

La contaminación minera de los ríos Tinto y Odiel

Manuel Olías, José Miguel Nieto, Aguasanta M. Sarmiento y Carlos R. Cánovas

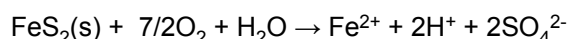
Introducción

Los ríos Tinto y Odiel son los mayores de Huelva, con unas cuencas de 1.676 y 2.377 km² de superficie respectivamente, lo que supone aproximadamente el 40% de la provincia. El río Tinto nace en Peña de Hierro, cerca de Nerva, mientras que el Odiel lo hace más al norte, en la Sierra de Aracena. Ambos desembocan en un estuario común: la Ría de Huelva.

Estos ríos discurren en gran parte de su recorrido sobre los materiales de la Faja Pirítica Ibérica que, como se trata en otros apartados de este libro, es rica en yacimientos de sulfuros masivos. El sulfuro más abundante es la pirita (FeS₂), pero junto a ésta existen otros minerales (que a menudo son los que tienen interés económico) como calcopirita (CuFeS₂), esfalerita o blenda (ZnS), galena (PbS), arsenopirita (FeAsS), etc.

La contaminación por drenaje ácido de minas

Los sulfuros son minerales muy insolubles en condiciones reductoras. En la naturaleza permanecen en el subsuelo en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno) y sólo una pequeña parte de estos depósitos aflora en la superficie. Sin embargo cuando se ponen en contacto con la atmósfera, en presencia de oxígeno y agua se produce la oxidación de la pirita según la siguiente reacción:



Esta reacción genera acidez (iones H⁺) y produce la liberación de grandes cantidades de sulfatos (SO₄²⁻) y hierro ferroso (Fe²⁺). Como consecuencia se obtiene un lixiviado muy tóxico, con una alta capacidad contaminante. Estos lixiviados ácidos ricos en Fe²⁺ tienen típicamente un color verdoso (Fig.1).

Sin embargo, cuando discurren por la superficie en contacto con el oxígeno, el hierro ferroso (Fe²⁺) se oxida a férrico (Fe³⁺) mediante la reacción:

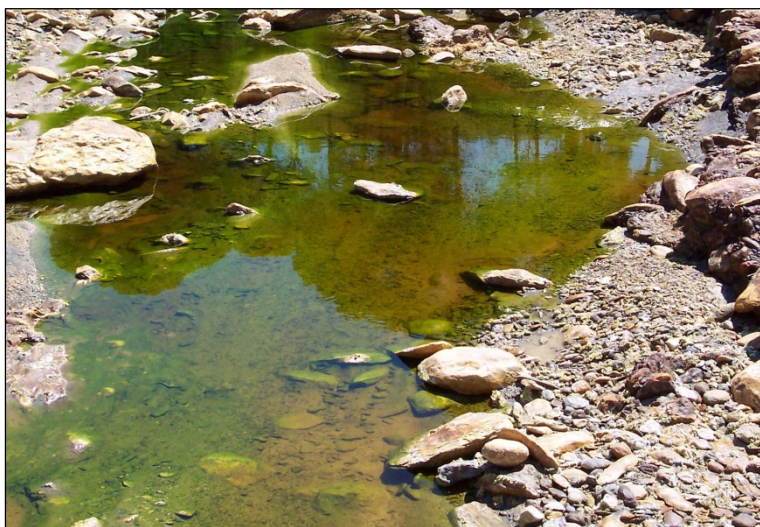
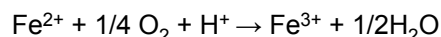
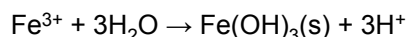


Figura 1. Lixiviados ácidos con una coloración verdosa debido a una alta concentración de hierro ferroso (Arroyo Alcojola, pequeño afluente del Tinto).

El hierro férrico puede permanecer en disolución a valores de pH menores de 3 o precipitar como hidróxido férrico, reacción que produce más acidez:



El Fe^{3+} y los hidróxidos que precipitan dan una coloración rojiza o amarillenta típica a los cauces afectados por este proceso (Fig.2). Estas son las tonalidades más frecuentes en los ríos afectados por drenaje ácido de mina, de donde proviene el nombre del río 'Tinto'.

Además también se produce la oxidación de los sulfuros accesorios, por lo que se liberan una gran cantidad de metales y metaloides como As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, etc., algunos de ellos extremadamente tóxicos.



Figura 3. Pequeñas terrazas de estromatolitos en el Arroyo Agrio, formados por la acción de las bacterias acidófilas.

Figura 2. Lixiviados típicos de mina con coloración rojiza debido a una alta concentración de hierro férrico (vertido de la mina de Cueva de la Mora al Arroyo Monteromero).

