidad de Doney de la Requejada (Currás *et al.*, 2014).

Por otra parte, se constata que, para las distintas tipologías de trabajos hidráulicos de erosión identificados en los sectores de Valrojo y del arroyo de Becerril, también se han seguido los patrones sistemáticos propios de las labores de minería aurífera antigua del noroeste peninsular. Es decir, en las cortas de arrastre identificadas en ambos sectores, los depósitos cenozoicos fueron explotados hasta llegar al zócalo Paleozoico. Ello concuerda, a nivel de explotación, con la hipótesis de que, en muchos casos, las mayores concentraciones de partículas de oro se sitúan en las proximidades del lecho de roca (*bedrock*) o en la base de las secuencias (IGME, 1982). Por otra parte, en ambos sectores se ha identificado la presencia de trabajos hidráulicos de erosión en forma de zanjas en “cola de caballo” o en surcos divergentes, realizados en depósitos cenozoicos poco potentes o en suelos de laderas suaves. Es decir, la sistemática de los trabajos pudo adaptarse en cada caso a criterios de operatividad y eficiencia, en función también de la potencia del depósito sedimentario existente hasta alcanzar el basamento y/o la base de las secuencias. En este sentido, la presencia de estériles de tipo minero junto a las labores constituye otro indicador asociado a la minería aurífera antigua, tal y como también se ha podido documentar en otras labores existentes en la sierra de la Culebra situadas junto a la localidad de Ferreras de Arriba (Andrés-Bercianos y Fernández-Lozano, 2025). No obstante, se desconoce la ley aurífera específica asociada a las ULE de la sierra de la Culebra, por lo que es necesario estimarla en futuros trabajos, así como reevaluar ciertos indicios asignados a la minería de hierro (galerías, calicatas, etc.), considerando su posible relación con la prospección o explotación aurífera antigua en primario. Podría ser el caso de trincheras o galerías realizadas en primario sobre los niveles cuarcíticos y con presencia de venas de cuarzo asociados al Miembro Litos de la Fm. Puebla, a la Fm. Culebra o a la serie de transición situada a muro de la Fm. San Pedro de las Herrerías, como en Peñas de Mayas (Sarracín de Aliste), La Cogolla y La Mayada (Riofrío de Aliste), Peña Agujereada (Ferreras de Arriba), Peña de los Cristales y El Caño (Mahide) o La

Cubanca (San Pedro de las Herrerías). Todo ello basado en los criterios que sugieren que las labores prospectivas se inician desde las zonas bajas hacia las cabeceras de los cursos fluviales (Domergue y Héral, 1977; Sánchez-Palencia, 1980), a partir de la evaluación aurífera de los ríos y arroyos, con el fin de alcanzar los hipotéticos yacimientos auríferos. Asimismo, es necesario extrapolar la metodología y técnicas aplicadas en este estudio a otros sectores de la sierra de la Culebra (Abejera, Cabañas de Aliste, San Pedro de las Herrerías y Boya) en los que, mediante un reconocimiento preliminar, hemos identificado lo que podrían ser trabajos sistemáticos de minería aurífera antigua, asociados también a una prospección extensiva realizada sobre depósitos secundarios.

Por último, reseñar también la presencia de topónimos recurrentes en ciertos parajes de los dos sectores estudiados en los que se ha identificado la presencia de labores de minería aurífera antigua, con ejemplos como El Mortero, El Morterino, El Carrilón, Peña Quebrada, El Gejo, Valrojo o Las Forcadas. Dichos topónimos también son recurrentes en otras zonas con presencia de minería aurífera antigua en el noroeste peninsular, afirmando Sáenz y Vélez (1974) que “las primitivas minas de oro llevan implícita una toponimia que sí, a veces, no es concreta e inequívoca por un solo término, su asociación resulta inconfundible”. Asimismo, resaltar la destacada importancia que la sierra de la Culebra tuvo en la Edad Antigua (Loewinson, 1965; Esparza, 1986; Larrazábal, 1995, 1996; Sastre, 2017), gracias al hallazgo de numerosos vestigios relacionados con asentamientos, la transformación de materias primas (escoriales) y la existencia de una vía romana que atravesaba la sierra de la Culebra (Vía XVII del itinerario de Antonio) y que unía *Bracara Augusta* con *Asturica Augusta*.

