RADIO MARIA

Protejamos la Tierra, Sesion #3, 31 de Agosto de 2018

Gisella Rocio Ravina Luque

Dr. Francisco Javier Mariategui y Caceres

Titulo: Contaminacion y Mineria pag.1

Introduccion: Las operaciones mineras se basan en la extraccion de minerales valiosos de la tierra para el uso humano, por ejemplo; Oro, plata, cobre, plomo, zinc, cadmio, mercurio, molibdeno, manganeso, cromo, hierro, niquel, paladio, platino, galio, indio, Talio, niobio, tantalio, zirconio, Torio, uranio, aluminio, litio y otros metales, como tambien la mineria de los compuestos no metalicos cuyos usos son innumerables. Con la excepcion del carbon y el asbesto los no metalicos no causan problemas de contaminacion, por esta razon nos vamos a concentrar en la mineria de los metales.

El problema es que los minerales valiosos estan mezclados con rocas o suelos sin valor minero, por eso la primera etapa despues de la extraccion es la reduccion de tamaño y la molienda de los minerales, la segunda etapa es la concentracion de los valores y la tercera etapa es la separacion de los diferentes metales por medios fisicos o quimicos.

Otro problema es que rara vez los metales aparecen puros en la naturaleza, como ejemplo veamos loe minerales que contienen plata. Es verdad que a veces encontramos plata nativa o compuestos binarios de plata como sus cloruros y sulfuros pero la mayoria vienen asi:

Muchos son los minerales que contienen plata entre los que están: Acantita(Ag2S), Aguilarita(Ag4SeS), Alargento(Ag1-xSbx) (x ≈ 0.09-0.16), Andorrita(AgPbSb3S6)) Argirodita(Ag8GeS6), Balkanita(Ag5Cu9HgS8), Boleíta(KAg9Pb26Cu24Cl62(OH)48), Bromargirita (AgBr), Clorargirita(AgCl), CuadratitaAg(Cd,Pb)AsS3, Discrasita(Ag3+xSb1-x)(x≈0,2), Estefanita(Ag5SbS4), Eugenita(Ag11Hg2), Fettelita(Ag24HgAs5S20), Freibergita(Ag6Cu4Fe2Sb4S13), Lodargirita(AgI), Jalpaíta(Ag3CuS2),

Pag.2

Krennerita(Au,Ag)Te2, Marrita(AgPbAsS3), Lengenbachita(Ag4Cu2Pb18As12S39), Matildita(AgBiS2), Mckinstryíta(Ag,Cu)2S, Miargirita(AgSbS2), Pavonita(AgBi3S5), Moschellandsbergita(Ag2Hg3), Petzita(Ag3AuTe2), Pearceíta Cu(Ag,Cu)6Ag9As2S11, Pirostilpnita(Ag3SbS3), Polibasita Cu(Ag,Cu)6Ag9Sb2S11, Pirquitasita(Ag2ZnSnS4), Quetzalcoatlita(Cu2+)3Zn6(Te6+)2O12(OH)6·(Ag,Pb,-)Cl Samsonita(Ag4MnSb2S6), Routhierita Tl(Cu,Ag)(Hg,Zn)2(As,Sb)2S6, Schachnerita(Ag1.1Hg0.9), Silvanita(AgAuTe4, Sternbergita(AgFe2S3), Stromeyerita CuAgS, Uchucchacuaíta(AgMnPb3Sb5S12), Stutzita(Ag5-xTe3)(x=0.24-0.36), Uytenbogaardtita(Ag3AuS2), Weishanita(Au,Ag)1.2Hg.8, Xantoconita Ag3AsS3 Yodargirita AgI.

Asi como vemos en esta lista la plata normalmente aparece como un subproducto de la mineria del cobre o el plomo.

El oro, los diamantes, la plata, el cobre, la bauxita, el manganeso, el carbón etc, son los minerales y metales más apreciados por la industria minera. La explotación principal se desarrolla en el continente americano, Asia y África en su gran mayoría.

La minería es una actividad extractiva altamente destructiva pero además dependiendo de que método se utilice puede ser realmente muy contaminante para las personas y el medio ambiente.

Para poder extraer de las minas los elementos de interes se utilizan diferentes químicos altamente tóxicos como el cianuro, plomo, arsénico, ácido sulfúrico, mercurio, entre otros, que se utilizan a cielo abierto.

Como consecuencia de esta forma de explotación algunos de los países que más problemas ambientales han tenido por contaminación son Perú ( La Oroya), Ghana, Zambia, Argentina, Bolivia, Kenia y en otros . La  mayoría de estos lugares tan afectados son países pobres que creen que la llegada de empresas multinacionales mineras traerá

Pag.3

progreso y dinero para al país. Pero lo que ocurre en realidad es que se llevan millones de dólares, agotan los yacimientos, destruyen y contaminan el medio ambiente, enferman y matan a cientos de miles trabajadores y población local. Los beneficios son minímos frente a las consecuencias negativas que provocan.

Los problemas ambientales que generan las mineras son contaminación con tóxicos, el agua subterránea y aguas superficiales como ríos, lagos, acuíferos y glaciares, el aire y el suelo, alteración y destrucción de la flora y fauna del lugar, así como a las personas que estan expuestas a las emisiones de toxinas y a metales pesados que alteran la salud y desarrollan graves enfermadades como intoxicaciones con metales,problemas respiratorios, cáncer, entre otros.

