





# **CIANURO, LA CARA TÓXICA DEL ORO**

---

*Una introducción al uso del cianuro  
en la explotación del oro*

### **Agradecimientos**

*A William Sacher (Phd), autor principal e investigador independiente por su permanente disposición para desarrollar el estudio que forma la base de esta publicación.*

*A Luis Vittor por los aportes en información económica y financiera que permitieron desarrollar el capítulo sobre producción de oro y pobreza.*

*A Consuelo Infante por sus aportes en sugerencias, correcciones e ideas para que la publicación sea del alcance de la mayoría de la población interesada en el tema.*

*Quito, Ecuador, noviembre de 2010*

*Este documento forma parte de la campaña diseñada por el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, OCMAL contra el uso del cianuro en la minería en América Latina.*

*Agradecemos el apoyo de 11.11.11., Bélgica y CORDAID, Holanda.*

# Introducción

El presente documento está motivado por las inquietudes que provoca el uso generalizado del cianuro en la minería de oro. Respaldándose en los precios récord de la onza de oro y en el interés sostenido por parte de inversionistas mayores y menores, la industria minera explota actualmente al máximo las minas en producción. Por otra parte, las empresas de exploración adquieren concesiones en todas partes del planeta, buscando un reemplazo para los yacimientos que se van agotando.

A una fuerte demanda del metal se opone un agotamiento progresivo de los yacimientos más ricos, es decir los depósitos en los cuales el oro se encuentra en altas concentraciones en la roca. Para resolver esta paradoja, la industria minera usa una técnica especial: la lixiviación por cianuro. El bajo costo de estas técnicas permite procesar de manera económica, rocas que contienen oro en muy bajas concentraciones.

Sin embargo, la explotación de estos yacimientos de baja concentración genera millones de toneladas de desechos contaminantes cada año. Estos desechos, cargados con cianuro y metales pesados, representan un riesgo innegable para los ecosistemas y la salud pública.

En los últimos 30 años, una larga lista de accidentes de gravedad variable ha demostrado que existe contaminación continua del medio ambiente a nivel mundial por parte de las empresas mineras de oro. Debido a que el cianuro es un producto evidentemente tóxico, las consecuencias de estos accidentes son generalmente dramáticas, por lo que la minería de oro y sus procesos son particularmente preocupantes para el ciudadano común. En Europa, la toma de conciencia del riesgo representado por el cianuro llevó al Parlamento Europeo a aprobar una resolución en contra del uso de esta sustancia en la minería de oro.

El discurso de la industria aurífera tiende a afirmar que a pesar de su toxicidad, el cianuro usado en sus explotaciones es controlado de manera segura. Sin embargo, debido al inmenso volumen de las explotaciones actuales y a la generación masiva de desechos que éstas implican, no se puede evitar la generación de contaminación crónica del medio ambiente. Es difícil calcular el alcance de esta contaminación, debido al limitado conocimiento de la ciencia en este ámbito.

Los ciudadanos de todos los países implicados tienen derecho a preguntarse si el uso del cianuro en la minería de oro ayuda al bienestar de la comunidad, además de ser una sustancia que sirve para la extracción de un metal sin mayor utilidad en la práctica.

El presente documento busca ofrecer elementos que ayudarán a vastos sectores de la sociedad civil, preocupados por los riesgos que implica el uso de cianuro en la minería de oro, a fortalecer sus conocimientos y construir una opinión sobre los procesos que operan en la minería de oro.

## **Contenido**

	<i>Nº Pág.</i>
Introducción	5
I. El oro: uso y producción	9
II. El Cianuro	18
III. Toxicidad del cianuro para los seres vivientes	20
IV. Los principales tipos de cianuro en la minería de oro	23
V. Producción de cianuro	26
VI. El uso del cianuro en la minería de oro	28
VII. Los desechos	35
VIII. Técnicas de tratamiento de los desechos cianurados – principios y limitaciones	39
IX. Omisiones preocupantes en los análisis de las aguas contaminadas	44
X. Diferentes fuentes de contaminación por cianuro y sus consecuencias debido a la actividad minera	46
XI. Regulaciones alrededor del mundo para el uso del cianuro	51
XII. América Latina: exportaciones mineras, desarrollo humano y pobreza	56
Anexos	64



# I. El oro: uso y producción

Desde las elucubraciones de Cristóbal Colon recién llegado a la isla Hispaniola, pasando por la fascinación de los conquistadores por el mítico El Dorado y las “fiebres del oro” de California y África del Sur en el siglo XIX, el oro ha sido una de las mayores motivaciones para la colonización de América y África, con consecuencias irreversibles para el destino de los pueblos indígenas y el medio ambiente de estos continentes.

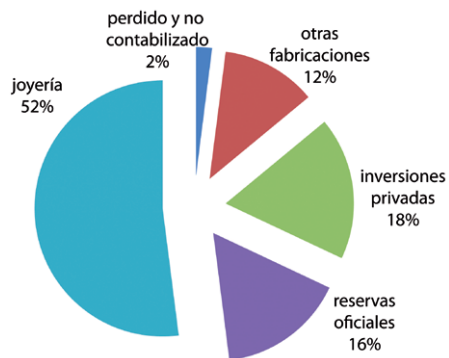
Metal con propiedades poco comunes, resistente al fuego, infinitamente deformable y fundible, el oro sigue obsesionando, hoy más que nunca. Estamos entonces ante una nueva era de explotación del metal, marcada por la mega explotación y la producción desenfrenada.

