

## EL HIDROGEODÍA

El Hidrogeodía es una jornada de divulgación de la Hidrogeología con motivo de la celebración del Día Mundial del Agua (22 de marzo). Esta ciencia es la parte de la geología que estudia las aguas terrestres, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, químicas y sus interacciones con el medio físico, biológico y la acción del hombre. Esta jornada está impulsada por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE) y consta de **actividades gratuitas**, guiadas por especialistas y abiertas **a todo tipo de público**, sin importar sus conocimientos en la materia. Este año el lema del Día Mundial del agua es '**Donde fluye el agua, crece la igualdad**'. Tiene como objetivo aumentar la conciencia mundial sobre la crisis del agua y sus efectos negativos en la sociedad, que afectan especialmente a mujeres y niñas. Asimismo, promueve la necesidad de situar a las mujeres en el centro de las soluciones ligadas al agua.

En la provincia de **Huelva**, el **Hidrogeodía 2026** se centrará en el **nacimiento del Tinto**, un río único con condiciones ácidas y un color rojo característico debido a su elevadísimo contenido de hierro disuelto, junto con otros muchos elementos. Veremos que estas características se deben principalmente a la minería realizada desde finales del siglo XIX hasta finales del siglo XX, y hablaremos de las condiciones que existen en el subsuelo del río Tinto, parecidas a las que puede haber en Marte. Conoceremos parte del rico patrimonio legado por siglos de actividad minera, pero también los impactos ambientales que ha causado.

## CÓMO LLEGAR

Dispondremos de dos **autobuses** que saldrán de la puerta principal de la **Facultad de Ciencias Experimentales**, en el Campus del Carmen.

Para los que viajen **por su cuenta** el punto de encuentro será en el punto de la **Parada 1** (ver recorrido en la última página).

## 1. MARCO GEOLÓGICO

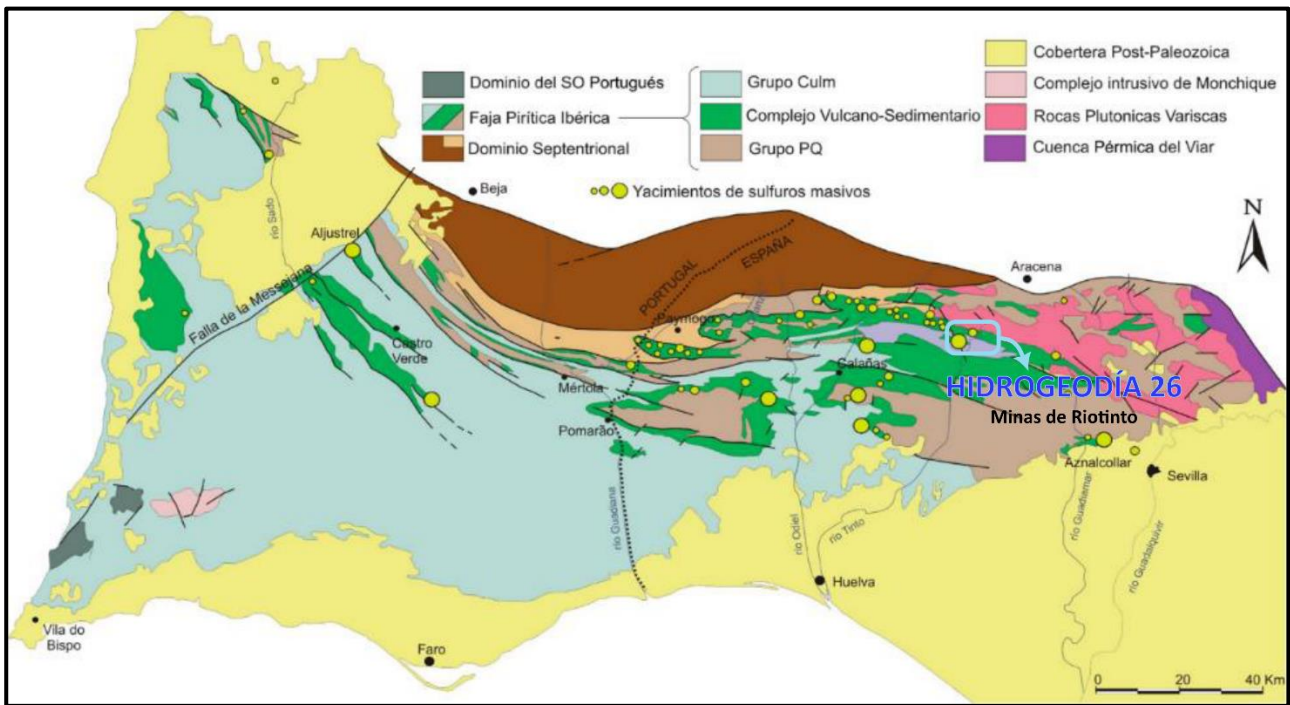
En la provincia de Huelva existen **tres grandes dominios geológicos**: **1)** La parte norte, coincidiendo con los relieves más elevados de la Sierra, pertenece a la denominada Zona de Ossa-Morena; **2)** Las comarcas de la Cuenca Minera y Andévalo forman parte de la Zona Sudportuguesa (ZSP); y **3)** Las comarcas del Condado y Costa, compuestas por materiales sedimentarios de la Cuenca del Guadalquivir, mucho más recientes que los anteriores (Cobertera Post-Paleozoica en la Figura 1).

