

Preguntas frecuentes sobre relaves

1) ¿Qué es el relave?

El relave es un sólido finamente molido, que se descarta en operaciones mineras. La minería de sulfuros de cobre extrae grandes cantidades de material (roca) del yacimiento que se explota. Sólo una pequeña fracción corresponde al elemento de interés económico que se desea recuperar (algo menos de 1%). Una vez que ese material (la roca) ha sido finamente molido y concentrado por procesos de flotación, se obtiene un material (el concentrado) con una concentración más alta de cobre (entre 20 y 30%), que se puede vender como Concentrado o procesar hasta cobre metálico puro. El resto del material (muy pobre en cobre) se denomina “relave”, y se debe depositar de forma segura y ambientalmente responsable (Ver pregunta 8).

2) ¿El relave es residuo tóxico?

El relave de minería no es en principio residuo tóxico, sino fundamentalmente roca molida y agua, por lo que no es considerado un material tóxico. La toxicidad puede aparecer en estados posteriores, cuando ciertos relaves reaccionan con agua y solubilizan tóxicos que se pueden transportar disueltos en agua. Para aquellos relaves que contienen elementos que pueden ser considerados tóxicos para el ser humano, como arsénico, cianuro, cobre, cinc, cromo, plomo, etcétera, las empresas mineras deben resguardar, de acuerdo con la ley, que dichas reacciones de solubilización de tóxicos no puedan tener lugar, para proteger salud humana y ambiente.

3) ¿Es el relave un residuo sólido peligroso?

El relave de minería no es Residuo Sólido Peligroso (RSP). Estos residuos son materiales (sólidos) que se generan en procesos industriales o en servicios (como la Salud), mientras que los relaves son residuos de rocas naturales que, si bien han sido separados de la roca mediante un proceso, ninguno de estos sólidos ha sido producido por actividades antropogénicas (humanas).

4) ¿Qué es un Depósito de Relaves?

Es una obra de ingeniería diseñada para satisfacer exigencias legales nacionales, de modo que se aisle completamente los sólidos (relaves) depositados del ecosistema circundante (Ver pregunta 13).

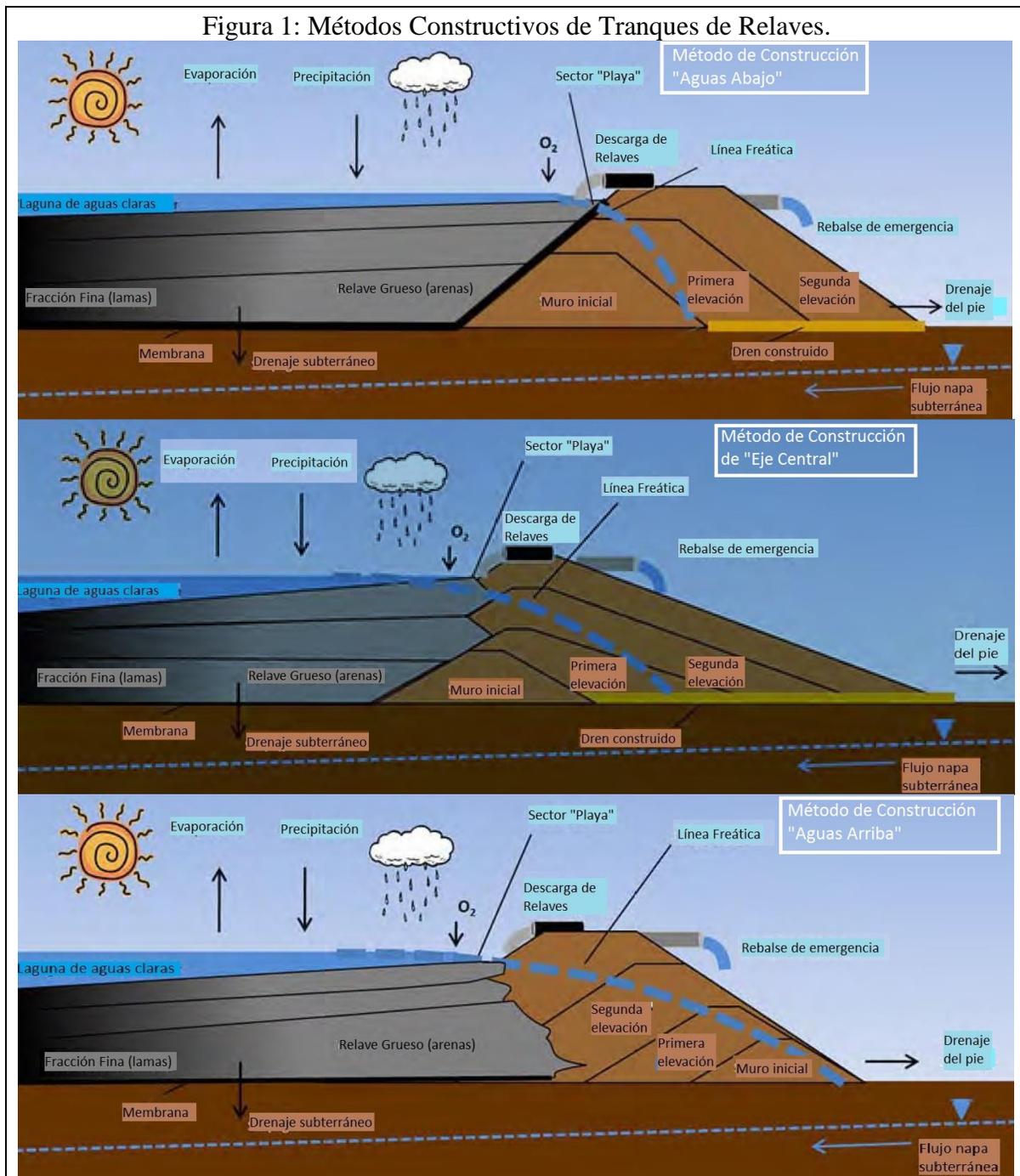
5) ¿Qué tipos de depósitos de relaves existen?