La concentración de As, Cu, Pb y otros elementos disminuye conforme nos alejamos del punto de vertido debido a que coprecipitan junto a los oxihidróxidos de Fe, que actúan de esta forma como "sumideros" de elementos tóxicos.

Debido a su acidez este lixiviado reacciona con las rocas del entorno produciendo la disolución por hidrólisis de otros minerales que aportan al agua elementos como Al, Ca, Mg, Mn, Si que, aunque no forman parte de los sulfuros, son también muy abundantes en las aguas ácidas de mina.

Abióticamente, las reacciones anteriores son muy lentas, pero se aceleran enormemente cuando son catalizadas por bacterias acidófilas quimiolitotrofas (que se alimentan de rocas). Es decir, sin la existencia de estas bacterias la oxidación de los sulfuros no sería un problema, pues la acidez producida podría ser neutralizada por el medio. Sin embargo, si las condiciones que se alcanzan son ácidas, se produce un espectacular incremento de la población de bacterias que catalizan estos procesos, lo que ocasiona que cada vez se produzca mayor acidez, de forma que el proceso se retroalimenta, produciendo un lixiviado con valores de pH muy bajos y enormes concentraciones de metales y metaloides. La acción de las bacterias queda reflejada en estructuras de estromatolitos frecuentes en muchos ríos y arroyos ácidos (Fig.3).

Las actividades mineras hacen que la oxidación natural de la pirita se incremente fuertemente debido a:

- La perforación de kilómetros de túneles por los que penetra el oxígeno atmosférico, a partir de los cuales se distribuye por grietas, fisuras, etc., exponiendo grandes cantidades de sulfuros, que antes se encontraban en condiciones anóxicas, a la oxidación.
- La creación de enormes escombreras con materiales desechados por su baja ley pero que contienen todavía sulfuros (Fig.4). Además el problema se ve agravado porque la roca se fragmenta en pequeños trozos aumentando la superficie expuesta a la meteorización.
- Los métodos de explotación y tratamientos empleados históricamente, como las teleras que ardían durante meses y cuyas cenizas eran lavadas para extraer el cobre. En otras ocasiones el método de explotación consistía en exponer el mineral a la acción atmosférica y regarlo con agua para que se oxidara. Posteriormente el lixiviado era utilizado para recuperar el cobre y la plata y el resto se vertía al río. También existen numerosos hornos de fundición, plantas de tostado de la pirita, balsas de lixiviados, etc., que generan lixiviados ácidos (Fig.5).



Figura 5. Antiguo sistema de canaleo en la mina de Tinto Santa Rosa.

Figura 4. Río Odiel a su paso por la mina Poderosa.

Un poco de historia

A partir de estudios arqueológicos y análisis de los metales contenidos en los sedimentos de la Ría de Huelva, se estima que el inicio de la minería en la provincia de Huelva se remonta a mediados del tercer milenio antes de Cristo, hace unos 4.500 años. De esta época data el poblado de Cabezo Juré en Alosno, cuyos habitantes se dedicaron a la extracción de cobre.

Posteriormente los tartesos y fenicios continuaron la explotación de minerales. Pero no fue hasta la época romana cuando se produjo un gran desarrollo de la actividad minera y, como consecuencia, los niveles de contaminación se incrementaron. Esta polución llegó incluso hasta el Ártico; se ha detectado un aumento del contenido de plomo en niveles de hielo antiguo de Groenlandia coincidiendo con la época romana y, en base a su composición isotópica, se concluye que el 70% provenía de la explotación de las minas de Riotinto. Esto da una idea de la gran importancia de la minería en la provincia de Huelva en la época romana.

Después de la época romana la actividad minera disminuyó, aunque continuó intermitentemente durante la dominación visigótica, árabe y la Edad Media. Es muy conocido un informe realizado en 1.556 por D. Diego Delgado, comisionado de Felipe II para realizar una investigación minera:

“En este río no se cría ningún género de pescado, ni cosa viva, ni las gentes las beben, ni sirve para ninguna cosa... Tiene otra propiedad que si se echa un hierro en el agua se consume en pocos días... Tomé una rana viva y la eché al río y murió sin poder salir del agua... En todo este río no existe ni arena ni materiales sueltos porque todas las piedras están fijadas y pegadas juntas”

Sin embargo es a partir del siglo XIX cuando, con la llegada de la revolución industrial, la actividad minera resurgió. Debido a la utilización de maquinaria y a las explotaciones a cielo abierto, la minería se hace mucho más agresiva con el medio. Cerca de un centenar de minas han estado operando durante los siglos XIX y XX para la producción de ácido sulfúrico, cobre y otros metales base como Zn y Pb. En los numerosos residuos mineros se siguen produciendo lixiviados ácidos que llegan hasta la red de drenaje de los ríos Tinto y Odiel.

