

**EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS****ALGÚNS DATOS SOBRE O COBRE E A  
SÚA MINERÍA****Lembrando a Doñana****CID MANZANO, Ramón***IESP Negreira (A CORUÑA)**"O imposible volveu a ocorrer."*

Jesús Casas

Director do Parque Nacional de Doñana de 1986 a 1995

Case que todo o que aparecerá aquí pode ser obtido cun pouco de paciencia por calquera interesado ou interesada, polo que o posible mérito deste artigo esté en que permite de xeito rápido ter acceso algúns datos breves pero significativos do cobre e a súa minería, sendo tratados dun xeito sinxelo para que podan ser levados directamente á aula.

Ademais se presenta unha actividade que pretende reproducir a escala de laboratorio algúns dos procesos implicados na extracción do cobre, e que tenta acercar ós alumnos e alumnas, desde un enfoque práctico, ó acontecido nas proximidades de Doñana.

**BREVES APUNTES SOBRE A HISTORIA DO COBRE**

Durante miles de anos a humanidade usou case que exclusivamente a pedra. Con ela atacou e se defendeu. Cara o ano 6000 a.d.C. produciuse o descubrimento do cobre e o seu uso foise espallando cara o ano 2000 a.d.C. Segundo os historiadores, a primeira Idade do Cobre tivo o seu maior desenvolvemento en Exipto. A colonización de Africa e o Mediterráneo por parte de Exipto permite que nesas rexións aprendan a utiliza-los metais que existían en estado nativo, fundamentalmente ouro e cobre. Máis adiante aprenderán a extraelos dos seus minerais. Despois ven o descubrimento das aliaxes, a primeira das cales foi a do cobre co estaño, para producir bronce, que tivo unha enorme transcendencia.

Os primeiros obreiros descubriron moi cedo que este metal podía ser martelado con facilidade, laminándoo, para posteriormente darlle outras formas na medida en que acadaban máis habilidade no seu traballo. Despois da introducción do bronce tamén foi posible fundir unha gran variedade de pezas.

A través dos séculos, o cobre foi identificado polo símbolo ♀ que é unha forma modificada do antigo hierógrafo usado polos antigos exipcios para representar a vida eterna.

Cos romanos iniciouse unha era máis intensiva do cobre. O emprego do



metal espallouse aló por onde a súas lexións chegaron. A maior parte do cobre romano veu da illa de Chipre, que eles chamaron Cyprium e da que derivou a palabra "Cuprum" dando orixe a Cu como símbolo químico do cobre.

A propiedade do cobre, do bronce e do latón, para resistiren a corrosión fixo que estes metais permaneceran non só como decorativos, senón tamén como funcionais, desde a idade media e

os sucesivos séculos da revolución industrial ata os nosos días.

O cobre acadou a súa real dimensión de metal imprescindible para o desenvolvemento industrial do mundo en 1831, cando Michael Faraday inventou o xenerador eléctrico, e desde entón a demanda creceu de xeito imparable.

Durante gran parte do século XIX Gran Bretaña foi o maior produtor de cobre do mundo, pero a importancia que o metal adquiría cada día provocou a apertura de novas minas noutros países, Estados Unidos, Chile e posteriormente Zambia, superándose en 1911 o millón de toneladas de cobre fino. Co progreso que seguiu á revolución industrial foron descubertos máis e máis importantes usos para o cobre e os adiantos na súa metalurxia permitiron producir numerosas e novas aliaxes deste metal incrementándose os campos de aplicación.

## A SÚA PRESENCIA NA TERRA

O cobre é un dos elementos máis escaso (0,0001%) da codia terrestre, o que pode parecer sorprendente tendo en conta a súa importancia técnica.

O cobre forma parte da masa candente que constitúe o interior do planeta. Sometido a presións e temperaturas altísimas, este magma aflora á superficie a través de fisuras e gretas dando orixe ós xacementos.

En ocasións, o cobre pode emerxer por estas fisuras e cando solidifica da lugar a filóns e vetas sempre moi estreitas -ás veces de só uns centímetros- pero de gran pureza metálica.

Este é o chamado cobre nativo e que foi, seguramente, o primeiro a ser extraído na antigüidade.