Actualmente, existen varios tipos de depósitos de relaves, que varían según la cantidad de agua que acompaña al relave (es decir, la densidad del relave), y según la forma de contener la depositación. De esta forma existen los siguientes tipos:

- a) *Tranque de Relave*: Depósito en el cual el muro es construido por la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente de un hidrociclón (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, mediante impulsión por flujo de agua). La parte fina, denominada Lama, se deposita en la cubeta del depósito.
- b) Embalse de relave: Es aquel depósito donde el muro de contención está construido de material de empréstito (tierra y rocas aldañas) y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. También se llaman embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere construcción de un muro de contención.
- c) Relave Espesado: Depósitos en el que la superficie es previamente sometida a un proceso de sedimentación, en equipo denominado Espesador, que favorece la sedimentación de los sólidos (de manera similar a la limpieza de agua de ríos para hacer agua potable), con el objetivo de retirar parte importante del agua contenida, la que puede ser re-utilizada para reducir el consumo hídrico de fuentes de agua limpia. El depósito de relave espesado se construye de forma tal que impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del sitio autorizado, y contar con un sistema de piscinas de recuperación de agua remanente que pudiese fluir fuera del depósito.
- d) Relave Filtrado: Es similar al espesado. Se trata de un depósito en que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtrado, para asegurar así una humedad menor a 20%. Esta filtración es también similar a la utilizada en Agua Potable.
- e) Relave en pasta: Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundante partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.
- f) Otros tipos: Existen otros tipos de depósitos de relaves, como por ejemplo los depósitos en minas subterráneas, en rajos abandonados, entre otros.

6) ¿Cómo se construyen los depósitos de relaves? ¿Existe algún tipo de construcción que esté prohibida?

Los depósitos de relave se construyen mediante la elevación de muros de contención, durante la operación del depósito, salvo en el caso de uso de depresiones naturales que no requieren muros. Como se observa en la Figura 1, modificada de la Figura 4-6 del GARD Guide, www.gardguide.com, el depósito se inicia con un pequeño muro, que luego se eleva a medida que hay más relave que depositar. Existen 3 formas de elevar muros, pero en Chile, desde 1970 sólo se permiten 2 tipos: “*Construcción Aguas Abajo*” (primera figura) y “*Construcción de Eje Central*” (segunda figura). El método de “*Construcción Aguas Arriba*” (tercera figura) está prohibido en Chile desde 1970, ejemplo que se ha seguido progresivamente en los demás países con vocación minera.