Dentro de la zona Sudportuguesa se encuentra la **Faja Pirítica Ibérica (FPI)**, que a su vez se divide en **tres unidades litoestratigráficas**: **1)** El Grupo PQ formado por pizarras y cuarcitas del Devónico Superior; **2)** El Complejo Vulcano-Sedimentario (CVS) formado principalmente por rocas volcánicas y sedimentarias de inicios del Carbonífero; y **3)** El Grupo Culm comprende pizarras y areniscas del Carbonífero, que se disponen encima del CVS.

En la FPI se desarrollan enormes yacimientos de **sulfuros masivos** (Fig. 1) compuestos principalmente de **pirita** ( $\text{FeS}_2$ ) junto a otros minerales como **calcopirita** ( $\text{CuFeS}_2$ ),

**esfalerita (ZnS) y galena (PbS).** En concreto, en la zona de Riotinto se encuentra el mayor depósito de sulfuros masivos de la Faja Pirítica Ibérica y uno de los mayores del mundo, clasificado como 'supergigante', con más de

500 millones de toneladas a lo que habría que sumar grandes reservas de sulfuros diseminados.



**Figura 1.** Mapa geológico de la Faja Pirítica Ibérica mostrando los principales depósitos de sulfuros masivos (Tornos, 2008). Localización del Hidrogeodía 2026 en el entorno de Minas de Riotinto.

Estos depósitos se formaron por **erupciones volcánicas submarinas** hace **aproximadamente 360 millones de años** (entre finales del Devónico e inicio del Carbonífero), en un marco geológico parecido a las fumarolas que se observan actualmente en las dorsales oceánicas. En este contexto, fluidos hidrotermales ricos en azufre y metales circularon a través de una densa red de fracturas hasta aflorar en el fondo del mar, produciendo la precipitación de los sulfuros masivos. Las zonas de fracturas situadas debajo de estos depósitos también se rellenaron de sulfuros en forma de 'stockwork' (ver información de la parada 3 Peña del Hierro). Estos materiales fueron posteriormente levantados y deformados,

dando lugar a la compleja geología de la zona que encontramos hoy.

Hace al menos **24 millones de años**, el **levantamiento tectónico y la erosión** de los materiales suprayacentes hicieron que los **sulfuros** se pusieran **en contacto** con el **oxígeno** atmosférico. En estas condiciones se comenzó a producir la oxidación de los sulfuros **liberando acidez y los metales** más móviles como Cu, Zn, etc. Este proceso natural se denomina **drenaje ácido de rocas** (en inglés ARD de 'Acid Rock Drainage'). Como consecuencia, el material queda enriquecido en los elementos menos móviles (como Fe, Au y Ag) dando lugar a las **monteras de oxidación o gossan** (del

inglés 'gold sands' -arenas de oro-), con rocas de color rojo intenso. Estas formaciones también constituyen depósitos de gran interés para la extracción de **oro y plata**.

## 2. HISTORIA DE LA MINERÍA

**La explotación de las minas de la FPI se inició hace al menos 5000 años**, en la Edad del Cobre. En esta época se desarrollaron pequeñas poblaciones especializadas en la extracción de cobre de minerales carbonatados como azurita y malaquita (Nocete et al., 2005). Esta pequeña minería continuó durante la Edad del Bronce y se intensificó con la civilización tartésica, que basó su economía en la producción de metales. No obstante, el primer gran periodo de explotación minera se produjo con la llegada de los romanos a la FPI, a finales del siglo III a.C. La minería era fundamentalmente subterránea, alcanzando profundidades de hasta un centenar de metros (Pinedo Vara, 1963). Para ello era necesario descender el nivel freático mediante galerías de drenaje, norias y otros ingenios de desagüe. En las minas de Riotinto se han encontrado más de 40 norias, una de las cuales puede verse en el Museo de Huelva. Tras el siglo II d.C., la actividad minera romana entró en una decadencia progresiva.

Durante la **Edad Media** probablemente continuó alguna actividad minera, manteniendo la misma tecnología empleada por los romanos. En la **primera mitad del siglo XVIII** se reanudó la explotación de las minas de Riotinto, pero continuó siendo de pequeña intensidad. El gran desarrollo de la minería en la FPI se produjo con la Revolución Industrial a **mediados del siglo XIX**. Además de la mina de Riotinto que ya estaba activa, la de Peña de Hierro fue una de las primeras de la FPI en explotarse. En las minas

de Riotinto, el gran incremento de la minería se produjo a partir de 1873, con la llegada de los ingleses y la construcción de varias líneas de ferrocarril.

A **finales del siglo XIX** se comenzó la excavación de grandes cortas mineras (Filón Norte, Filón Sur y Corta Atalaya) en las minas de Riotinto. El mineral se transportaba por túneles hasta la zona de Zarandas (al sur de Nerva) donde se fundía, se trataba por cementación natural o se transportaba por ferrocarril hasta Huelva para su exportación. En la mina de Peña de Hierro, también se excavó una pequeña corta a finales del siglo XIX y se construyó un ferrocarril que transportaba el mineral hasta la mina de Castillo de las Guardas, y de allí a Sevilla.