Es posible desarrollar una actividad económica de forma segura y de reducir notablemente la contaminación pero para ello hay que invertir mucho dinero por parte de las empresas, por eso no lo hacen y se abusan de la pobreza y necesidad de los países del ingreso de capitales extranjeros. Pero luego que terminan de explotar las minas y se retiran, las consecuencias son muy graves y es el estado el que debe hacerse cargo. Por lo que se debe evitar que esto ocurra, con  controles rigurosos y no permitir utilizar métodos contaminadores.

Pag.4

Los países deben evitar este tipo de problemas ambientales ya que algunos a veces, no es posible restaurar el medio ambiente por el nivel de daño ni de los recursos que alli se encuentran.

Para entender como se puede tener una mineria con un minimo de contaminacion, hay que entender los procesos basicos.

PROCESOS EN LOS CUALES LOS MATERIALES TOXICOS ENTRAN EN LA MINERIA

Los procesos en los cual se genera o se usan substancias altamente toxicas son:

1)-FLOTACION

Concentracion de sulfuros polymetalicos: Este proceso se llama Flotacion. Necesita productos quimicos que tengan afinidad con los sulfuros, estos colectores actuan como detergentes, los mas comunes son los Xantatos que tienen una cola covalente y una cabeza de sulfuro que es ionica. Ademas tenemos un aceite para crear espuma y flotar los sulfuros con aire para concentrar los minerales. Ademas hay agentes depresores que son extremadamente toxicos (cianuro de sodio y a veces productos de arsenico) Esto se usa para separar tipos de metales. Por ejemplo para separar el zinc o para deprimir el cobre cuando tratamos de concentrar el molibdeno etc. Aquí tenemos los siguientes problemas: Aceites, Xantatos, Cianuro y a veces Arsenico. Ademas los relaves tienen que tratarse de modo que no dejen salir metales toxicos a las aguas. El agua debe de tratarse antes de descartarla y se debe reusar.

2)-TOSTACION MINERALES O TOSTADO DE MINERALES

El **tostado** o tostación es un paso en la transformación de Pag.5 ciertas [menas](https://es.wikipedia.org/wiki/Mena_(miner%C3%ADa)) metálicas. Más específicamente, el tostado es un proceso metalúrgico que implica reacciones sólido-gas a temperaturas

elevadas con el fin de purificar el componente metálico. A menudo antes del tostado, el mineral ya ha sido parcialmente purificado, por ejemplo, por [flotación en espuma](https://es.wikipedia.org/wiki/Flotaci%C3%B3n_(proceso)). El concentrado se mezcla con otros materiales para facilitar el proceso. Esta tecnología es útil, pero también una grave fuente de [contaminación atmosférica](https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica).[1](https://es.wikipedia.org/wiki/Tostado_(metalurgia)#cite_note-1)​

El tostado consta de reacciones térmicas de sólido-gas, que pueden incluir [oxidación](https://es.wikipedia.org/wiki/Oxidaci%C3%B3n), [reducción](https://es.wikipedia.org/wiki/Reducci%C3%B3n), cloración, sulfatación, y pirohidrólisis. En la tostación, el concentrado de mineral se trata con aire muy caliente. Este proceso se aplica generalmente a los minerales metálicos con [azufre](https://es.wikipedia.org/wiki/Azufre), como los [sulfuros](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfuro) metálicos. Durante la tostación, el sulfuro metálico se convierte en un óxido, y el azufre se libera como [dióxido de azufre](https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_azufre), un gas. Para el mineral de Cu2 S ([calcosina](https://es.wikipedia.org/wiki/Calcosina)) y ZnS ([esfalerita](https://es.wikipedia.org/wiki/Esfalerita)), las ecuaciones de equilibrio para el tostado son:

2 Cu2S + 3 [O2](https://es.wikipedia.org/wiki/Diox%C3%ADgeno) → 2 Cu2O + 2 SO2

2 ZnS + 3 O2 → 2 ZnO + 2 SO2

El producto gaseoso de la tostación de los sulfuros, el dióxido de azufre (SO2) se utiliza a menudo para producir [ácido sulfúrico](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico). Muchos minerales de azufre contienen otros componentes tales como el [arsénico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ars%C3%A9nico) que se liberan al medio ambiente.

Hasta principios del siglo XX, el tostado se iniciaba por la quema de madera en la parte superior del mineral. Esto aumentaba la temperatura del mineral hasta el punto de que el azufre contenido pasaba a ser la fuente de combustible, y el proceso de tostado podía continuar sin fuentes de energía externas. Las primitivas tostaciones se realizaban en "hogares" abiertos, los tostadores, donde se agitaban manualmente (una práctica conocida como "rabbling" en inglés), utilizando herramientas en forma de rastrillo para exponer el mineral sin tostar al [dioxígeno](https://es.wikipedia.org/wiki/Diox%C3%ADgeno) del aire para continuar la reacción. Este proceso si se hace en forma artesanal

Pag.6

contamina la atmosfera con Dioxido de Azufre y muchas veces con Arsenico.