7) ¿Cuál es el método de construcción de muro más seguro?

El método que ofrece mejor seguridad es el *Método de Construcción Aguas Abajo*, que consiste en depositar la parte gruesa del relave (arenas) de tal manera que, tanto en el muro como en el coronamiento, permita crecer hacia abajo de la obra, dándole a esta mayor sustento, y apoyándose sobre las arenas depositadas previamente; esto, acompañado de una adecuada compactación, ofrece mayor estabilidad física.

8) ¿Cuáles son las partes de un depósito de relaves?

-Muro: Obra de ingeniería que permite contener los residuos sólidos que en ella se descargan, es decir, delimita la cubeta.

-Cubeta: Corresponde al volumen físico disponible para el depósito de relaves (lamas), junto con gran parte del agua de los relaves. En la cubeta, el agua se localiza en la Laguna de Aguas Claras.

-Laguna de Aguas Claras: La depositación de relaves (lamas) en la cubeta, que llega en una mezcla del sólido con agua para su transporte, en tanto los sólidos sedimentan a las capas inferiores, el agua forma esta laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas.

-Sistema de drenaje: Sistema utilizado para retirar al grado adecuado el agua del interior del muro, con el objetivo de deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro.

-Revancha: Es la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.

-Coronamiento: Es la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal.

-Canal de contorno: Canal de desvío de las aguas de la cuenca que captan y desvían las escorrentías superficiales, impidiendo el ingreso a la cubeta del depósito de relaves.

-Playa activa: Zona donde se descargan los relaves en la cubeta, se le denomina playa porque usualmente esta seca en la superficie y se asemeja a una playa de arenas finas. Es la parte del depósito de relaves o lamas situada en las cercanías de la línea de vaciado.

-Laguna de aguas claras: Corresponde a la laguna de clarificación que se forma en la cubeta debido a la sedimentación o decantación de las partículas sólidas.

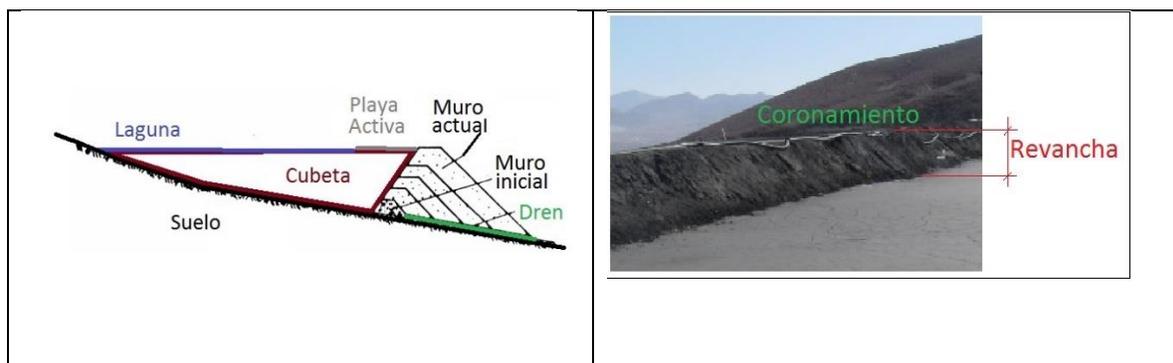


Figura 1: Partes de un Depósito de Relaves en general (Ver pregunta 8).

9) ¿Qué normativa regula los depósitos de relaves en Chile?

Los depósitos de relaves son regulados de acuerdo al D.S 248/2007: http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/DS248_Reglamento_DepositosRelave.pdf

10) ¿Qué institución está a cargo de fiscalizar diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves?

La institución a cargo es el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), a través del Departamento de Depósitos de Relaves, el Departamento de Gestión Ambiental y Cierre de Faenas y el Departamento de Seguridad Minera y Fiscalización.

11) ¿Cómo informan las empresas mineras al Estado sobre la operación de su depósito de relaves?