La explotación de la mina de Peña del Hierro finalizó en 1966. En la mina de Riotinto continuó la actividad, iniciándose un nuevo proyecto en Cerro Colorado para la obtención del cobre de los sulfuros así como oro y plata a partir del gossan. Para almacenar los residuos producidos, se construyeron las grandes balsas de lodos situadas al noroeste de la zona (embalses del Cobre y del Gossan) (Figura recorrido, última página).

En los **años 80 y 90** del siglo pasado, hubo una gran crisis por el descenso del precio del cobre y cerraron todas las minas españolas de la FPI, la de Riotinto fue una de las últimas en cerrar en el año 2001.

El aumento de la demanda de materias primas a partir de **2004**, causada sobre todo por la fuerte demanda de las potencias asiáticas, causó que se reabrieran varias minas de la FPI, entre ellas la explotación de Cerro Colorado en el año **2015**. Como comparación, se estima que durante el periodo romano y prerromano se extrajeron 3,6 millones de toneladas de mineral, mientras que sólo en el año **2025** la extracción en Cerro Colorado se acercó a **¡15 millones de toneladas!**

### 3. UN RÍO “MARCIANO”

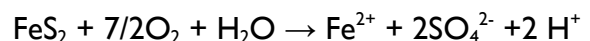
La intensa actividad minera ha transformado drásticamente el territorio, dando lugar a un paisaje sobrecogedor y único en el distrito minero de Riotinto, con un rico patrimonio industrial. Las condiciones extremas para la vida, las tonalidades rojas de las rocas y del agua ácida y la abundancia de minerales de hierro como la hematites ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y jarosita ( $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ ), que se han encontrado en Marte y sugieren la existencia de agua, han hecho que la **NASA** y el **Centro de Astrobiología del CSIC** hayan considerado al río Tinto como un **análogo terrestre al ‘planeta rojo’**. Además, las condiciones existentes en el subsuelo del río Tinto, donde existen depósitos de sulfuros y condiciones anóxicas, son las que se creen que pueden dar lugar a existencia de vida en Marte (Fig. 2). En la zona de Riotinto la NASA ha ensayado instrumentos que luego se utilizan en las misiones espaciales enviadas a Marte para la detección de indicios de vida. Estas características únicas hicieron que la Junta de Andalucía declarara en 2004 una extensa zona del río Tinto como ‘Paisaje Protegido Río Tinto’. Sin embargo, esta historia de éxito científico y minero también ha generado enormes impactos ambientales, como tendremos oportunidad de observar en la visita.



**Figura 2.** Evidencias de actividad biológica en el entorno de Riotinto.

### 4. LA GENERACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA

Los sulfuros son estables en condiciones de ausencia de oxígeno, como las que existen cuando están enterrados en el subsuelo. Sin embargo, cuando se exponen a condiciones atmosféricas en presencia de agua y oxígeno, sufren una **reacción de oxidación**, liberando  $\text{Fe}^{2+}$ , sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y acidez ( $\text{H}^+$ ):



El hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en condiciones oxidantes pasa rápidamente a hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), que frecuentemente precipita como hidróxido férrico ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) y otros minerales más complejos (como jarosita o schwertmannita). El hierro férrico y estos minerales confieren el característico **color rojizo** de los medios afectados por aguas ácidas de mina.

Cuando se alcanzan condiciones ácidas en el medio se desarrollan rápidamente **microorganismos acidófilos** que catalizan las reacciones de oxidación de los sulfuros, aumentando su velocidad hasta un millón de veces y haciendo este proceso imparable. Una vez iniciada, la producción de aguas ácidas continuará durante **centenares o miles de años**, aunque la actividad minera cese.

Junto a la piritita también se oxidan otros sulfuros, como arsenopiritita, calcopiritita, galena, etc., liberando al medio hídrico As, Cd, Cu, Pb, Zn y muchos otros metales que alcanzan concentraciones elevadísimas. Todo ello hace que los lixiviados ácidos de minas sean muy tóxicos y peligrosos para el medio ambiente.

Este proceso puede darse de **forma natural (Drenaje Ácido de Rocas -ARD-)** en zonas