LIXIVIACION DE MINERALES

En [metalurgia extractiva](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metalurgia_extractiva&action=edit&redlink=1) se conoce como **lixiviación** al proceso de extraer desde un [mineral](https://es.wikipedia.org/wiki/Mineral) una especie de interés por medio de reactivos que la [disuelven](https://es.wikipedia.org/wiki/Disoluci%C3%B3n) o transforman en sales solubles. En otras palabras, en la lixiviación se recuperan especies útiles desde una fase líquida, correspondiente a la sustancia o una sal de esta en [disolución acuosa](https://es.wikipedia.org/wiki/Disoluci%C3%B3n_acuosa). Los minerales que usualmente son lixiviados son aquellos menos oxidados ([óxidos](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido), [carbonatos](https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato), [sulfatos](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato), [silicatos](https://es.wikipedia.org/wiki/Silicato), etc.).

La lixiviación es una técnica ampliamente utilizada en metalurgia extractiva que convierte los metales en sales solubles en medios acuosos. En comparación con las operaciones pirometalúrgicas, la lixiviación es más fácil de realizar y mucho menos dañina, ya que no se produce contaminación gaseosa. Sus principales inconvenientes son su alta acidez de trabajo y en algunos casos sus efluentes residuales tóxicos, y también su menor eficiencia causada por las bajas temperaturas de la operación, que afectan dramáticamente las tasas de reacción química.

El mineral usado para el proceso de lixiviación puede ser o bien oxidado o bien sulfurado. Por ejemplo, para un mineral oxidado, una reacción de lixiviación ácida simple puede ser ilustrada mediante la reacción de lixiviación del óxido de [zinc](https://es.wikipedia.org/wiki/Zinc):

ZnO + H2SO4 → ZnSO4 + H2O

En esta reacción el ZnO sólido se disuelve, formando sulfato de zinc disuelto en agua.

En muchos casos pueden ser usados otros reactivos para lixiviar óxidos. Por ejemplo, en la metalurgia del aluminio, el óxido de aluminio reacciona son soluciones alcalinas:

Al2O3 + 3H2O + 2NaOH → 2NaAl(OH)4

Pag.8

La lixiviación de sulfuros es un proceso más complejo debido a la naturaleza refractaria de minerales de sulfuro. Esto implica a menudo el uso de recipientes a presión, llamados autoclaves. Un

buen ejemplo del proceso de autoclave de lixiviación se puede encontrar en la metalurgia del zinc. Se describe mejor por la siguiente reacción química:

2ZnS + O2 + 2H2SO4 → 2ZnSO4 + 2H2O + 2S

Esta reacción se produce a temperaturas superiores al punto de ebullición del agua, creando así una presión de vapor dentro del recipiente. El oxígeno se inyecta a presión, haciendo que la presión total en el autoclave sea mayor a 0.6 MPa.

La lixiviación de los metales preciosos como el oro puede llevarse a cabo con cianuro o el ozono bajo condiciones suaves. La cianuracion del oro o plata sera descrita a continuacion.

En la lixiviacion de sulfuros se usa la oxidacion del sulfuro de hidrogeno para evitar la formacion del altamente toxico gas H2S.

LIXIVIACION BACTERIOLOGICA

Es un proceso de disoluciones ejecutadas por un grupo de [bacterias](https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria) que tienen la habilidad de oxidar minerales sulfurados, permitiendo liberar los valores metálicos contenidos en ellos. Su objetivo es explotar menas que por tener baja concentración de metal no se pueden tratar con métodos tradicionales. Este proceso es utilizado para la extracción de [uranio](https://es.wikipedia.org/wiki/Uranio), [cobre](https://es.wikipedia.org/wiki/Cobre), [zinc](https://es.wikipedia.org/wiki/Zinc), [níquel](https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADquel), [cobalto](https://es.wikipedia.org/wiki/Cobalto), entre otros. Las bacterias producen una solución ácida que contiene al metal en su forma soluble.

Las bacterias más utilizadas son las especies *Thiobacillus oxidans*, *T. thiooxidans*, *T. ferrooxidans* y *T. dentrificans*. Son seres quimiolitoautótrofos obligados, es decir, obtienen su energía por la oxidación de elementos presentes en las rocas, como [hierro](https://es.wikipedia.org/wiki/Hierro) y [azufre](https://es.wikipedia.org/wiki/Azufre). En

Pag.9

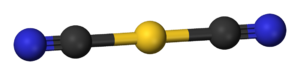
general estas bacterias requieren, para vivir y reproducirse, de un medio ácido (son acidofílicas) con un pH entre 1 y 5, temperaturas de entre 25 °C a 30 °C (hasta 45 °C para algunas especies) y altas concentraciones de metales. Algunas son [aeróbicas](https://es.wikipedia.org/wiki/Organismo_aerobio) y otras [anaeróbicas](https://es.wikipedia.org/wiki/Organismo_anaerobio).

La bacteria más estudiada en cuanto a la oxidación biológica de los minerales sulfurados es la *Thiobacillus ferroxidans*. Es una bacteria [gramnegativa](https://es.wikipedia.org/wiki/Gramnegativa) anaeróbica. Obtiene su energía mediante la oxidación de sulfuros ([pirita](https://es.wikipedia.org/wiki/Pirita), [marcasita](https://es.wikipedia.org/wiki/Marcasita), [galena](https://es.wikipedia.org/wiki/Galena), [calcopirita](https://es.wikipedia.org/wiki/Calcopirita), [bornita](https://es.wikipedia.org/wiki/Bornita), [blenda](https://es.wikipedia.org/wiki/Blenda), [covellina](https://es.wikipedia.org/wiki/Covellina)), y requiere de CO2 como fuente de carbono, nitrógeno y fósforo para sintetizar su alimento, además de una temperatura entre 28 °C y 35 °C.