Se o magma en vez de saír por unha greta principal faíno polas súas ramificacións, fórmanse corpos mineralizados de gran extensión, debido a que as altas temperaturas que presenta o magma permiten gran número de combinacións químicas. Na natureza pódense atopar máis de 160 compostos que conteñen cobre. Sen embargo, case que todos eles poden ser clasificados en dous grupos:

- minerais oxidados: o máis importante a cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ).
- minerais sulfurados: o máis importante a calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ).

O cobre nativo atópase en grandes cantidades en diversas zonas dos Estados Unidos (Michigan, Arizona e Novo México). Os xacementos de minerais de cobre máis importante atópanse en Chile., Estados Unidos, antiga Unión Soviética., Canada, Indonesia, Australia, Perú, Polonia, China e México. En España os xacementos de cobre quedan localizados case que exclusivamente na provincia de Huelva, sendo Riotinto a zona mineira máis coñecida.

A mina onde ocorreu o accidente é a mina de "Los Frailes" que se atopa no concello onubense de Aznalcóllar. É propiedade de Boliden-Apirsa que pertence o grupo multinacional sueco Boliden. Esta mina é unha das máis grandes a ceo aberto de Europa.



PRINCIPAIS MINERAIS		
MINERAL	COMPOSICIÓN	%Cu
Cobre nativo	Cu	100
Cuprita	$\text{Cu}_2\text{O}$	88.8
Tenorita	CuO	79.8
Malaquita	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57.3
Azurita	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	55.1
Crisocola	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36
Antlerita	$\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$	54
Brocantita	$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$	56.2
Atacamita	$\text{CuCl}_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	59.4
Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$	34.5
Bornita	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	63.3
Calcocita	$\text{Cu}_2\text{S}$	79.8
Covelita	CuS	66.4

A produción de cobre desde estes minerais é variable. A porcentaxe do metal contido no composto recibe o nome de "lei de fino" ou "lei de cobre". Nas minas de maior abundancia a lei fluctúa entre o 1% e o 2%, o que quere dicir que en cada tonelada de mineral hai de 10 a 20 kg de cobre fino.

Non todo ese metal poderá separarse da rocha na que se atopa, pero unha fracción importante é posible extraela mediante os métodos metalúrxicos. O resto do material, é dicir, sobre 990 kg por tonelada de mineral constitúen a ganga ou estéril, que deberá de depositarse nalgún lugar.

### AS PROPIEDADES DO COBRE

O cobre é un elemento metálico co número atómico 29 e masa atómica 63,57 u. O seu símbolo químico é Cu, e as súas valencias son +1 e +2.

Non posúe propiedades magnéticas e pode ser utilizado puro ou aliado con outros metais que lle confiren excelentes propiedades químicas e físicas. A continuación se indican algunhas destas aliaxes:



cobre nativo

Nome	Composición	Aplicacións
<i>Bronce de aluminio</i>	Cu 90% , Al 10%	Duro e non corroible
<i>Bronce de canón</i>	Cu 90% , Sn 10%	Engranaxes, moldeados
<i>Bronce de manganeso</i>	Cu 90% , Zn 5%, Sn 3%, Mn 2%	Hélices dos barcos
<i>Constantán</i>	Cu 60 % , Ni 40 %	Termoelementos
<i>Latón (amarelo)</i>	Cu 67%, Zn 33%	Tubos, planchas, ...
<i>Latón (vermello)</i>	Cu 90%, Zn 10%	Pintura de ouro, bisutería
<i>Metal de espellos</i>	Cu 78%, Sn 22%	Reflectores

As propiedades físicas máis importantes son:

Densidade: 8,96 g/cm <sup>3</sup> ( 20°C )	Presión de vapor: 101 mm Hg a 20 °C
Punto de fusión: 1083 °C	Calor latente de fusión: 50,6 cal/g
Punto de ebulición: 2595 °C	Calor específica: 0,0912 cal/g°C (20°C)
Conductividade eléctrica: 101 % IACS 20 °C	Forma cristalina: Cúbica centrada nas caras
Coeficiente de dilatación térmica lineal: 0,017mm/°C	
Resistividade eléctrica: 1,673·10 <sup>-8</sup> ohm.m (20°C)	

Igual que o ouro ou a prata, o cobre é maleable podendo conseguirse láminas de 2 micras de espesor. Tamén é dúctil producíndose fíos tan delgados como un cabelo humano.