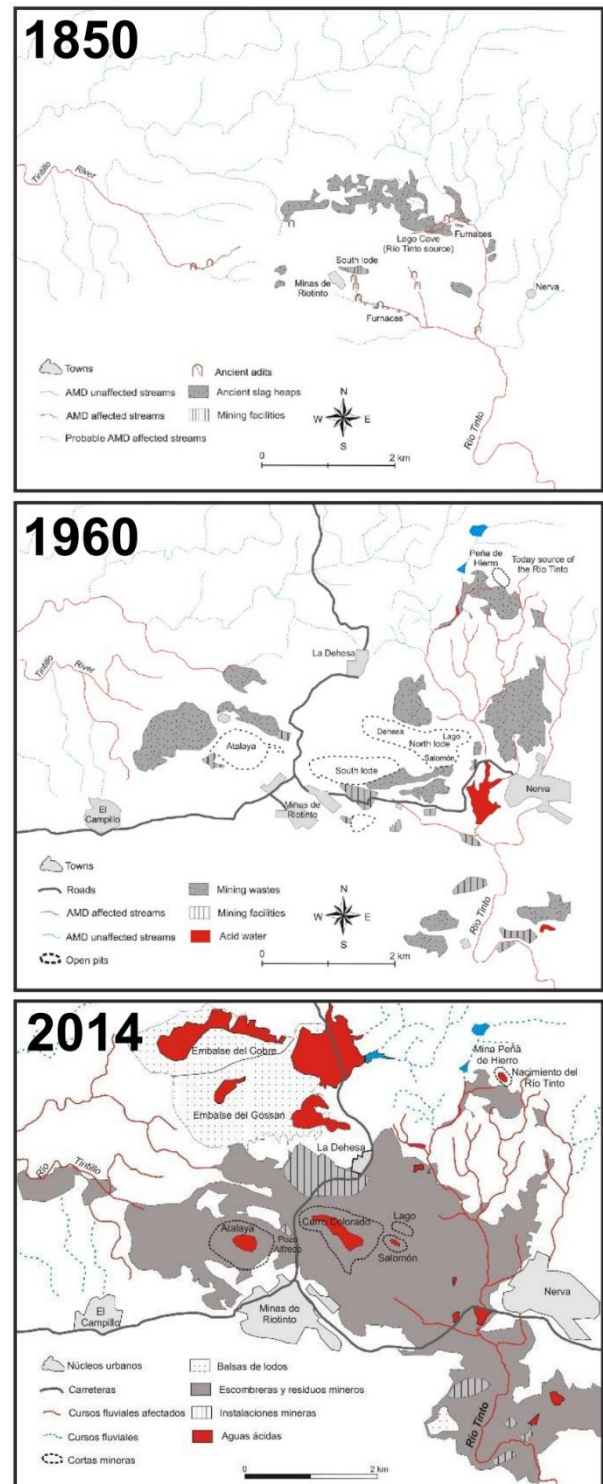
donde los sulfuros afloran o están cerca de la superficie del suelo, pero la liberación de contaminantes en estas condiciones es limitada. Cuando se extraen estos minerales del subsuelo sin adoptar las medidas adecuadas, la generación de acidez y contaminantes se multiplican por varios órdenes de magnitud (1000 o 10000 veces) convirtiéndose en un gran problema ambiental. Este proceso antrópico se denomina **drenaje ácido de mina** o AMD (del inglés Acid Mine Drainage).

## 5. RECORRIDO

Las paradas 2-4 tienen lugar en el entorno de Peña del Hierro.

### PARADA 1. MIRADOR DE CERRO COLORADO

Como se ha mencionado en el apartado de ‘Historia de la minería’, la actividad extractiva en **Cerro Colorado** es relativamente reciente (Fig. 2). En la Figura 3 se muestran tres mapas de la zona en distintos periodos, se puede observar que hasta **1850** el impacto de la minería en el distrito de Riotinto era relativamente reducido, pero a partir de esa fecha se incrementó notablemente. Hasta principios de la década de **1970** donde hay actualmente un enorme agujero se encontraba la mayor elevación de la zona, Cerro Colorado, que debía su nombre al gossan que cubría el depósito de sulfuros masivos. Aquí es donde se concentró principalmente la minería reciente en Riotinto, primero se explotó el gossan para la extracción de oro y plata y luego se continuó con los sulfuros para la obtención de Cu. Esta última actividad se retomó en el año **2015** y continúa hoy día. A finales del año 2020 se estimaban unas reservas de mineral de 186 millones de toneladas con una ley del **0.38% de cobre**.



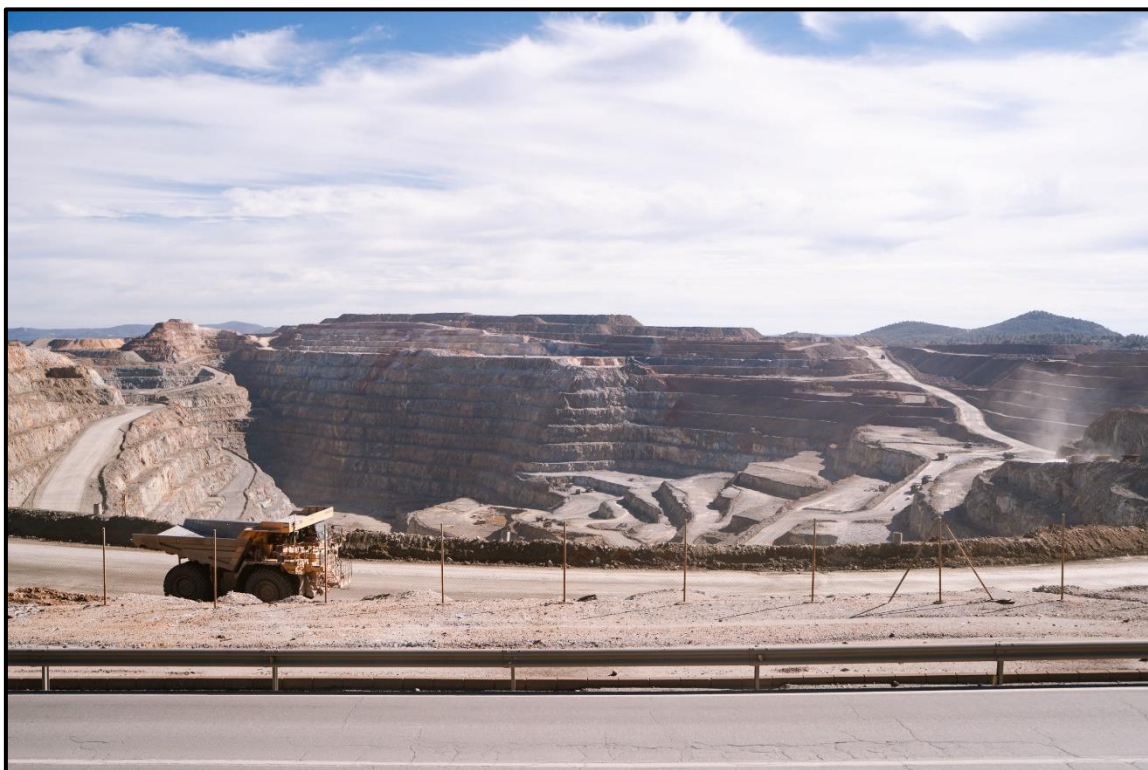
**Figura 3.** Reconstrucción del impacto de la minería en el distrito minero de Riotinto en tres fechas distintas. Arriba, en 1850, en medio en 1960, abajo en el año 2014 antes de reiniciarse la explotación. El río Tintillo, que discurre hacia el oeste, pertenece a la cuenca del río Odiel.