Las empresas mineras están obligadas a informar la operación mediante el Formulario E-700 del Sernageomin, institución que requiere además información de operación general de las minas, mediante formularios adecuados.

12) ¿Existen sistemas de monitoreo en los grandes depósitos de relaves?

En los depósitos de relaves actualmente en operación existen varios sistemas de monitoreo, entre los cuales destaca el Piezómetro, que permite controlar los niveles de agua al interior del muro. Otras tecnologías de instrumentación y medición incluyen Acelerógrafo, Inclinómetro, Visión Artificial, Análisis de Imágenes Satelitales, y diversas tecnologías que permiten acceder a información de estabilidad física y química.

13) ¿Qué medidas se adoptan para evitar que colapsen los depósitos de relaves?

En primer lugar, antes de permitir que se instale un depósito de relaves, se examina rigurosamente su diseño. En seguida, se verifica la correcta construcción y operación, que debe cumplir normas precisas de seguridad y estabilidad. En términos prácticos, se adoptan varias medidas, como mantener los muros compactados, no saturados, con una cantidad baja de finos y sistema de monitoreo en los muros, compromisos que la empresa ha debido adoptar durante las etapas de diseño.

14) ¿Qué medidas se toman en los depósitos de relaves para recuperar agua?

Se recupera agua a través de la laguna de aguas claras y piscinas de recolección de infiltraciones y drenajes.

15) ¿Dónde puedo encontrar el listado de depósitos de relaves de una comuna determinada?

En la página web del Sernageomin (<http://relaves.sernageomin.cl/#/home>) se encuentra el Atlas de Depósitos de Relaves, donde se pueden buscar los depósitos de relaves que existen en el país, organizados por comuna o por empresa.

16) ¿Qué sitio es adecuado para la construcción de un tranque de relaves?

Se debe considerar la zona más ventajosa y las mejores condiciones que permitan la contención total del relave, tales como: Suelo competente y de características adecuadas de impermeabilidad, relieve que permita una buena construcción del muro, etcétera, que permitan confinar el relave en forma segura, evitando su contacto con ecosistemas y las personas circundantes.

17) ¿Cuántos depósitos de relaves hay en Chile?

A noviembre de 2016 se han visitado y muestreado 606 depósitos de relaves, de los cuales 100 están activos, 266 inactivos, 239 abandonados y 1 depósito en condición de emergencia. Esta información se puede obtener en la página del Sernageomin, a través del Catastro de Depósitos de Relaves (<http://www.sernageomin.cl/mineria-relaves.php>). Éste se actualiza regularmente de acuerdo con la información que es recolectada por el Departamento de Depósitos de Relaves, perteneciente a la Subdirección Nacional de Minería del Sernageomin. De estos depósitos, 22 corresponden a Gran Minería; es decir, contienen 98,6% de la masa de relaves producida anualmente en Chile. Esto implica que existen numerosos depósitos de relaves pequeños (debidos a la Pequeña Minería), pero no por ello menos importantes para el ecosistema y población humana.

18) ¿Cuál es la región que tiene más depósitos de relaves?

La mayor cantidad de depósitos de relaves está en la Región de Coquimbo, que cuenta con 355 depósitos (2 de ellos son de la Gran Minería); sigue la Región de Atacama, con 168 depósitos (7 de ellos de la Gran Minería); y la Región de Valparaíso, con 82 depósitos (1 de ellos de la Gran Minería). En la página web del Sernageomin (<http://www.sernageomin.cl/mineria-relaves.php>) es posible encontrar mapas con la distribución de relaves por región y comuna. De igual forma, existe el Atlas de Depósitos de Relaves (<http://relaves.sernageomin.cl/#/home>), que entrega mayor detalle de los depósitos y ubicación.

19) ¿Cuánto relave se deposita anualmente en Chile?

Según cálculo del Sernageomin, en Chile se depositan cerca de 537 millones de toneladas anuales de relaves, sobre la base de información entregada por las empresas mineras, que registran la operación de los depósitos activos. Algunas pequeñas mineras no han entregado aún dicha información, pero su impacto cuantitativo es menor, ya que la Gran Minería produce 530 millones de toneladas anuales de relaves.