É un extraordinario conductor da electricidade. En 1913 a Comisión Internacional de Electrotecnia adptou a conductividade do cobre como patrón, dándolle o valor 100 para o cobre recocido (IACS). Isto significa que o cobre proporciona unha maior capacidade de conduction da corrente eléctrica para o mesmo diámetro do fío que calquera outro metal usualmente empregado como conductor eléctrico.

Tamén é un excelente conductor da calor, polo que é moi usado en útiles de cociña, refrixeradores e radiadores.

É moi resistente á corrosión e frecuentemente queda recuberto cunha capa verdosa chamada pátina que impide posteriores corrosións.

Ademais das propiedades sinaladas presenta outras que explican o seu espallado uso en tuberías, conduction para gas, refrixeración, etc. Esas características son:

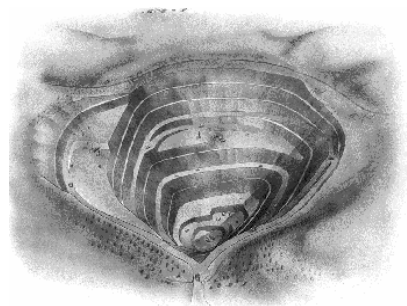
- Duración: os tubos de cobre teñen unha vida útil incomparablemente superior ós materiais alternativos, como PVC e ferro galvanizado.
- Propiedade bactericida: o cobre protexe a saúde, evitando enfermidades transmitidas pola auga.
- Ecolóxico: é 100% reciclable
- Resistencia mecánica: o tubo de cobre resiste a choques, vibracións e presións.
- Non produce gases tóxicos: en caso de incendios non produce fumes nin gases velenosos.
- Impermeabilidade: nada pasa a través do cobre. Nin fluídos, xermes, gases ou raios ultravioleta.
- Resistencia á calor, ó fogo, á presión e ó tempo
- Eficiencia: libres de incrustacións as paredes de cobre garanten a circulación perfecta de líquidos.

O cobre é utilizado na agricultura, principalmente como sulfato de cobre, como fungicida, na corrección de deficiencia de cobre en solos e en animais, como estimulante do crecemento en animais de granxas e como aniquilador de lesmas e caramuxos.:

Ademais dos diversos usos do cobre na agricultura e na bioloxía, as sales de cobre teñen unha gran variedade de usos industriais na forma de acetatos, cloratos, nitratos, etc.

## A MINERÍA DO COBRE.

As minas de cobre son clasificadas de acordo co sistema de explotación. Minas á Ceo Aberto son aquelas que presentan o mineral próximo á superficie, e Minas Subterráneas son nas que o mineral se atopa en profundidade.



A Mina de Boliden-Årjuna en Aznalcóllar é do tipo de ceo aberto.

Dous son os métodos tradicionais empregados na minería do cobre:

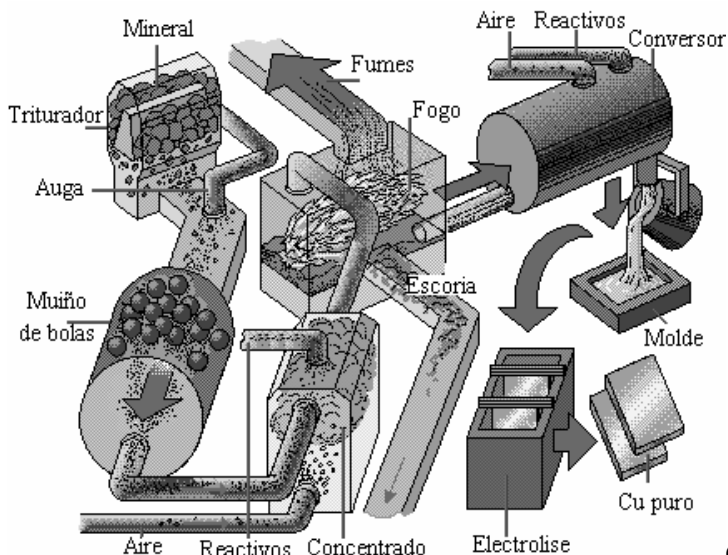
**Método de lixiviación.** Consiste en tratar a mena triturada con ácido sulfúrico diluído que reacciona co composto de cobre dando lugar a que o ión Cu pase á disolución en forma de sulfato de cobre. Posteriormente o metal sepárase da disolución por electrólise. Este método está indicado para os óxidos ou carbonatos de cobre, solubles no ácido, e que aparecen na chamada zona de oxidación dos xacementos sulfurados (como os de calcopirita) Entre os óxidos ou carbonatos máis habituais nesa zona de oxidación están,

*a cuprita:*  $\text{Cu}_2\text{O}$  , *a azurita:*  $2\text{CO}_3\text{Cu}\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$  , *a malaquita:*  $\text{CO}_3\text{Cu}\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$

Este método estivo moi relacionado coa produción de ácido sulfúrico subsidiario do tratamento dos sulfuros -tal como se indica no apartado seguinte- pero agora xa está en desuso.