Por otro lado, nos encontramos justo en la **divisoria de aguas** entre las cuencas del río Tinto (al este) y la del Odiel (al oeste). Así, Cerro Colorado se encuentra en la cuenca del Tinto, pero la zona de Corta Atalaya o los embalses del Cobre y Gossan se sitúan en la cuenca del Odiel. Los lixiviados ácidos generados en los residuos de las explotaciones antiguas han producido tanto la **contaminación del río Tinto** como también del **río Odiel** (Río Tintillo o Agrio en Fig. 2).

Actualmente se realiza una **minería moderna con controles ambientales estrictos** (Fig. 4). En el almacenamiento de los residuos se utilizan tecnologías para minimizar la generación de aguas ácidas y existe una planta de tratamiento activo para neutralizar las que se producen. Además, la empresa actual, Atalaya Mining, tiene que encargarse de restaurar los pasivos

ambientales de la explotación histórica. Sin embargo, parte de las escombreras y otros residuos mineros antiguos quedan fuera del actual proyecto de explotación y continúan generando aguas ácidas.

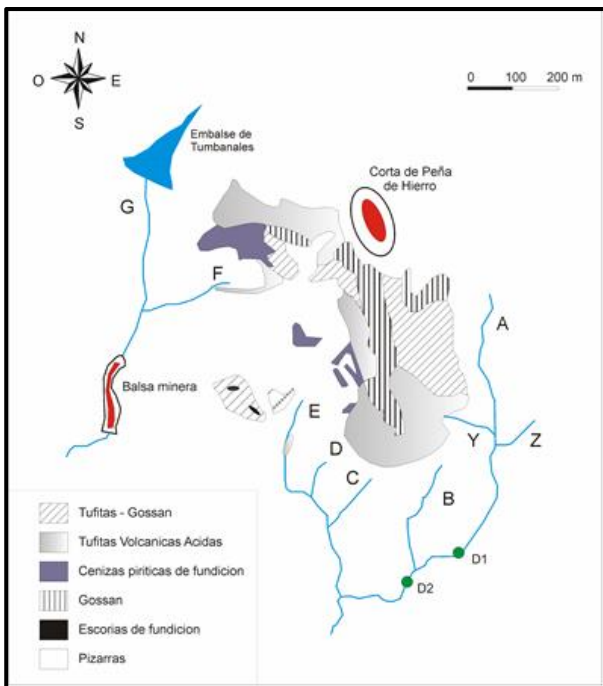
En cuanto al **patrimonio arqueológico** de esta zona, justo en la parte noreste de la corta de Cerro Colorado existe un importante yacimiento arqueológico romano denominado Cortalago, que correspondería a la **ciudad de Urium** (nombre romano con el que también se conocía al río Tinto) y que actualmente se está estudiando en el contexto de los estudios arqueológicos por el avance de la actual explotación. Se estima que la población de esta importante ciudad minera podría estar próxima a 20.000 habitantes (Pérez-Macías et al., 2022), unas cinco veces más de los que tiene el pueblo de Minas de Riotinto hoy día.



**Figura 4.** Fotografía actual de la corta de Cerro Colorado. Los sulfuros masivos son los materiales de color gris oscuro.

## PARADA 2. NACIMIENTO DEL RÍO TINTO

El nacimiento del río Tinto (Figs. 5 y 6) se sitúa hoy al pie de una escombrera de la mina Peña del Hierro, formada por grandes bloques ricos en sulfuros (arroyo Y de la Figura 5). También afloran bloques de rocas cortados por venas rellenas de pirita que forman el *stockwork* o zona de alimentación del depósito mineral (Fig. 7). Los lixiviados que se producen debido a la oxidación de estos sulfuros presentan **condiciones extremas**, con un valor medio de pH de 2.5 y elevada conductividad eléctrica, fruto de las altísimas concentraciones disueltas de sulfatos, hierro (hasta 15.000 mg/L) y otros elementos tóxicos.