Estos procesos pueden ocurrir en los relaves causando la liberacion de URANIO, NICKEL, COBALTO, PLOMO y otros minerales toxicos al medio ambiente.

CIANURACION

La **cianuración del oro** (también conocida como el **proceso de cianuro** o el **proceso de MacArthur-Forrest)** es una técnica [metalúrgica](https://es.wikipedia.org/wiki/Metal%C3%BArgica) para la extracción de [oro](https://es.wikipedia.org/wiki/Oro) de [mineral](https://es.wikipedia.org/wiki/Mineral) baja calidad, que busca convertir el oro (insoluble en agua) en aniones metálicos complejos de **aurocianida**, solubles en agua, mediante un proceso denominado [lixiviación](https://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviaci%C3%B3n). Es el proceso más comúnmente utilizado para la [extracción](https://es.wikipedia.org/wiki/Extracci%C3%B3n) de oro. Debido a la naturaleza venenosa del [cianuro](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuro), el proceso es muy controvertido y su uso está prohibido en varios países y territorios.

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dicyanoaurate(I)-3D-balls.png)

Modelo de "Bolas y palos" del anión complejo aurocianida o dicianoaurato (I), [Au (CN)2]-

Pag.10

La [reacción química](https://es.wikipedia.org/wiki/Reacci%C3%B3n_qu%C3%ADmica) se llama la **ecuación de Elsner** de la siguiente manera:

4 Au + 8 NaCN + O2 + 2 H2O → 4 Na[Au(CN)2] + 4 NaOH

Se trata de un proceso electroquímico en el que el oxígeno recoge electrones del oro en una zona catódica, los iones de oro, mientras son rápidamente acomplejados por el cianuro alrededor de la zona anódica para formar el complejo *soluble* dicianoaurato de sodio.

En 1896 Bodländer confirmó que el oxígeno era necesario, algo que MacArthur dudaba, y descubrió que el [peróxido de hidrógeno](https://es.wikipedia.org/wiki/Per%C3%B3xido_de_hidr%C3%B3geno) se formó como producto intermedio.

Quedando la fórmula:

2 Au + 4 NaCN + O2 + 2 H2O → 2 Na[Au(CN)2] + 2 NaOH + H2O2

### [1](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro#cite_note-1)**Efecto del nitrato de plomo y el pH**

El [nitrato de plomo](https://es.wikipedia.org/wiki/Nitrato_de_plomo_(II)) puede mejorar la velocidad de [lixiviación](https://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviaci%C3%B3n) del oro y la cantidad recuperada, en particular en el procesamiento de minerales oxidados parcialmente.

A pH bajos:

2Au + 2HCN + O2 → 2AuCN + H2O2

Y para prevenir su emisión ya que el HCN es altamente tóxico.

​

La cianuración de oro es muy controvertida debido a la naturaleza tóxica del cianuro. A pesar de que el cianuro libre se descompone rápidamente cuando está expuesto a la luz del sol, los productos menos tóxicos, como cianatos y tiocianatos, pueden persistir durante varios años. Los derrames de cianuro pueden tener un efecto devastador sobre ríos, matando toda forma de vida acuática por varios kilómetros. Los peces son las víctimas más evidentes, pero en realidad se colapsa toda la cadena alimentaria, desde el fitoplancton hasta águilas pescadoras. Sin

Pag.11

embargo, si la contaminación se elimina de los sistemas fluviales, los organismos pueden emigrar de las zonas no contaminadas (aguas arriba) y las zonas afectadas pueden pronto ser repobladas, un ejemplo es el [río Someș](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Some%C8%99) bajo [Baia Mare](https://es.wikipedia.org/wiki/Baia_Mare" \o "Baia Mare), donde el plancton se recuperó al 60% de lo

normal a 16 días del derrame.[2](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro#cite_note-Baia_Mare_report-2)​ La lejía se puede utilizar para contrarrestar los efectos del cianuro, pero la liberación de cloro a partir de la reacción crea su propia amenaza ambiental. Una manera de evitar derrames es colocar fondos dobles en las piletas de lixiviación, para que dada la fracturación de la primera haya otra debajo como apoyo.

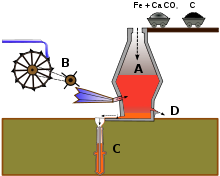
Más de 90 minas en todo el mundo utilizan ahora un circuito de desintoxicación Inco SO2/aire para convertir el cianuro al mucho menos tóxico cianato antes de que los residuos se viertan a una balsa. Normalmente, este proceso envía golpes de aire comprimido a través de las colas, mientras se agrega cal [metabisulfito de sodio](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metabisulfito_de_sodio&action=edit&redlink=1) (el cual libera SO2)) para mantener el pH en torno al 8,5, y el [sulfato de cobre](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_cobre) como catalizador, si no hay suficiente cobre en el mineral. Esto puede reducir las concentraciones de cianuro Ácido Débil Disociable (Weak Acid Dissociable, WWAD) por debajo de los 10 ppm cómo ordena la Directiva de Residuos de Minería (Mining Waste Directive) de la UE. Esto se compara con los niveles de 66-81ppm de cianuro libre y 500-1000ppm de cianuro total en el estanque de [Baia Mare.](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Baia_Mare.&action=edit&redlink=1" \o "Baia Mare. (aún no redactado))[2](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro#cite_note-Baia_Mare_report-2)​ Los restos de cianuro WAD se descomponen naturalmente en el estanque, mientras que los iones de cianato son naturalmente hidrolizados a iones de amonio, y luego a nitrato. Estudios recientes muestran que el cianuro residual atrapado en las minas de oro pueden provocar una fuga persistente de metales tóxicos (por ejemplo, mercurio) en las aguas subterráneas y el agua los sistemas de superficie.[3](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro#cite_note-3)​[4](https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro#cite_note-4)​

FUNDICION:

PROCESO DE FUNDICION: Pag.12

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek_df_n_34_0205.jpg)

Proceso de fundición realizado en [altos hornos](https://es.wikipedia.org/wiki/Alto_horno).