## Conclusiones

Las labores mineras descritas en los sectores de Valrojo y del arroyo de Becerril se ajustan a los patrones geológicos y mineros propios de otros trabajos sistemáticos de minería aurífera antigua presentes en el noroeste peninsular. Por su interés científico, constituyen vestigios, aún presentes sobre el paisaje, que deben ser preservados. Este trabajo subraya la necesidad de realizar un análisis del territorio basado en aspectos geológicos, geomorfológicos, estratigráficos y mineros, que ponen de manifiesto el valor de la Geoarqueología como disciplina. El desarrollo de futuros trabajos de investigación debe dirigirse a: i) extraer la metodología y técnicas aplicadas en este estudio a otros sectores de la sierra de la Culebra, con el objetivo de identificar nuevas labores de minería aurífera antigua; ii) determinar los tenores auríferos asociados a las ULE de la sierra de la Culebra; iii) realizar cubicaciones mediante el uso de nuevas tecnologías para establecer la cantidad de oro extraído de los diferentes depósitos secundarios, y iv) reevaluar ciertos indicios asignados a otros vestigios de minería (galerías, calicatas, etc.), considerando su posible relación con labores antiguas de prospección o explotación aurífera en primario.

## Agradecimientos y financiación

Los autores agradecen a Augusto Rodríguez-García y a M.<sup>a</sup> Ángela Suárez-Rodríguez (geomorfólogos de la UT IGME-CSIC León) las aportaciones realizadas para mejorar este trabajo, así como las efectuadas por los editores y revisores (Yolanda Peña Cervantes e Ildefonso Armenteros Armenteros). La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro. No obstante, se agradece al proyecto MPMIN (Gestión sostenible de las materias primas minerales, 000X) por las facilidades dadas para la presentación de este trabajo en el XI CGE celebrado en Ávila (2024).

## Contribución de autores

El manuscrito ha sido redactado por R.A.B., con la colaboración y revisión de J.F.L.; figuras, R.A.B. y J.F.L.; reconocimiento en campo y obtención de datos, R.A.B. y J.F.L.; imágenes de dron, elaboración de MDT y técnicas de mejora de la imagen, J.F.L; investigación/análisis, R.A.B. y J.F.L.