**Figura 5.** Mapa de la zona del río Tinto en la mina Peña del Hierro (modificado de Romero et al., 2003)

Sin embargo, en los mapas de la primera mitad del siglo XIX, antes de que comenzara a explotarse la mina de Peña de Hierro, se consideraba que el nacimiento del río Tinto se ubicaba en la llamada cueva del Lago (Fig. 3), una mina romana situada junto a la antigua corta Salomón (Olías et al., 2023). Es decir, estaba unos 2 km al sur de dónde nos encontramos. El nacimiento del Tinto ha



**Figura 6.** Lugar donde en la actualidad se considera que está el nacimiento del Río Tinto, al pie de una escombrera en la mina de Peña de Hierro.

estado **ligado a la actividad minera** y ha ido modificándose en función de la apertura de nuevas minas. Gonzalo y Tarín en 1886 señalaron que en la zona donde estamos las aguas del arroyo tenía originalmente buena calidad; no obstante, estas se vieron posteriormente contaminadas por las aguas ácidas generadas a raíz de la apertura de la mina de Peña del Hierro

Es decir, si bien antes de iniciarse la actividad minera en la zona ya existía posiblemente un proceso natural de oxidación de los sulfuros superficiales que generaba **aguas ácidas**, el volumen de estos lixiviados ácidos debió ser despreciable en comparación con el producido tras la apertura de las minas.

Existen numerosas evidencias históricas y geológicas que muestran que la contaminación del río Tinto (y también del Odiel y otros de la FPI) se produjo fundamentalmente por la intensa minería realizada a partir de la segunda



**Figura 7.** Detalle de los sulfuros expuestos a la oxidación, donde son frecuentes venas de stockwork ricas en pirita, y las aguas ácidas generadas.

mitad del siglo XIX y gran parte del siglo XX (Olías et al., 2023). Al tratarse de una contaminación antigua (más de 150 años) se ha producido una ‘**naturalización**’ del proceso, es decir se ha asumido que el estado natural del río Tinto es como está en la actualidad.

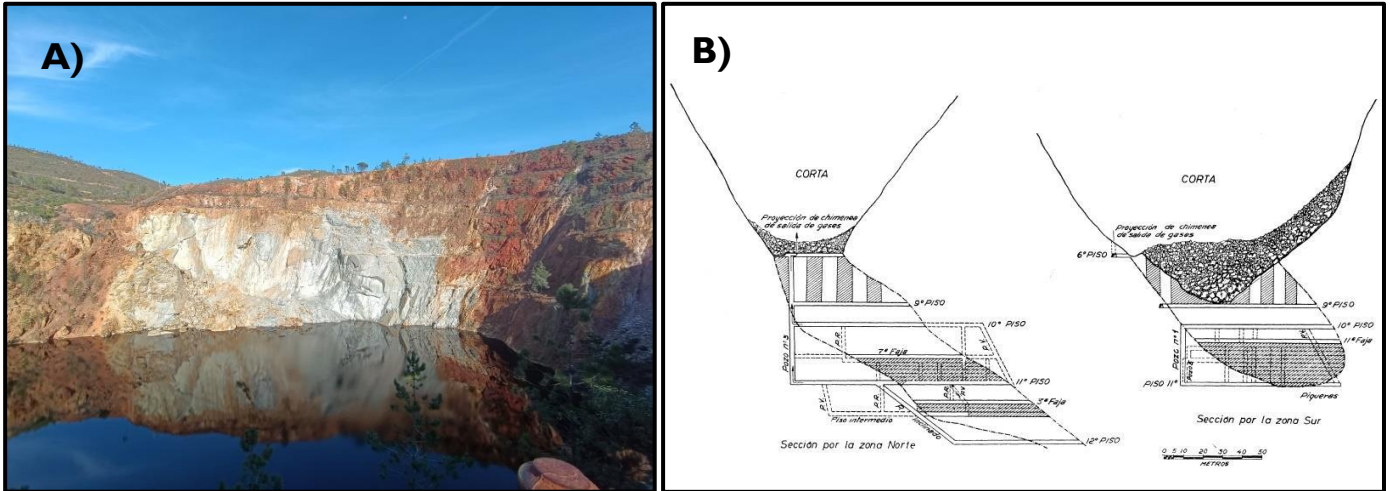
Un ejemplo de las condiciones de una surgencia natural de aguas ácidas, sin influencia de la minería, es el arroyo Z de la figura 5. Este arroyo tiene un pH de aproximadamente 5, una conductividad eléctrica muy inferior y concentraciones de hierro menores de 100 mg/L, es decir un potencial contaminante mucho menor a los de los lixiviados que se generan en la zona minera.

Aguas debajo de Peña del Hierro, el río Tinto atraviesa el complejo minero de Riotinto, cuyas dimensiones son mucho mayores (Fig. 3). Allí recibe numerosos lixiviados ácidos que incrementan drásticamente tanto su caudal como su carga de contaminantes. Tras salir de la zona minera, la concentración de contaminantes va disminuyendo debido a la dilución causada por la confluencia de tributarios no afectados (como la rivera del

Jarrama y el río Corumbel), así como por la precipitación de Fe y otros elementos. No obstante, **el río Tinto desemboca** en la Ría de Huelva manteniendo aún un **pH extremadamente ácido** (próximo a 2.5) y concentraciones de metales todavía muy elevadas, provocando un grave problema de **contaminación en el estuario**.