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Proceso_de_fundicion_en_la_Fabrica_de_Artiller%C3%ADa_de_La_Cavada.svg)

Esquema de un horno de fundición de cañones de hierro. Se añade alternativamente capas de carbón y mineral de hierro (*A*). En la parte inferior del horno existían unas [toberas](https://es.wikipedia.org/wiki/Tobera" \o "Tobera)por donde se forzaba la entrada de aire mediante unos grandes [fuelles](https://es.wikipedia.org/wiki/Fuelle_(neum%C3%A1tico)) (*B*). En el [crisol](https://es.wikipedia.org/wiki/Crisol) del horno se encontraba un orificio por el que fluía el [arrabio](https://es.wikipedia.org/wiki/Arrabio) y se dirigía al molde del cañón (*C*). Encima de esta abertura, pero debajo de las toberas, había otra boca por donde se sacaba la [escoria](https://es.wikipedia.org/wiki/Escoria_(metalurgia)) (*D*).

La fundición es un proceso que implica más que la simple [fusión](https://es.wikipedia.org/wiki/Fusi%C3%B3n_(cambio_de_estado)) del metal para extraerlo de la mena. La mayoría de las menas minerales son [compuestos](https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_qu%C3%ADmico) en los que el metal está combinado con el [oxígeno](https://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno) (en los [óxidos](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido)), el [azufre](https://es.wikipedia.org/wiki/Azufre) (en los [sulfuros](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfuro)) o el [carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Carbono) y el oxígeno (en los [carbonatos](https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato)), entre otros. Para obtener el metal en su forma elemental

**Pag.13**

se debe producir una [reacción química](https://es.wikipedia.org/wiki/Reacci%C3%B3n_qu%C3%ADmica) de [reducción](https://es.wikipedia.org/wiki/Reducci%C3%B3n-oxidaci%C3%B3n) que descomponga estos compuestos. Por ello en la fundición se requiere el uso de [sustancias reductoras](https://es.wikipedia.org/wiki/Agente_reductor) que al reaccionar con los elementos metálicos [oxidados](https://es.wikipedia.org/wiki/Reducci%C3%B3n-oxidaci%C3%B3n) los transformen en sus formas metálicas.

**Calcinación**

La calcinación es el proceso de calentar el mineral hasta altas temperaturas para disipar su materia volátil. En el caso de los carbonatos y sulfatos este proceso sirve para eliminar el azufre y el carbono no deseados, transformándolos en óxidos que pueden reducirse directamente. Por ello la calcinación en estos casos se hace en ambientes oxidantes. Algunos ejemplos prácticos son:

* la [malaquita](https://es.wikipedia.org/wiki/Malaquita), una mena corriente del [cobre](https://es.wikipedia.org/wiki/Cobre), es principalmente carbonato de cobre (CuCO3). Este mineral se descompone térmicamente a CuO y CO2 en varias etapas entre los 250°C y 350°C. El [dióxido de carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono) se libera en la atmósfera dejando el óxido de cobre que se puede reducir como se describe en la siguiente sección.
* la [galena](https://es.wikipedia.org/wiki/Galena), el mineral más común del [plomo](https://es.wikipedia.org/wiki/Plomo), se compone principalmente de sulfuro de plomo (PbS). El sulfuro se oxida a sulfito (PbSO3) en su primera etapa de descomposición térmica que origina óxido de plomo y [anhídrido sulfuroso](https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_azufre) gas (PbO y SO2). El [dióxido de azufre](https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_azufre)(como el dióxido de carbono en el ejemplo anterior) se disipa en la atmósfera y el óxido de plomo se reduce incluso en una combustión abierta al aire.

**Reducción**

La [reducción](https://es.wikipedia.org/wiki/Reducci%C3%B3n-oxidaci%C3%B3n) es la etapa final a altas temperaturas de la fundición. Aquí es cuando el óxido se convierte en metal elemental. El ambiente reductor (generalmente proporcionado por el monóxido de carbono que se produce por la combustión incompleta del carbono en el interior del horno poco ventilado) saca a los átomos de oxígeno del mineral puro. Las temperaturas necesarias varían en un amplio rango, tanto en la

* Pag.14

comparación entre los distintos metales como en la relación con el punto de fusión del propio metal. Por ejemplo:

* el óxido de hierro se convierte en [hierro](https://es.wikipedia.org/wiki/Hierro) metálico alrededor de los 1250°C, casi 300 grados por debajo del punto de fusión del hierro que es de 1538°C;
* el óxido de mercur.io se convierte en vapor de [mercurio](https://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_(elemento)) cerca de los 550°C, casi 600 grados por encima de su punto de fusión de -38°C.