## Referencias

- Andrés-Bercianos, R., Alonso-Gavilán, G., Fernández-Lozano, J., 2019. Ingeniería hidráulica romana: caracterización de la red de abastecimiento hídrico de la explotación minera de Los Corralones (Espadañedo, Zamora). Revista de Obras Públicas, 3613: 70–75.
- Andrés-Bercianos, R., Fernández-Lozano, J., 2024. El Castiello de Lanseros (Zamora): sistemática de explotación aurífera y red hidráulica. XX Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. XXIV sesión científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, Libro de resúmenes: 18.
- Andrés-Bercianos, R., Fernández-Lozano, J., 2025. Minería antigua en la sierra de la Culebra: pasado, presente y futuro. En: Zamora Revisada. Historia, Patrimonio y Territorio. UNED e Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, 419-427 (En prensa).
- Andrés-Bercianos, R., Fernández-Lozano, J., Alonso-Gavilán, G., 2021a. Caracterización geológica e identificación de nuevas labores de minería aurífera antigua en los sectores de cabecera de los depósitos tipo raña en el valle del río Negro (Zamora). En: The Archaeology of ‘Underdog Sites’ in the Douro Valley: From Prehistory to the Modern Age (S. Sánchez de la Parra Pérez, S. Díaz Navarro, J. Fernández-Lozano, J. Jiménez Gadea, Eds.). Archaeopress, Oxford, 345-358. <https://doi.org/10.2307/jj.14638140.29>
- Andrés-Bercianos, R., Fernández-Lozano, J., Alonso-Gavilán, G., 2021b. Documentación de explotaciones mineras romanas y caracterización geológica de los placeres auríferos del piedemonte de Justel (Zamora). En: The Archaeology of ‘Underdog Sites’ in the Douro Valley: From Prehistory to the Modern Age (S. Sánchez de la Parra Pérez, S. Díaz Navarro, J. Fernández-Lozano, J. Jiménez Gadea, Eds.). Archaeopress, Oxford, 329-344. <https://doi.org/10.2307/jj.14638140.28>
- Arce, J.M., Monteserín, V., 1981. Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 306 (Villardeciervos) y memoria. IGME, Madrid.
- Azor, A., González-Lodeiro, F., Hacar, M., Martín-Parra, L.M., Martínez-Catalán, J.R., Pérez-Estaún, A., 1992. Estratigrafía y estructura del Paleozoico en el Dominio del Ollo de Sapo. En: El Paleozoico inferior de Ibero-América (J.C. Gutiérrez-Marco, J. Saavedra, I. Rábano, Eds.). Universidad de Extremadura, Badajoz, 469-483.
- Barrois, Ch., 1882. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. Mémoires de la Société Géologique du Nord, 2 (1), 630 p.
- Boixet, L., 2015. Prospección de yacimientos auríferos en la península ibérica. Tierra y Tecnología, 46: 3-8.
- Caldevilla, P., 2023. Geología y metalogenia de los Yacimientos de W-Sn y Au en el noroeste de la Península Ibérica: Peña do Seo (Zona Asturooccidental-Leonesa) y Sinclinal de Truchas (Zona Centroibérica). Tesis Doctoral, Univ. León, 161 p.
- CNIG, 2025a. Centro de descargas: documentación geográfica y cartografía antigua (en línea). Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional. <https://centrededescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (28/02/2025)
- CNIG, 2025b. Fototeca digital: Visualizador de fotogramas (en línea). Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional. <https://fototeca.cnig.es/fototeca/> (28/02/2025)
- CNIG, 2025c. PNOA: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (en línea). Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional. <https://pnoa.ign.es/> (28/02/2025)
- CNIG, 2025d. Visualizador Iberpix (en línea). Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.es/iberpix/> (28/02/2025)
- Currás, B., Romero, D., Sánchez-Palencia, F.J., Pecharromán, J.L., Reher, G., Alonso, F., 2014. Minería de oro antigua en la cuenca del río Negro (Zamora). En: Minería romana en zonas interfronterizas de Castilla y León y Portugal (Asturias y NE de Lusitania) (F.J. Sánchez-Palencia, Ed.). Junta de Castilla y León, León, 217-229.
- Díez-Montes, A., 2006. La geología del dominio Ollo de Sapo en las comarcas de Sanabria y Terra do Bolo. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca, 512 p.
- Domergue, C., Héral, G., 1977. Une méthode pour l' étude des mines antiques en alluvion: l' exemple des mines d'or romaines de la Valduerna (León, Espagne). Mélanges de la Casa de Velázquez, 13: 9-30. <https://doi.org/10.3406/casa.1977.2242>
- Esparza, Á., 1984. Explotaciones auríferas romanas en el valle del río Negro (Zamora). Anuario del Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, 1: 49-54.
- Esparza, Á., 1986. Los castros de la Edad del Hierro del norte de Zamora. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 415 p.
- Fernández, J.J., 1990. El tesorillo visigodo de Villafáfila (Zamora). Nymantia. Investigaciones Arqueológicas en Castilla y León, 3: 195-208.
- Fernández-Fernández, A., Montero, J.M., Moro-Benito, M.C., 1995. Los hierros sedimentarios ordovícicos del sinforme de Alcañices (Prov. de Zamora, España). Boletín Geológico y Minero, 106(5): 11-24.
- Fernández-Fernández, A., Prieto-Mazariegos, R., Timón-Sánchez, S.M., Moro-Benito, C., 2019. Indicios de oro en el Distrito Minero de Calabor: Área de Hermisede-La Tejera (Zamora). Revista de la Sociedad Española de Mineralogía, 24: 39-40.
- Fernández-Lozano, J., Blanco, J.A., Carrasco, R.M., Pedraza, J., Remondo, J., Bonachea, J., González-Díez, A., Bernardo-Sánchez, A., Méndez-Cecilia, A.J., Gutiérrez-Alonso, G., 2019.