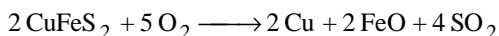
Respecto a este procedemento profundizaremos máis adiante a través dunha actividade de laboratorio.

**Método de fusión.** Este método de extracción do cobre dunha mena sulfurada implica varias operacións laboriosas, debido a gran proporción de sulfuro de ferro que moitas calcopiritas presentan, e que debe separarse transformándose en óxido e eliminándose por último en forma de escoira, como silicato de ferro.



O mineral despois de ser triturado e moído pasa por células de flotación que separan a parte rica en cobre do material inerte e se converte nun concentrado cunha riqueza media en cobre do 30 %. Este concentrado é fundido nun forno onde ocorre a oxidación do ferro e do xofre, chegándose a un produto intermedio chamado mata de cobre, cun 60% de cobre. A mata líquida pasa por un convertor -tipo Bessemer- e a través dun proceso de oxidación (insuflando osíxeno que oxida ó xofre e ó ferro) transformándose en cobre blister (chamado así por que cando o cobre líquido se solidifica, os vapores de dióxido de xofre se desprenden provocando a aparición de vesículas no metal). Finalmente queda o proceso de refinado electrolítico que proporciona un cobre practicamente puro.

A ecuación bruta deste proceso podémola expresar así:



Precisamente, o  $\text{SO}_2$  que se desprende en grandes cantidades durante este proceso pode transformarse en ácido sulfúrico.

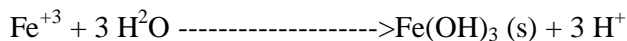
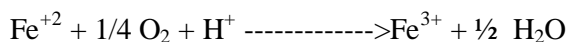
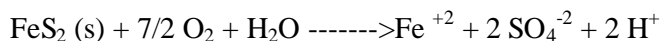
*O método seguido en Aznalcóllar* é diferente ós dous vistos anteriormente, xa que nesta mina non é o Cu o principal metal explotado. Consiste en moer a mena ata pulverizalo mineral, para diluílo en auga. Lentamente, co osíxeno do aire disolvido na auga, e a presenza de microorganismos, vaise producindo a oxidación dos sulfuros insolubles ata sulfatos o que vai acompañado da acidificación do medio acuoso que chega a acadar un pH 2. Segundo as distintas densidades, os ións metálicos de Pb, Zn,

Ag e Cu vanse ubicando na disolución, sendo extraídos das fases iónicas correspondentes.

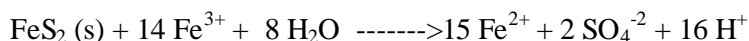
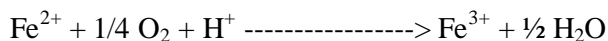
As augas ácidas resultantes xunto cos residuos do mineral trasvásanse a balsas de almacenamento. Estas augas deben ser tratadas nunha depuradora ata acadar un pH 7, e poder así ser verquidas ó río. No caso de Aznalcóllar, a depuradora só era capaz de depurar un 25% desas augas polo que o resto era almacenado en grandes balsas artificiais. Precisamente, un muro de contención derrubouse e se produciu o verquido duns 5 millóns de m<sup>3</sup> de augas ácidas e lodos sobre o río.