En el caso de la fundición del hierro el coque quemado como [combustible](https://es.wikipedia.org/wiki/Combustible) para calentar el horno además al arder libera [monóxido de carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B3xido_de_carbono), que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico, según la ecuación:

Fe2O3 + 3CO → 2Fe + 3CO2 ↑

En el caso de la fundición del cobre el producto intermedio producido en la calcinación se reduce según la reacción:

CuO + CO → Cu + CO2 ↑

En ambos casos el gas de [dióxido de carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono) se disipa en la atmósfera dejando el metal libre.

**Fundentes**

En el proceso de fundición se usan los fundentes con varios propósitos, los principales son [catalizar](https://es.wikipedia.org/wiki/Cat%C3%A1lisis) las reacciones deseadas o que se unan químicamente a las impurezas o productos de reacción no deseados para facilitar su eliminación. El [óxido de calcio](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_calcio), en forma de caliza, se usa a menudo con este propósito, ya que puede reaccionar con el dióxido de carbono y el dióxido de azufre producidos durante la calcinación y la reducción manteniéndolos fuera del ambiente de reacción.

Los fundentes y la escoria pueden proporcionar un servicio secundario adicional después de que se haya completado la etapa de reducción, recubrir con una capa fundida el metal purificado para evitar que entre en contacto con el oxígeno, que al estar todavía tan caliente se oxidaría rápidamente.

Pag.15

En la fundición del hierro se emplea la [caliza](https://es.wikipedia.org/wiki/Caliza) al cargar el horno como fuente adicional de [monóxido de carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B3xido_de_carbono) y como sustancia fundente. Este material se combina con la [sílice](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_silicio_(IV)) presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de mayor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas

forman una [escoria](https://es.wikipedia.org/wiki/Escoria_(metalurgia)) que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno.

**AMALGAMACION DE ORO**

La amalgamación es un proceso que se aplica para recuperar oro y plata nativa de materiales auríferos o argentíferos. El oro, la plata y varios otros metales y sus compuestos son capaces de alearse con el mercurio. Dichas aleaciones se conocen como amalgamas. La amalgamación en la minería aurífera sirve para recuperar el oro en forma de amalgama y así separarlo de los minerales acompañantes. La amalgama se forma por el contacto entre mercurio y oro en una pulpa con agua. El mercurio puede estar presente en forma de "perlas" dispersas en la pulpa o extendido sobre una superficie (planchas amalgamadoras). El primer uso de la amalgamación para la producción de oro probablemente data de la minería en Bosnia, en época de Nerón (54-68 a.C.). Hasta el día de hoy la pequeña minería aurífera utiliza esta técnica de manera generalizada.

El oro libre (nativo) en un tamaño de grano entre 20-50 mm y 1-2mm es apropiado para la amalgamación. El oro grueso se puede recuperar fácilmente con métodos gravimétricos. En el proceso de amalgamación, el oro se disuelve mínimamente en el mercurio. La amalgama contiene generalmente partículas de oro superficialmente aleadas con el mercurio y ligadas entre si por el mismo.

En principio, todo el oro libre y limpio (p. ej. no cubierto por óxidos de fierro) se amalgama. Sin embargo, frecuentemente el mineral bruto

Pag.16

puede contener ciertos minerales acompañantes y/o impurezas con efectos negativos para el proceso de amalgamación. Algunos de tales problemas se describen a continuación:

* Los sulfuros de arsénico, antimonio y bismuto reaccionan con el mercurio, produciendo una pérdida significativa del mineral precioso y mercurio. En un ambiente oxidante (p.ej. con aguas
* ácidas de mina), también la pirrotina y en menor grado la pirita y calcopirita pueden tener un efecto negativo sobre la amalgamación.
* La baritina, el talco, la esteatita y otros silicatos hidratados de magnesio y aluminio también podrían interrumpir el proceso e incrementar las pérdidas de oro y mercurio.
* Los lubricantes y las grasas son extremadamente problemáticos, porque se fijan al mercurio y tienden a atrapar sulfuros, talco, arcillas y otros minerales. Como resultado, el mercurio es cubierto por una sólida película de finas partículas. Adicionalmente, la presencia de aceites lubricantes o grasas causan la flotación del oro, el cual es alejado del contacto con el mercurio. Tales factores, naturalmente bajan la recuperación del metal precioso en un proceso de amalgamación. Las medidas preventivas para evitar dichos factores negativos incluyen, añadir agentes limpiadores, algún detergente fuerte o la savia ("jugo") de una planta como el sisal (fique o pita), cuyas hojas son frecuentemente utilizadas para ese propósito en Colombia; el objetivo de su uso es saponificar el aceite y la grasa. Otros agentes frecuentemente utilizados para mejorar el rendimiento de la amalgamación son: la panela (concentrado de caña de azúcar), el limón, trazas de cianuro, gasolina, etc.
* Tanto el aluminio o el cobre metálico de los detonadores o cables eléctricos, como el plomo metálico (en forma de perdigones o balas de cazador en la minería aluvial) y el zinc metálico de baterías pueden amalgamar, consumir y ensuciar el mercurio. Las
* Pag.17
* amalgamas de estos metales frecuentemente se dispersan en forma de partículas finísimas bajo condiciones oxidantes.
* Las aguas ácidas de mina, frecuentemente utilizadas como agua de procesamiento, también tienen efectos dañinos para la amalgamación (por la oxidación de sulfuros, ver arriba). La adición dosificada de cal neutraliza parcialmente dichos efectos.