### PARADA 3. GALERÍA Y CORTA INUNDADA DE PEÑA DEL HIERRO

Como se ha comentado previamente, la mina de Peña del Hierro fue una de las primeras en ponerse en explotación por el **boom de la minería** en la FPI a mediados del **siglo XIX**, de forma que ya en 1850 se hallaba a plena producción. Al principio la minería fue subterránea por el método de huecos y pilares. En 1866 comenzó la explotación a cielo abierto, pero tras la primera guerra mundial se continuó con la explotación subterránea. La mina pasó por varios periodos de inactividad hasta que finalmente cerró en 1966, aunque los bombeos continuaron hasta 1972 para extraer el cobre del agua bombeada mediante canales. De esta forma, existe una red de túneles y pozos subterráneos que están conectadas a la corta (Fig. 8B). Una vez que cesaron los bombeos, se inundaron en primer lugar las galerías más profundas y, posteriormente, la **corta minera**, creando un lago de 120 m de anchura y 200 m de longitud lleno de **aguas ácidas** (Fig. 8A).



**Figura 8.** A) Corta de Peña del Hierro inundada con aguas ácidas. De izquierda a derecha, se observa la roca encajante alteradas por los fluidos hidrotermales, la zona de *stockwork* que alimentaba la masa principal de sulfuros masivos, que se encuentra en el centro de la foto (gris metálico), y el *gossan* que constituye la zona de oxidación característica por su color rojizo. B) Perfil de la corta y de las galerías subterráneas que existen por debajo (Pinedo Vara, 1963).

Como consecuencia de esta larga historia minera, se ha creado un pequeño **acuifero antrópico** constituido por las escombreras, muchas de ellas de alta permeabilidad, y los conductos subterráneos y fracturas ocasionadas por la excavación. Las entradas a este acuifero provienen de las precipitaciones sobre la zona, mientras que las salidas se producen por: evaporación desde la corta, a través de una galería situadas en la zona oeste de la corta y, posiblemente, a través del nacimiento del río Tinto.

El agua ácida que sale de la **galería** de la zona oeste tiene un color verdoso debido a que presenta **condiciones reductoras** y elevadas concentraciones de hierro ferroso ( $Fe^{2+}$ ) (Fig. 9). Sin embargo, al circular por la superficie cambia su color en unos centenares de metros y se vuelve roja, al pasar el hierro ferroso a férrico ( $Fe^{3+}$ ) por el contacto con el oxígeno atmosférico.

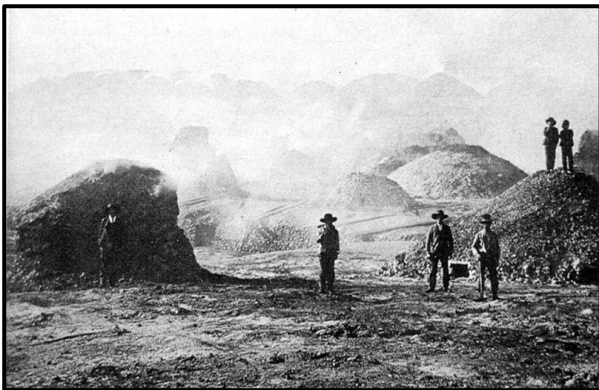


**Figura 9.** A) Salida de una galería que conecta con túneles subterráneos (fig. 7B) de la mina Peña del Hierro. B) Aspecto del agua rica en hierro ferroso a la salida de la galería. Se observan comunidades de organismos extremófilos (filamentos verdes y blanquecinos).

#### **PARADA 4. CANALES PARA OBTENCIÓN DE COBRE**

Desde mediados del siglo XIX comenzó a emplearse en la FPI el método de ‘**cementación artificial**’ para la obtención de cobre. Este método consistía en quemar los minerales durante unos 6 meses en pequeñas pilas triangulares de unas 100 toneladas, denominadas “teleras” (Fig. 10). De esta forma, el azufre contenido en los sulfuros se liberaba a la atmósfera. Una vez quemado, el mineral se lixiviaba regándolo con aguas ácidas de la mina para disolver el cobre. Posteriormente, la **solución de lixiviación** se conducía hacia sistemas de **canales** donde el **cobre** precipitaba en forma de una capa delgada en contacto con chatarra de hierro.

En el trayecto desde la corta al sistema de canalero, podemos observar los residuos generados por este sistema de tratamiento del mineral, llamados **morrongos**, que tienen unos colores rojizos y morados muy característicos.



**Figura 10.** Teleras para la tostación de piritas en la segunda mitad del siglo XIX (Fundación Río Tinto).

Los **gases sulfurosos** que se liberaban provocaron un gran impacto en la salud de los mineros y sus familias, en el medio ambiente y en los cultivos de las zonas aledañas (Carrasco Martiánez, 2000). A finales del siglo XIX este sistema fue prohibido tras las protestas de los mineros y los habitantes de los pueblos de los alrededores. Para obtener el cobre contenido

en las aguas ácidas se cambió al método de ‘**cementación natural**’, consistente en disponer el mineral en pilas de unas 100.000 toneladas y regarlas para favorecer la oxidación de los sulfuros. Posteriormente, el mineral se lavaba con agua ácida para disolver el cobre y luego recuperarlo en los sistemas de canales.