A formación de augas ácidas non é un proceso que unicamente ocorra na minería do cobre. En xeral, sempre que haxa sulfuros no solo, o proceso anterior máis lenta ou máis rapidamente estarase a producir. Como xa se comentou, trátase dun proceso complexo que se produce en varias etapas, e a continuación se expoñen as ecuacións químicas implicadas na formación de augas ácidas pola presenza de sulfuros de ferro no solo:

**Reacciones nas etapas I (7 < pH < 4,5) e II (4,5 < pH < 3,3)**

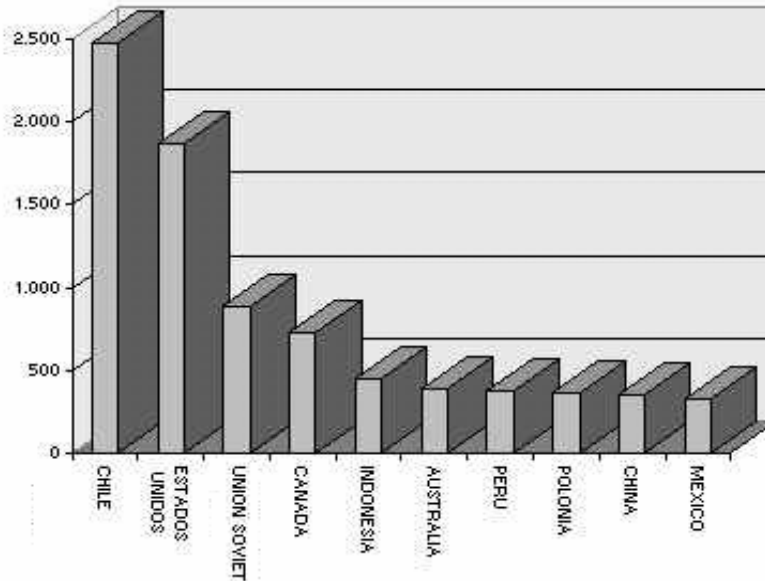


**Reacciones na etapa III (pH < 3,3)**



### O COBRE NO MUNDO ACTUAL.

Como xa se comentou antes, os países produtores deste metal máis importantes son: Chile., Estados Unidos, antiga Unión Soviética., Canada, Indonesia, Australia, Perú, Polonia, China e México. Na táboa represéntanse as correspondentes producións en 1995, expresadas en miles de toneladas :



A produción de cobre mundial en 1996 foi de 10 millóns oitocentos oitenta e cinco mil cen Toneladas (10.885.100 Toneladas).

Chile foi o máximo produtor con 3.115.800 toneladas representando esta cifra o 28.6% do total.

Respecto á mina de Los Frailes en Aznalcóllar, en 1997 producíronse 2900 toneladas de cobre.

En relación os usos actuais do cobre, hai que dicir que se trata dun dos compoñentes esenciais da moderna industria, sendo o seu uso máis importante na conducción eléctrica. A dereita indícase en termos proporcionais a súa utilización:

O uso do cobre está incrementándose. Nos anos 70

Cables eléctricos	16%
Fontanería	14%
Automoción	11%
Aparatos eléctricos	9%
Aire acondicionado	8%
Telecomunicacións	7%
Equipamentos industriais	6%
Electrónica	6%
Outros	23%

unha casa duns 140 m<sup>2</sup> levaba uns 127 kg de cobre. Hoxe unha casa desa mesma superficie chega ós 140 kg de cobre.

Un coche nos anos 70 contiña a redor de 15 kg de cobre, mentres que agora a cantidade deste metal oscila entre os 22 e os 35 kg.

Un avión Boeing 727 leva case que catro toneladas de cobre.

### ACTIVIDADE PRACTICA.

Para que os alumnos e alumnas entendan algúns dos procesos implicados na minería do cobre e que se acerquen máis ó que aconteceu na mina de Aznalcóllar, propónse unha actividade de laboratorio que cualitativamente acerca as operacións reais que se levan a cabo.

O que imos reproducir e o **método de lixivación**, que aínda que non é o utilizado aló, permite unha aproximación rápido e clara ó problema.

Mediante este procedemento, os ións de Cu(II) serán disolvidos desde o mineral cunha disolución ácida. Unha gran variedade de ácidos pode ser usada, sendo o ácido sulfúrico o que é usualmente utilizado na minería do cobre, polo que será o utilizado aquí.

O ideal é dispoñer do mineral de cobre tipo malaquita ou cuprita. Pero se isto non é posible, podemos "fabricar" nos mesmos o mineral. Facemos unha mestura de carbonato de cobre (II) ou óxido de Cu(II) (que non son solubles en auga) con area ou terra, simulándose así o mineral xa triturado. En concreto, esta actividade preparouse cunha mestura de óxido de Cu(II) e terra. Dado que a riqueza en Cu nos seus minerais oscila do 1% o 2% , máis ou menos a proporción en masa *terra/óxido de Cu(II)* debería ser de 50:1. Non obstante, e a efectos didácticos, é mellor aumentar considerablemente a proporción en favor do óxido.