Las Operaciones de Pequeña Minería

Mientras que las grandes corporaciones producen la mayor cantidad de oro, decenas de miles de personas trabajan de forma independiente en las operaciones artesanales más pequeñas, en algunos casos de manera ilegal. Entre ellos están los *galamseys* (nombre de los trabajadores independientes en [Ghana](https://es.wikipedia.org/wiki/Ghana)) cuya cantidad oscila entre 20,000 a 50,000. A estos trabajadores se les llama Orpailleurs en los países [francófonos](https://es.wikipedia.org/wiki/Franc%C3%B3fonos) vecinos. El alto riesgo de esas empresas se observó en el derrumbe de una mina ilegal en Dompoase, región de [Ashanti](https://es.wikipedia.org/wiki/Ashanti), Ghana, el 12 de noviembre de 2009, cuando murieron 18 trabajadores, entre ellos 13 mujeres. Muchas de ellas trabajan en las minas como cargadoras. Este fue el peor desastre minero en la historia de Ghana.[5](https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_del_oro#cite_note-bbc-5)​

La extracción de oro en la cultura popular o minería en pequeña escala

Los minerales extraídos de las vetas o filones que tienen una buena concentración de oro, especialmente de partículas libres y granuladas, se mezclan con agua y se muelen en unas piedras llamadas *quimbaletes*, las que tienen una concavidad que permite usarlas como un mortero. A continuación se agrega mercurio para formar una [amalgama](https://es.wikipedia.org/wiki/Amalgama_(qu%C3%ADmica)) con el oro, la que es separada del resto colándola a través de una tela fina. Luego se *refoga* o quema la amalgama para evaporar el mercurio, quedando el oro en forma de bolas, cuyo tamaño depende de la cantidad de metal existente en el mineral. Este procedimiento no solamente es nocivo para el minero que extrae el material, quien aspira parte de los vapores del mercurio eliminado durante el calentamiento, sino también para las

Pag.18

zonas aledañas, pues el mercurio evaporado se condensa contaminando tierras y aguas.

MINERIA FORMAL Y LEGAL Y LA MINERIA INFORMAL E ILEGAL:

Para la minería artesanal o de pequeña escala con frecuencia no existen servicios públicos ni privados que ofrezcan atención médica y educación esencial a los mineros, muchos de ellos mujeres y niños, aunque dichos servicios estén razonablemente desarrollados en otras zonas del país. Debido a la naturaleza muchas veces errática de la minería en pequeña escala, no es posible establecer las estructuras locales de administración y los sistemas financieros necesarios para proporcionar tales servicios con tiempo suficiente, cuando los mineros se reúnen en una zona determinada para explotar los recursos naturales descubiertos. En el término de pocos años, áreas anteriormente despobladas pueden convertirse en el lugar de residencia de 50,000 ó 100,000 mineros y sus familias, sin suministro de agua ni servicios de transporte, salud o educación. Las autoridades regionales, si existen, típicamente son incapaces de intervenir ni se sienten obligadas de hacerlo en el contexto de desarrollos mayormente descontrolados y difíciles de vigilar. Por otro lado, en las regiones donde existen comunidades mineras bien establecidas, los ingresos más elevados y la mayor densidad de población a menudo facilitan la prestación y el financiamiento privado de servicios básicos de atención médica y educación.

Daños ambientales: pueden ocasionar riesgos adicionales para la salud, debidos a una variedad de problemas, desde la contaminación del agua o falta de volúmenes adecuados de agua potable, hasta el polvo, el ruido y los hundimientos. En el caso de cese de operaciones, la mina abandonada es motivo de

Pag.19

gran preocupación, ya que a menudo puede seguir causando contaminación y ser un peligro potencial para el público. Muchas veces, las normas ambientales y de salud no son convenidas antes del inicio de las operaciones mineras o son difíciles de vigilar. Es muy fácil demostrar cómo la falta de preparación oportuna para el cierre de una mina aumenta el impacto negativo sobre el medio ambiente local y las economías regionales, impacto que, a su vez, afecta los presupuestos administrativos y la estabilidad de la sociedad. El desarrollo económico positivo que a menudo sigue al establecimiento de una operación minera, también puede tener efectos negativos sobre los niveles de consumo de los sectores pobres. Los ingresos más elevados de los trabajadores de la mina, especialmente en áreas relativamente remotas, pueden producir un aumento en los precios locales y dejar atrás a los pobres.

El problema no es solo social. Para la mineria informal es imposible el no contaminar. Algunas pequeñas operaciones bien reguladas y con la distribucion del equipo apropiado como para la extraccion artesanal del oro de arenas y limos aluviales pueden hacerse menos dañinas. Pero esto requiere equipo e instrucción impartida a los mineros para evitar problemas

serios. La barrera mas grande es la ignorancia de los peligros del mercurio y de cualquier otro reactivo usado en la mineria.

Revisando cada proceso podemos ver que solo una corporacion bien organizada bajo la supervision de un ingeniero de minas o equivalente puede funcionar eficientemente sin causar contaminacion o daño a sus trabajadores. El ingeniero de minas debe trabajar en conjunto con los especialistas en la preservacion del medio ambiente, para que las instalaciones

Pag.20

sean seguras y las aguas y el aire no sean contaminadas por las emisiones de gases o por la descarga de aguas contaminadas y finalmente por los relaves. El problema se agrava porque no hay persona responsable en la mineria informal. No hay forma de aplicar acciones punitivas por sus violaciones.