Estado de los ríos Tinto y Odiel

Como resultado de la intensa actividad minera en sus cuencas, los ríos Tinto y Odiel están profundamente afectados por drenaje ácido de mina. El río Tinto ya nace con carácter ácido (Fig.6) debido a la existencia de escombreras próximas. Sin embargo, el Odiel tiene una buena calidad hasta que recibe el primer lixiviado procedente de la mina Concepción (Fig.7).

En la figura 8 se muestra la red fluvial de ambos ríos, indicando los tramos contaminados por lixiviados ácidos de mina. Se comprueba que en el río Tinto la contaminación se restringe prácticamente al cauce principal y el único foco contaminante es el Distrito Minero de Riotinto. En el río Odiel, por el contrario, está afectada una gran parte de la red fluvial (más de 400 km de ríos y arroyos) por un gran número de minas, entre ellas las más contaminantes son: las de Riotinto (que llegan al Odiel a través del Arroyo Agrio), la de San Telmo, que afecta al río Oraque, y las de Tharsis, cuyos lixiviados llegan al río Oraque y al Meca.

En los tramos afectados la única vida de los ríos son comunidades de bacterias, que catalizan las reacciones de oxidación, y algunas algas especialmente adaptadas a estos medios.



Figura 6. Detalle del nacimiento del río Tinto.



Figura 7. Fotografía del río Odiel cuando recibe el primer vertido ácido procedente de la mina Concepción (obsérvese como desaparece la vegetación del cauce).

En la tabla 1 se exponen las concentraciones medias y parámetros del agua del río Tinto a la altura de Niebla y del Odiel en Gibraleón. A efectos de comparación también se muestran los valores normales en los arroyos no afectados de la zona y los establecidos en la reglamentación española para aguas de consumo humano (RD 140/03). Las condiciones en el río Tinto son más extremas que en el Odiel. Sin embargo, se comprueba que los valores de metales tóxicos en los dos ríos son elevadísimos, por ejemplo la cantidad de hierro del Tinto es casi mil veces mayor que la de arroyos no afectados y la permitida para consumo humano. Igualmente se tienen concentraciones muy elevadas de Al, Cu, Mn, Zn, As, Co, Ni, Pb, etc.