En esta parada también observaremos el sistema de canales de la mina de Peña de Hierro, situado al pie de un pequeño dique donde se almacenaban (y aún se retienen hoy día) las aguas ácidas cargadas de cobre disuelto (Fig. 11).



**Figura 11.** Sistema de canalero de Peña de Hierro. Fuente: Blog Patrimonio Minero-Industrial de Huelva ([garrat-patrimoniominero-industrial.blogspot.com](http://garrat-patrimoniominero-industrial.blogspot.com)).

## **OTRAS ACTIVIDADES**

Como se ha comentado, el distrito minero de Riotinto alberga un gran patrimonio industrial y minero, el Hidrogeodía se puede complementar con otras actividades muy interesantes como son la visita al Museo Minero, el Ferrocarril Minero, Corta Atalaya, etc.

## INFORMACIÓN IMPORTANTE

Se recomienda llevar ropa, calzado cómodo, comida, bebida y protección solar. La visita guiada comenzará a las 10:00 y la hora prevista de finalización será sobre las 15:00.

La organización se reserva el derecho a realizar cambios en la fecha de celebración del evento según las condiciones meteorológicas, incluso a suspenderlo si fuera necesario. Por ello, se recomienda que se consulte esta página, que tendrá información actualizada, con cierta frecuencia, sobre todo los días previos a la excursión

**Nota para los asistentes:** El Hidrogeodía es una actividad gratuita y abierta a todo tipo de público que se realiza al aire libre. Los asistentes asumen voluntariamente los posibles riesgos de la actividad y, en consecuencia, eximen a la organización de cualquier daño o perjuicio que pueda sufrir en el desarrollo de la misma. En cualquier caso, la organización de los Hidrogeodías en España dispone de seguro de accidentes y de responsabilidad civil.

**Menores de edad:** Los menores de edad (la actividad no se recomienda para menores de 5 años) deberán asistir acompañados por un padre, madre o tutor, que será responsable de los mismos y de sus actos.

**Cesión de imágenes:** Durante la actividad se podrán tomar fotografías y hacer grabaciones de video siempre y cuando sean destinadas exclusivamente a fines divulgativos o de promoción del Hidrogeodía en diferentes medios. En ningún caso se utilizarán con fines comerciales. Los participantes del Hidrogeodía aceptan dichos términos y autorizan de forma gratuita y voluntaria los derechos de imagen generados durante el desarrollo de la actividad.

## ORGANIZADORES DEL HIDROGEODÍA DE HUELVA 2026

Esta actividad ha sido organizada por profesores, investigadores y técnicos del Dpto. de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva.

Rafael León Cortegano

Ainara Rodrigo García

Laura Sánchez López

Jonatan Romero Matos

Carolina Galán Roldán

Gerardo Amaya Yaeggy

Manuel Olías Álvarez

Francisco Macías Suárez

Ricardo Millán Becerro

Sofía Ocampo Amaya

Javier Martínez Concha

Carlos Ruiz Cánovas

Rafael Pérez López

José Miguel Nieto Liñán

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Dpto. de Ciencias de la Tierra, la Facultad de Ciencias Experimentales, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Andalucía, la Diputación Provincial de Huelva, y el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos.

La actividad también ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través del proyecto DYNAMICO (PID2023-151504OB-I00); MICIU/AEI/10.13039/501100011033.

## PARA SABER MÁS

Carrasco Martiáñez, I. (2000). Historia en la Faja Pirítica. *Bocamina* 5: 8-49.

Gonzalo y Tarín, J. (1888). Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, Tomo II, Madrid, 660 p.

Nocete, F., Alex, E., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M.R. (2005). An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third Millenium B.C mining and metallurgy. *Journal of Archaeological Science* 32: 1566-1576.

Olías, M., Nieto, J.M. (2015). Background Conditions and Mining Pollution throughout History in the Río Tinto (SW Spain). *Environments* 2: 295-316.

Olías, M., Ruiz Cánovas, C., Basallote, L., Macías, F., Nieto, J.M., Pérez López, R., Miguel Sarmiento, A. (2023). El problema del drenaje ácido de minas en la Faja Pirítica Ibérica. Diagnóstico y medidas de tratamiento. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

Pérez Macías, J. A., Iglesias García, L. y Delgado Domínguez, A. (2022). "Urium. El poblamiento romano en las Minas de Riotinto" *Vicus Metallum Uriensis. Un acercamiento a las minas de Riotinto en época romana* (Pérez Macías J. A. e Iglesias García, L., eds.), Onoba Monografías, 11, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. Huelva, 11-88.

Pinedo Vara, I. (1963). *Piritas de Huelva. Su historia, minería y aprovechamiento*. Summa, Madrid.

Romero, A., González, I., Galán, E. (2003). Estimation of potential pollution of waste mining dumps at Peña del Hierro (Pyrite Belt, SW Spain). As a base for future mitigation actions. *Applied Geomestry* 21: 1093-1108.

Tornos, R. (2008). La Geología y metalogenia de la Faja Pirítica Ibérica. *Macla* 10: 13-23.

**NOTAS**

**\*\*Localización de paradas y aparcamientos:**