#### Material

- "Mineral" de cobre
- Vaso de precipitados de 100 ml
- Espátula e varíña de vidro.
- Funil de vidro e papel de filtro.
- Algúns metal máis reactivos que o cobre, como o aluminio, ferro (ou aceiro) ou zinc, en forma de cravo ou arame.
- Ácido sulfúrico diluído.

#### Procedemento.

Botamos o mineral triturado, no vaso de precipitados nunha cantidade que cubra o fondo, e engadimos a continuación o ácido sulfúrico diluído ata unha

cantidade que chegue a metade de vaso. Removemos coa variña de vidro producíndose o proceso de disolución do cobre en forma de  $\text{CuSO}_4$ . En principio a mezcla aparece cunha cor escura que pouco a pouco vai aclarando segundo as sustancias insolubles van depositándose no fondo. En poucos minutos temos unha parte líquida na que están os ións  $\text{Cu}^{2+}$  e outras partículas en suspensión. En función destas partículas a parte líquida terá unha cor máis ou menos próxima a azulada que é a que producen os ións cobre hidratados.

A continuación decantamos a mezcla separando así a parte líquida do precipitado. En realidade este precipitado constitúe os *lodos estériles*. Cun anaquiño de papel indicador podemos constatar que estes lodos son claramente ácidos. Tamén foron lodos ácidos os causantes da primeira agresión sobre a fauna e a flora das zonas contaminadas na catástrofe de Aznalcóllar.

O líquido que contén os ións  $\text{Cu}^{2+}$  pódese usar de inmediato para o seguinte paso que é a obtención do cobre metálico. Non obstante podemos realizar unha filtración previa deste líquido para evitar as partículas en suspensión. Tamén podemos deixar repousar ata o día seguinte o sistema para que estas partículas vaian precipitando. Entón observaremos unha disolución transparente e azulada que non deixa dúbidas sobre a presenza do  $\text{Cu}^{2+}$  na disolución.

Para extrae-lo Cobre da disolución, debemos introducir un dos metais, citados no apartado de material, de xeito que parte del queda fora do vaso para ser facilmente inspeccionado.

O correspondente proceso redox se producirá depositándose o Cu metálico sobre o arume ou cravo, que a súa vez liberará o outro metal en forma iónica cara a disolución.

Por exemplo, cun cravo de ferro:  $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$

A presenza do cobre metálico no arume ou no cravo remata o proceso de obtención.

Naturalmente, tamén podemos obter o Cu mediante unha electrólise co que a simulación sería aínda máis completa, pero quizais complique innecesariamente o que realmente se pretende.

Por outra parte, non é precisa a primeira parte da actividade para chegarmos ó proceso de obtención do cobre, xa que nun anaco de cinc introducido nunha disolución de  $\text{CuSO}_4$  ou de  $\text{CuCl}_2$  produciríase o mesmo efecto, pero estaríamos daquela a perder "realismo" no intento de reproducir o ocorrido na mina de Aznalcóllar. Sobre todo non "visualizaríamos os lodos ácidos".

En todo caso, poderíamos facer paralelamente ámbalas dúas experiencias para que os estudantes teñan unha idea máis exacta do que está a acontecer desde un punto de vista estrictamente químico.

O importante é que pasamos polas etapas básicas deste tipo de minería:

- trituración do mineral do cobre
- lixivación nun medio ácido
- separación por decantación e filtración da disolución rica en Cu(II)
- formación dos lodos residuais
- obtención do cobre metálico mediante un proceso redox.

Naturalmente o feito trascendente no que se refire a catástrofe da mina andaluza, é o derrubamento da presa que contiña os lodos. Deixo a habilidade do profesor ou profesora a finalización da actividade buscando cos alumnos e alumnas unha solución axeitada para os "lodos" obtidos no laboratorio durante o proceso.

A título anecdótico, é interesante sinalar que poderíamos estar tentados a introducir como metal na disolución algunha xoia de ouro ou prata para demostrar que por seren menos reactivos que o cobre non darían lugar o proceso redox. Pero debemos ter en conta que nas xoias estes metais nobres están aliados con outros en maior ou menor medida, e daquela si que se producirían proceso redox que danarían de xeito irreparable a xoia.