- Nuevas evidencias del impacto de la minería aurífera romana mediante el estudio de marcadores geomorfológicos, drones y LiDAR en los piedemontes zamoranos. XV Reunión Nacional del Cuaternario de Bilbao (AEQUA), Libro de actas: 114-117.
- Fernández-Lozano, J., Blanco, J.A., García-Talegón, J., Franco, P., 2016. Rubefaction process as prospection criteria within the roman goldmining context of the Eria Gold Mining District (León, NW Spain). *Geo-temas*, 16(2): 371-374.
- Fernández-Lozano, J., Carrasco, R.M., Pedraza, J., Bernardo-Sánchez, A., 2020. The anthropic landscape imprint around one of the largest Roman hydraulic gold mines in Europe: Sierra del Teleno (NW Spain). *Geomorphology*, 357: 107094. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107094>
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., 2016. Improving archaeological prospection using localized UAVs assisted photogrammetry: An example from the Roman Gold District of the Eria River Valley (NW Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 5: 509-520. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.007>
- Florido, P., González-Clavijo, E., Ortega, C., 2002. Mapa metalogenético de España 1:200.000, hoja nº 28 (Alcañices) y memoria. IGME, Madrid.
- GEODE, 2025. Mapa Geológico Digital continuo de España (en línea). [http://mapas.igme.es/gis/rest/services/Cartografia\\_Geologica/IGME\\_Geode\\_50/MapServer](http://mapas.igme.es/gis/rest/services/Cartografia_Geologica/IGME_Geode_50/MapServer) (28/02/2025)
- González-Clavijo, E.J., 1997. La geología del Sínforme de Alcañices, oeste de Zamora. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca, 238 p.
- González-Clavijo, E., Álvarez de Melo, F., Domínguez, J.M., 2024. Geolodía 24 Zamora: Buscando pruebas de la rotura de un supercontinente antiguo. Sociedad Geológica de España, Salamanca, 8 p.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, 13(1-5): 7-27. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00012-7)
- IGME, 1972. Mapa de Rocas Industriales de España 1:200.000, hoja nº 28 (Alcañices) y memoria. IGME, Madrid.
- IGME, 1982. Inventario de las labores romanas de prospección y explotación de oro en el NO de la Cuenca del Duero. IGME, 58 p.
- IGME, 2025. BDMIN: Base de Datos de Recursos Minerales (en línea). Instituto Geológico y Minero de España. <https://info.igme.es/BDmin/> (28/02/2025)
- JCYL, 2025. Visor IDECyL: Yacimientos arqueológicos (en línea). Junta de Castilla y León. <https://idecyl.jcyl.es/vcig/> (28/02/2025)
- Julivert, M., Fontbote, J.M., Ribeiro, A., Conde, L., 1972. Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares 1:1.000.000. IGME, Madrid.
- Larrazábal, J., 1995. Prospección minero-metalúrgica en la sierra de la Culebra (Zamora): un caso de adaptación metodológica. *Acontia. Revista de Arqueología*, 1: 33-39.
- Larrazábal, J., 1996. Iron mining and metallurgy during the Roman and Medieval Periods in Zamora (Spain). En: The importance of ironmaking. Technical innovation and social changes, Tomo II (G. Magnusson, Ed.). Jernkontorets Bergistorika Utskott, Estocolmo, 167-175.
- Loewinsohn, E., 1965. Una calzada y dos campamentos romanos del Conventus Asturum. *Archivo Español de Arqueología*, 38(111): 26-49.
- Lorenzo-Arribas, J., 2012. Diccionario histórico-geográfico de la provincia de Zamora según las informaciones obtenidas por el geógrafo real Tomás López 1765-1798. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 342 p.
- Martínez-García, E., 1973. Deformación y metamorfismo en la zona de Sanabria (provincias de Zamora, León y Orense, Noroeste de España). *Stvdia geologica salmanticensia*, 5: 7-106.
- Martín-Serrano, Á., 1988. El relieve de la región occidental zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del Macizo Hespérico. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 311 p.
- Nuño, C., Fernández-Pompa, F., Arce, J.M., Monteserín, V., 1982. Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 307 (Ferres de Abajo) y memoria. IGME, Madrid.
- Perea, A., Rovira, S., 1995. The Gold from Arrabalde. En: Prehistoric gold in Europe: mines, metallurgy and manufacture (G. Morteani, J.P. Northover, Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 471-490. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-1292-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-94-015-1292-3_30)
- Pérez-García, L.C., 1977. Los sedimentos auríferos del NO de la Cuenca del Duero (provincia de León, España) y su prospección. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo, 429 p.
- Pérez-García, L.C., Sánchez-Palencia, F.J., 2000. Los sistemas de explotación de la minería romana. En: Las Médulas (León): Un paisaje cultural en la “Asturia Augustana” (F.J. Sánchez-Palencia, Ed.). Instituto Leonés de Cultura, León, 158-188. <https://doi.org/10.3989/tp.2000.v57.i2.257>
- Riesco, P., 2018. Toponimia de la provincia de Zamora: panorámica documental, comparativa y descriptiva. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 973 p.
- Rodríguez-Fernández, G., 1991. Paisaje y alma de Aliste. La Bañeza, 651 p.
- Rovira, S., Consuegra, S., Montero, I., 1990. Estudio arqueometalúrgico del tesorillo de Villafáfila. *Nymantia. Investigaciones Arqueológicas en Castilla y León*, 3: 209-216.
- Sáenz, C., Vélez, J., 1974. Contribución al estudio de la minería primitiva del oro en el noroeste de España. Atlas, Madrid, 190 p.
- Sánchez-Palencia, F.J., 1980. Prospecciones en las explotaciones auríferas del NO de España (Cuencas de los ríos Eria y Cabreira, y Sierra del Teleno). *Noticiario arqueológico hispánico*, 8: 213-252.
- Sánchez-Palencia, F.J., 1983. Explotaciones auríferas en el “Conventus Asturum”. En: Indigenismo y romanización en el Coventus Asturum. Ministerio de Cultura y Univ. Oviedo, Madrid, 67-88.
- Sánchez-Palencia, F.J., 2014. La minería romana de la Sierra de la Peña de Francia. Las zonas arqueológicas de Las Cavenes de El Cabaco y del Pinalejo y Tenebrilla (Salamanca). En: Minería romana en zonas interfronterizas de Castilla y León y Portugal (Asturias y NE de Lusitania) (F.J. Sánchez-Palencia, Ed.). Junta de Castilla y León, León, 135-180.
- Sánchez-Palencia, F.J., Beltrán, A., Romero, D., Alonso, F., Currá, B., 2010. La zona minera de Pino del Oro (Zamora). Guía arqueológica. Junta de Castilla y León, Valladolid, 61 p.
- Sánchez-Palencia, F.J., García de los Ríos, J.I., 2007. Minería Antigua. Arqueominería de Castilla y León. En: La minería en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Valladolid, 35-54.
- Sánchez-Palencia, F.J., Orejas, A., Sastre, I., Pérez, L.C., 2006. Las zonas mineras romanas del noroeste peninsular. Infraestructura y organización del territorio. En: Nuevos elementos de ingeniería romana: III Congreso de las Obras Públicas Romanas (I. Moreno, Ed.). Junta de Castilla y León, Valladolid, 265-285.
- Sánchez-Palencia, F.J., Romero, D., Beltrán, A., 2018. Geoarque-