20) ¿Qué es la Estabilidad Química y la Estabilidad Física de un depósito de relaves?

Un depósito de relaves es estable químicamente si no genera contaminantes que lleguen al ecosistema circundante ni a las personas, por ningún mecanismo existente. La exigencia de Estabilidad Química consiste en conseguir que los materiales depositados no aporten elementos o compuestos químicos al ecosistema circundante, por transporte aéreo (viento) ni por disolución hacia aguas del entorno (subterráneas o superficiales). La exigencia de Estabilidad Física, por su parte, consiste en conseguir que el depósito de relaves no se desmorone ni se desborde, es decir, que contenga los sólidos depositados, además de ser “estable” químicamente.

21) ¿Qué contiene un relave depositado (la “cubeta”)?

El relave depositado contiene el material de la roca molida que estaba en el yacimiento explotado, al que se ha extraído el mineral portador del metal valioso. Por ejemplo, en la minería de cobre más común en Chile, se retiran sulfuros de cobre del yacimiento, así que en el relave están los contenidos originales del yacimiento, finamente molidos, pero con menos sulfuros de cobre (pueden retirarse otros sulfuros en algunos casos) pero no se detectan cantidades significativas de reactivos químicos agregados para la flotación.

22) ¿Qué es la contaminación química?

En la Ley de Bases del Medio Ambiente de Chile (<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667>) se definen los términos ‘Contaminación’ y ‘Contaminante’. Según dicha definición legal, la contaminación química es la presencia de “*todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico, (...) o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental*”.

23) ¿Puede contaminar químicamente un depósito de relaves?

Efectivamente, puede contaminar. Un depósito de relaves que no cumpla la normativa vigente puede contaminar. El objetivo de los depósitos de relaves es contener los sólidos, es decir, impedir impactos ambientales y –específicamente- impedir la contaminación. Si los metales contenidos en los sólidos del relave se disuelven, podrían generar contaminación química.

24) ¿Cómo se podrían disolver especies contaminantes de un relave?

Los relaves depositados pueden generar ácido sulfúrico, el que a su vez puede disolver *metales tóxicos* procedentes de los minerales del relave depositado. En una explicación más extensa, los minerales *son estables* en contacto con aguas neutras (en cuanto a su acidez, en términos químicos, cuyo pH esté en torno de 7 unidades). Si las aguas son ácidas, en cambio, se pueden disolver los minerales, liberando en solución sus elementos componentes, que podrían ser contaminantes. Por ejemplo, un mineral de arsenopirita (FeAsS) en lixiviación ácida produce arsénico soluble; hierro y sulfato en solución; el arsénico es un contaminante regulado y su concentración podría exceder los límites normados.

25) ¿Cómo se genera ácido en los depósitos de relave?

El ácido se genera por oxidación espontánea, natural, del mineral Pirita y otros. El ácido lixivante -aquel compuesto que puede producir la disolución- se puede generar a partir del relave mismo. Basta tener, por ejemplo, un mineral denominado pirita (sulfuro de hierro (Fe_2S)), agua y oxígeno atmosférico para producir ácido sulfúrico (H_2SO_4) y hierro ferroso. El ácido puede lixiviar (disolver) otros minerales sulfurados si su pH llega a niveles suficientemente ácidos (pH bajo 3,5). La generación de ácido de rocas (de minerales, minas, o relaves) es un grave problema en múltiples puntos del orbe. Al respecto, el resumen de la “Guía de Drenaje Ácido Global de Roca” (<http://www.gardguide.com/index.php?title=Resumen>) es una fuente de información detallada sobre la materia, que resulta interesante para un propósito introductorio; esta guía la edita la Red Internacional para la Prevención de Ácido, asociación constituida por las principales empresas mineras del mundo. Sobre el mismo tema, el Departamento de Gestión Ambiental y Cierre de Faenas del Sernageomin ha desarrollado una Guía para ampliar el punto: <http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/cierrefaena/GuiaMetodologicaQuimica.pdf>.

26) ¿Cómo se asegura la estabilidad química?