En los ultimos años agitadores usaron a las masas campesinas con historias mendaces para forzar a mineros formales y bien equipados para que abandonen las minas. Una vez que las minas quedaron abandonadas, mineros ilegales empezaron a trabajar en estas minas contaminando el ambiente a niveles altisimos. A estos mineros solo les interesaba la plata y el oro mientras que dejaban que el cianuro no tratado entre en el rio matando a todos los peces y contaminando las aguas que antes eran potables.

Algo para reflexionar !

LIMA, Peru — For almost 90 years, the smelter at La Oroya, high in the Peruvian Andes, spewed out a toxic cocktail of heavy metals that slowly poisoned the town’s people.

The contamination became so bad that La Oroya has been compared to Chernobyl and [ranked](http://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/41) among the world’s 10 most polluted places.

The plant has been offline for over two years due to financial troubles, the owners have said.

Now — despite concerns that Renco Group, the US company that runs the plant, has largely failed to install the new technology needed to prevent it from again emitting clouds of deadly smoke — the smelter may be set to reopen.

Pag.21

“We are totally exposed, especially the poorest, the children and the elderly,” said retired local teacher Rosa Amaro, who heads the Movement for the Health of La Oroya, or MOSAO, a local activist group.

The smelter is one of just a handful in the world that can process multiple metals, including copper and lead, as well as refine zinc. But its antiquated technology emits contaminants such as arsenic, cadmium, lead and sulfur dioxide, which cause serious health problems.

**More from Peru:**[**Latin America's hidden growth story**](http://www.globalpost.com/dispatch/news/regions/americas/120217/peru-latin-america-economy-growth)

In one [study](http://www.slu.edu/Documents/university/KnowledgeWinter07.pdf), by St. Louis University in 2005, more than 90 percent of children from La Oroya had excessive levels of lead in their bodies. And ambient levels of sulfur dioxide, which causes acid rain, have been [recorded](http://elcomercio.pe/ediciononline/html/2008-08-19/azufre-aire-oroya-supero-niveles-historicos.html) at a mind-boggling 27,000 parts per cubic meter — almost 100 times the limit established by Peruvian law.

The smelter stopped production after banks cut off credit to Doe Run Peru, Renco's local subsidiary, in 2009. The firm pleaded financial hardship and failed to implement the environmental management plan that was a condition of its purchase of the smelter from state ownership in 1997.

Asked about allegations that Doe Run had misled Peruvian authorities during the purchase of the smelter, Luis Hernandez, spokesman for the company, insisted: “The company has complied with all relevant laws.”

Now, three years later, local congressman Casio Huaire is attempting to get the Peruvian Congress to pass a new law giving Doe Run Peru

Pag.22

two more years to complete the environmental clean up — and allow the smelter to operate in the meantime.

If passed, the law would mark the third time the company has been allowed to delay completion of the environmental management plan.

Despite the contamination, many locals actually back Doe Run, which has kept 4,000 La Oroya employees on full pay since the plant closed down, a powerful incentive in an impoverished region some 12,000-feet high in the Andes.

Jose de Echave, a former deputy minister for the environment who now heads the nonprofit CooperAccion, said Peru should be more careful about how it allows foreign companies to operate here.

“It would send a terrible message about the kinds of investments that Peru as a country is looking for,” he told GlobalPost. “The renewed emissions would have an immediate negative effect on the population of La Oroya.”

**More from GlobalPost:**[**The Amazon's carbon cowboys**](http://www.globalpost.com/dispatch/news/regions/americas/120127/redd-the-amazons-carbon-cowboys)

Behind Doe Run Peru’s failure to modernize the smelter and stop the pollution lies a complicated and controversial tale of financial woes.

Privately-owned by New York-born tycoon Ira Rennert and his family, Renco’s global [sales](http://www.forbes.com/lists/2011/21/private-companies-11_Renco-Group_QQ4T.html) in 2011 were an estimated $7.75 billion, according to Forbes.

But that has not stopped Doe Run Peru from pleading poverty and failing to pay a series of multi-million dollar debts, including to the

Pag.23

Peruvian taxpayer. Recently, the company even asked the Peruvian government to subsidize the costs of its clean-up.

Under the terms of Renco’s purchase of the smelter, it agreed to set aside more than $100 million for the environmental management plan. But, according to local reports, that plan never materialized.

Doe Run insists it has [gone](http://doerunperumedia.com.pe/english/key-facts/) to great lengths to upgrade the smelter and help local people. But few in Peru believe the company, which because it is privately-held only releases limited financial information.

“The problem is the company is not transparent,” Echave said.

Hugo Villa, a doctor who worked at a public clinic in La Oroya for three decades, is unconvinced that the company has complied with the Peruvian law.

“There is a silent epidemic here,” he said. “The effects on the children are not easily visible, but they have all kinds of serious health problems, and those will only get worse if the smelter reopens.”

One person who is already suffering is Moises, the 18-year-old son of Amaro, the local campaigner. Moises has a series of ailments such as fatigue, aches, mood swings and respiratory problems.

When he was 5-years old, Amaro said lead levels in her son's blood were measured at 58.3 micrograms per deciliter, almost six times the safe limit established by the US Center for Disease Control.

“Jobs are important,” Amaro said. “But they should not come at the cost of our health. What kind of development is that?”