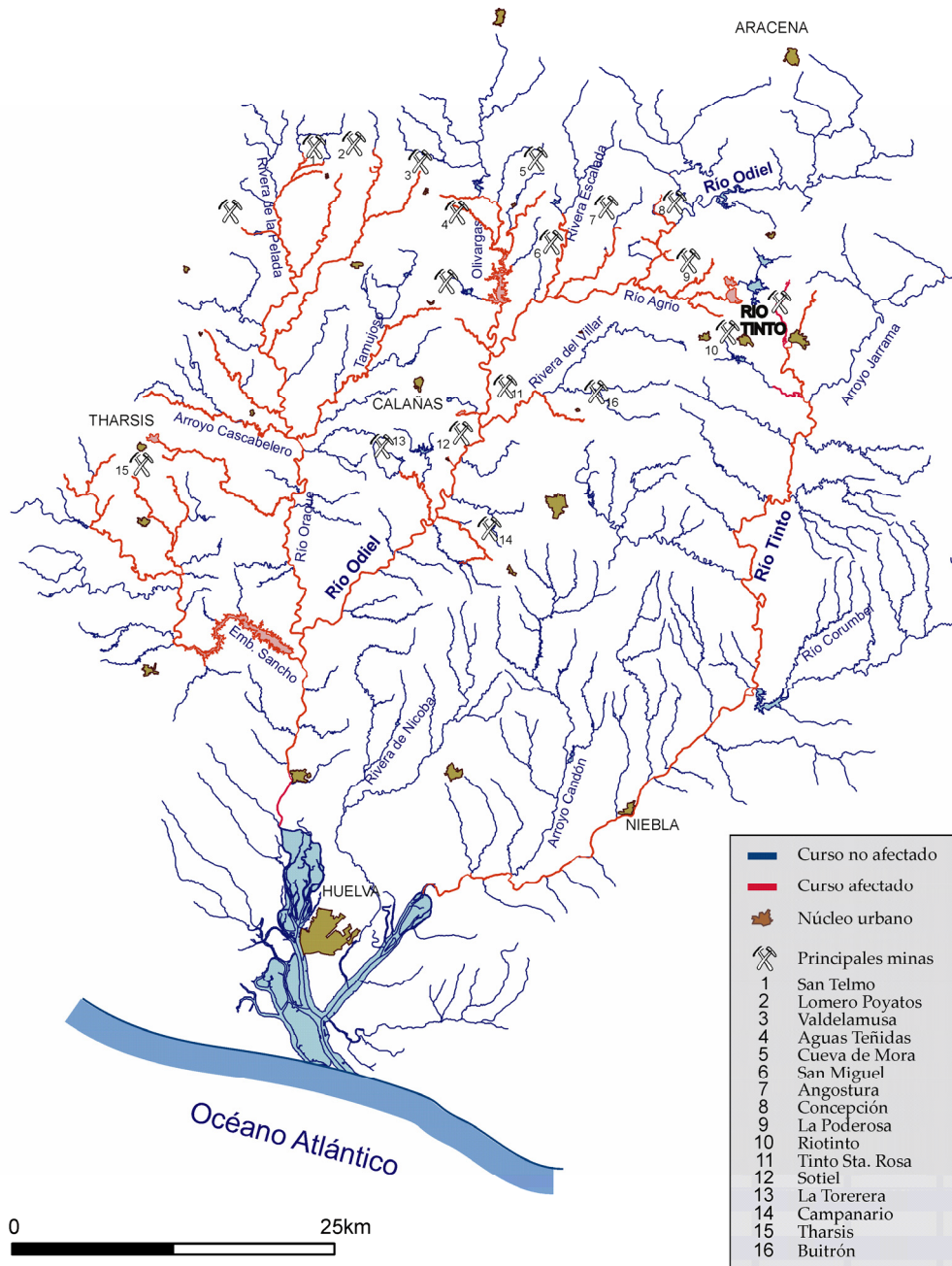


Figura 8. Red fluvial de los ríos Tinto y Odiel, mostrando los cursos afectados por drenaje ácido de mina y la situación de las minas principales.

Tabla 1. Composición media de los ríos Tinto y Odiel antes de su entrada en la Ría de Huelva.

	Tinto	Odiel	Arroyos naturales	RD 140/03
pH	2.8	3.6	7.2	6 – 9
CE (μS/cm)	2490	1210	262	2500
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	1450	769	30	250
Al (mg/L)	79	41	<0.05	0.2
Cu (mg/L)	19	6	0.04	2
Fe (mg/L)	151	8	0.2	0.2
Mn (mg/L)	8	9	0.07	0.05
Zn (mg/L)	26	13	0.14	-
As (μg/L)	160	8	<3	10
Cd (μg/L)	118	57	<3	5
Co (μg/L)	564	308	<3	
Cr (μg/L)	16	6	<3	50
Ni (μg/L)	170	163	<3	20
Pb (μg/L)	130	50	<3	25

Debido a estas elevadas concentraciones, las cantidades de elementos tóxicos transportadas por los ríos Tinto y Odiel hasta la Ría enormes (Tabla 2).

Tabla 2. Carga contaminante de los ríos Tinto y Odiel (en toneladas/año).

	Tinto	Odiel	Total
Al	1200	4600	5800
Cu	470	1250	1720
Fe	5100	2800	7900
Mn	160	1450	1610
Zn	860	2610	3470

Sin embargo estas condiciones no son constantes durante todo el año. En el invierno la calidad del agua es algo mejor debido a la dilución por el mayor caudal circulante. A lo largo de la primavera y verano la concentración de contaminantes en el agua aumenta como consecuencia de una menor dilución y mayor evaporación. En esta época es frecuente observar en los márgenes del río y en las zonas donde el agua queda estancada sales eflorescentes solubles, que almacenan temporalmente acidez y gran cantidad de elementos tóxicos (Fig.9). Con la llegada de nuevas precipitaciones en el otoño, estas sales se redisuelven, liberando la acidez y los elementos tóxicos que contienen, de forma que es en esta época cuando los niveles de contaminación del río son mayores.



Figura 9. Detalle de las sales eflorescentes precipitadas durante el estiaje que almacenan acidez y metales tóxicos.

Se comprueba que es el Odiel el que aporta más contaminantes a la Ría debido a su mayor caudal (con la excepción de Fe). Estas cifras suponen que cada hora llegan a la Ría 900 kg de Fe, 660 de Al, 400 de Zn, etc. La mayoría de estos metales precipitan en el estuario debido al ascenso de pH que se produce al mezclarse el agua ácida con el agua de mar, contaminando los sedimentos, a partir de donde pueden entrar en la cadena trófica. Sin embargo los metales más móviles llegan al Océano Atlántico contaminando las aguas litorales e, incluso, alcanzan el Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar.

Mucha gente cree que la acidificación de estos ríos se produce de forma natural y que, por tanto, no hay que tomar medidas para corregirla. Sin embargo, todos los arroyos y tramos de los ríos Tinto y Odiel afectados por lixiviados ácidos están asociados a vertidos de lixiviados procedentes de minas, modernas o antiguas, de tal forma que no se trata de “contaminación” natural. Recientemente se han iniciado varios proyectos encaminados a una recuperación de algunos tramos del río Odiel utilizando tecnologías de tratamiento pasivo (basados en procesos naturales que no requieren un gran coste de mantenimiento), para devolver a este sistema fluvial su importante función ecológica, cultural y recreativa.