Una respuesta breve, pero en principio correcta: la estabilidad química se consigue evitando la generación de ácido en el depósito. La respuesta formal es que los relaves que tienen Capacidad de Generación de Ácido, siempre van a generar acidez. Si se genera acidez, se van a lixiviar metales pesados, que resultan tóxicos para el ecosistema y para la población humana. La forma de asegurar la estabilidad química se suele presentar de varias formas:

- a) Relave inocuo: Esta solución consiste en retirar las especies valiosas, las especies contaminantes y las especies generadoras de ácido, antes de depositar los relaves (remoción de tóxicos y Pirita). La remoción de sulfuros (como la Pirita) es un proceso conocido en la minería (flotación a pH neutro).
- b) Diseño operacional del depósito: Dependiendo del yacimiento explotado, es posible diseñar el Plan Minero (la forma de explotación del yacimiento) de modo que los sectores generadores de ácido se depositen alternadamente con el relave de sectores con capacidad de neutralización de ácido.
- c) Inundación del depósito: Esta solución puede servir para Embalses de Relaves, en que el muro puede sostener las aguas por diseño. La solución funcionaría porque la tasa de transferencia de oxígeno de la atmósfera produce ácido a velocidades suficientemente bajas como para evitar acidez extrema (con la consecuente lixiviación de tóxicos).
- d) Aislación impermeable de la superficie del depósito: Esta solución funciona si se impide la llegada de agua al sólido del relave, deteniendo efectivamente las reacciones que producirían ácido y lixiviación de tóxicos. La capa impermeable superior sería de arcillas muy finas y se desarrollarían, además, canalizaciones que permitan el libre rápido flujo de agua hacia abajo del depósito aislado. Sobre estas

capas de aislación impermeable se podría agregar humus (tierra de hojas) para forestar, con especies cuyas raíces no puedan romper la capa aislante.

- e) Desarrollo de biomasa sobre el depósito de relaves: Si un depósito de relaves no contiene metales tóxicos ni capacidad de generación de ácidos, el desarrollo de vegetales, después de agregar una capa de humus, resulta atractivo y es un cierre adecuado cuando se puede disponer de agua de riego. Si el relave depositado contiene tóxicos en sus minerales, esta posibilidad es válida sólo para depósitos adecuadamente impermeabilizados, ya que el desarrollo de vegetales en minerales que contienen tóxicos moviliza dichos tóxicos en cadenas de bioacumulación, que afectan a enormes distancias del ecosistema específico, tanto por los vegetales como por la población bacteriana que se desarrolla en torno de las raíces de vegetales. Existe, además, la posibilidad de que las raíces puedan romper la capa impermeable.

27) ¿Cuánto tiempo dura la contaminación por depósitos de relaves abandonados?

Un depósito con capacidad de generación de ácido, que deja de operar pero que reciba agua (lluvias, escorrentías, vertientes, afloramiento de agua al interior del depósito, etc.) puede contaminar durante siglos.

28) ¿Qué ocurre después del cierre del depósito de relaves?

En depósitos con capacidad de generación de ácido, una vez que se detiene la operación, se eleva notablemente la generación de ácido. El cierre de un depósito detiene el flujo de pulpa de relave (deja de recibir la mezcla sólido-líquido de la entrada), es decir, ya no hay un flujo de agua importante a través del depósito, de modo que no se retira el ácido generado. En general, hay flujo de agua reducido o nulo, lo que significa que se puede acumular el ácido generado. La reacción química inicial ocurre con el oxígeno atmosférico, que se transfiere lentamente al agua, y así reacciona con los sulfuros; sin embargo, como la disolución de Pirita, además de generar ácido, produce hidróxido férrico en forma sólida, $Fe(OH)_3$, llega un punto en que la acidez se hace extrema, punto en el que el hierro férrico se solubiliza y acelera enormemente la velocidad de oxidación de sulfuros; es decir, la velocidad de generación de ácido. Cuando el pH está por debajo de 3,3 unidades, puede empezar el desarrollo de las bacterias de la lixiviación, que también aceleran varios órdenes de magnitud la velocidad de generación de ácido, porque oxidan hierro ferroso (poco oxidante) a hierro férrico (altamente oxidante). De allí que sean más problemáticos los depósitos de relaves en desuso en comparación con aquellos en operación.

comunicaciones@sernageomin.cl