Finalmente, é preciso comentar que dependendo do tipo de area ou terra que se use, as proporcións desta co composto de cobre, as cantidades usadas e a concentración do ácido sulfúrico, se poden producir pequenas diferencias nas características do proceso, como a velocidade do mesmo, a coloración das mesturas, os tipos de partículas en suspensión ou a aparición doutros procesos paralelos. Debe se-lo profesor ou profesora quen previamente realice as probas pertinentes para fixar os parámetros concretos do proceso. Non obstante, e con mínimas diferencias, na actividade observáranse sen problemas tódolos proceso sinalados, e como o lector ou lectora pode notar hai unha enorme cantidade de conceptos e procedementos químicos implicados, e ademais son evidentes os contidos actitudinais que poden ser traballados.

### **BREVES APUNTES SOBRE OS LODOS**

Xunto co mineral de cobre nas minas hai outras moitos minerais pertencentes a outros elementos metálicos que tamén son obxecto de extracción, e que por suposto van aparecer nos lodos resultantes

De feito, na mina de Aznalcóllar non é o cobre o metal que se obtén en maior cantidade. Na táboa da dereita pódese ver a nómina de metais obtidos na

mina accidentada no ano 1997. ademais, o mineral presenta tamén arseniuros, o que vai a producir a presenza de arsénico nos lodos.

Para ter máis información a este respecto véxase o traballo "*Doñana: Desastre ecolóxico*" publicado ó principio deste número do Boletín das Ciencias.

Mineral	2,1 millóns de toneladas
Zinc	61500 toneladas
Chumbo	22200 toneladas
Cobre	2900 toneladas
Prata	40,1 kg

Da composición química dos lodos e sedimentos fluviais analizados por expertos de diferentes institucións despréndese a presenza dunha serie de elementos en concentracións potencialmente perigosas.

Elemento	Zn	Pb	As	Cu	Co	Tl	Bi	Cd	Hg
Concentración no lodo (ppm)	8000	8000	5000	2000	90	55	70	28	15

A análise da materia orgánica presente nos lodos demostra a presenza de aminas aromáticas e hidrocarburos aromáticos policíclicos, en cantidades de 4 a 10 ppm, que proceden das celas de flotación da explotación mineira.

Outra cuestión de máximo interese a este respecto, é a relativa ó uso que se ten feito da mina como lugar de verquidos procedentes da industria química das zonas próximas. Como se sabe na provincia de Huelva existe unha forte actividade neste sector.

Os sedimentos fluviais contaminados polos lodos presentan concentracións dos elementos antes citados tres ordes de magnitude superiores ás dos sedimentos fluviais naturais.

## CONSIDERACIÓNS FINAIS

Son moitas as outras perspectivas -ecolóxica, económica, social, ética, etc.- desde as que se poden e se deben abordar este gravísimo accidente. Todas elas teñen perfectamente cabida desde o punto de vista conceptual, procedemental e actitudinal, en calquera dos curriculares da ESO ou de Bacharelato.

Con pouco esforzo o lector ou lectora pode ver que case que moitos dos tópicos esenciais da Química son abordados en maior ou menor profundidade, e ademais aparecen evidentes conexión entre ciencia, tecnoloxía e sociedade.

Aínda que neste caso sería unha frivolidade dicir que non hai mal que por ben non veña, paga a pena sacarlle todo o partido a esta situación.

**AGRADECIMENTOS**

Quero manifestar o meu agradecemento ós meus compañeiros de Instituto Juan Ramón Gallástegui e Pedro Núñez, así como a Eduardo G. Rodeja profesor do Departamento de Edafoloxía da USC e a Manolo Bermejo do Departamento de Química Inorgánica da USC, polas súas correccións, suxerencias e inestimable axuda.

**BIBLIOGRAFIA**

*ATLAS de Mineralogía*. Idea Books, S.A.

CHRISTEN H.R., *Fundamentos de la Química G. e Inorgánica*. Ed.Reverté.

GUTIERREZ RIOS, E. *Química Inorgánica*. Ed.Reverté.

KLEIN, C. / HULBURT, C. S. . *Manual de mineralogía*. Ed. Reverte.

MELLENDEZ FUSTER, *Geología*. Ed.Paraninfo.

TRIFONOV, D.N. *Como se descubrieron los elementos químicos*. Ed.MIR.