- ología del oro en la Zona minera de Pino del Oro (Zamora). Mélanges de la Casa de Velázquez. Nouvelle série, 48-1: 63-87. <https://doi.org/10.4000/mcv.8210>
- Sánchez-Palencia, F.J., Romero, D., Beltrán, A., Pecharromán, J.L., Currás, B., 2014. La minería romana de Pino del Oro y su entorno inmediato (Zamora). En: Minería romana en zonas interfronterizas de Castilla y León y Portugal (Asturias y NE de Lusitania) (F.J. Sánchez-Palencia, Ed.). Junta de Castilla y León, León, 181-215.
- Sastre, J.C., 2017. El poblado de “El Castillón” (Santa Eulalia de Tábara, Zamora): Contribuciones al estudio de la Antigüedad tardía en el valle del Esla. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 859 p.
- Tornos, F., 1993. Mapa metalogenético de España 1:200.000, hoja nº 18 (Ponferrada) y memoria. IGME, Madrid.
- Vacas, J.M., Martínez-Catalán, J.R., 1987. El sinforme de Alcañices en la transversal de Manzanal del Barco. *Stvdia Geologica Salmanticensia*, 24: 151-175.

MANUSCRITO RECIBIDO: 07-03-2025

REVISIÓN RECIBIDA: 14-04-2025

ACEPTACIÓN DEL MANUSCRITO REVISADO: 14-07-2025