## ¿Dónde se ubica el oro ya extraído?

Según la consultora GFMS, la cantidad total de oro extraído del subsuelo terrestre desde el inicio de la explotación es de 166.000 toneladas. Como el oro es un metal inalterable, una buena parte de ese total todavía está circulando o acumulado por personas o instituciones.

Una gran proporción de este oro viene de África y de América. En el caso de América, la búsqueda del oro fue unas de las principales motivaciones para su conquista. Las consecuencias en términos de desastres ambientales, humanos, sociales, económicos y culturales de esta conquista parecen desproporcionadas cuando se comparan con las 166.000 toneladas cuyo volumen total cabe casi completamente en dos piscinas olímpicas<sup>1</sup>.

La figura 1 muestra cómo se reparte este volumen según su uso:



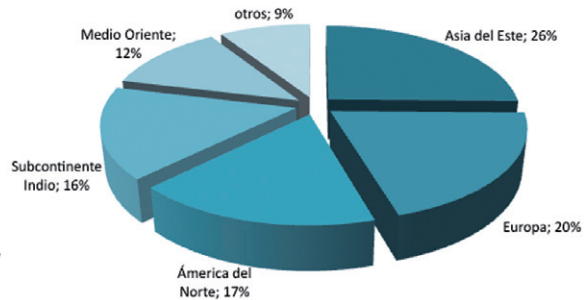
**Figura 1:**  
**Repartición del oro extraído por sectores<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> La masa volúmica del oro es de 19,3 toneladas por metros cúbicos (19,3t/m<sup>3</sup>). 166.000 toneladas representan 8601 m<sup>3</sup> de oro. Una piscina olímpica de 3m de profundidad representa un volumen de 3750 m<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

136.100 toneladas (el 52% + 18%+16%= 86%) del oro, es decir la mayoría, se encuentra en forma de joyería, lingotes o monedas, mientras 26.560 toneladas (el 16%) está en manos de los bancos centrales. De estas 26.560 toneladas, los Estados Unidos tienen 8.000, Alemania 2.800, Suiza 2.400, Francia 2.400, Italia 1.850. El resto está perdido o es irrecuperable.

No es de sorprenderse que, la repartición geográfica de este total (166.000 toneladas) sea sumamente irregular. Las mayores cantidades del oro extraído no se encuentran en los continentes de origen del metal precioso. Europa, América del Norte, India, Asia y el Medio-Oriente se reparten el 91% del oro producido en los últimos siglos (ver el gráfico de la figura 2).



**Figura 2**  
**Repartición geográfica del oro extraído<sup>3</sup>.**

En la actualidad, se estima que las reservas explotables de oro llegan a 100.000 toneladas<sup>4</sup>, lo que representa 40 años de producción al ritmo actual.

## La producción de oro ayer y hoy

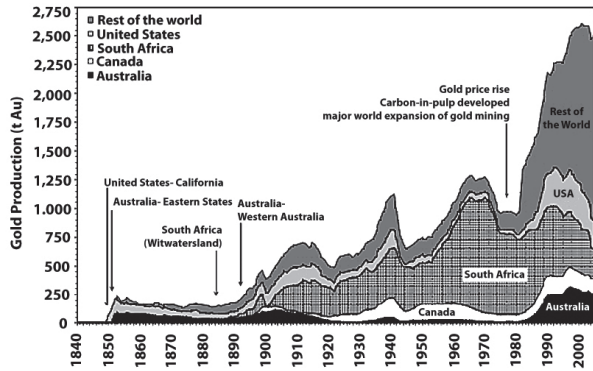
### Producción histórica

La producción industrial de oro se inició a mediados del siglo XIX. Hasta la década de los ochenta en el siglo XX, Australia, Canadá, África del Sur y los Estados Unidos dominaban ampliamente la producción del metal precioso. Es lo que se puede constatar en la figura 3. De 250 toneladas anuales en 1850, la producción llegó a cerca de 1300 toneladas en 1970. Después de una ligera caída al inicio de los años ochenta, el ritmo de producción aumentó de manera drástica en el transcurso de los últimos treinta años. Durante este periodo, los volúmenes producidos aumentaron de manera considerable, particularmente en los países del Sur que se volvieron productores industriales.

<sup>3</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

<sup>4</sup> Mineral Commodity Summaries 2009, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, Washington, 2009, p.69.

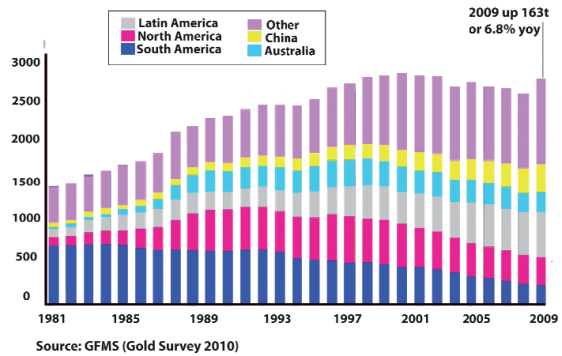
**Figura 3**  
Evolución de la producción de oro durante el periodo 1850-2005<sup>5</sup>.



### La tendencia actual

El gráfico 4 precisa los principales países y continentes productores en los últimos 30 años:

**Figura 4**  
Evolución de la producción por países y continentes durante el periodo 1981-2009<sup>6</sup>.



Se puede ver que la proporción de la producción de América Latina y de los otros continentes (en particular África) es cada año más importante. Es preciso señalar que la producción de China es mucho mayor que hace 30 años, pues este país es actualmente el primer productor mundial de oro (295 toneladas en 2008).

También constatamos que en la década de 2000, se produjeron en las minas alrededor de 2.400 toneladas de oro por año<sup>7</sup>. Si tenemos en cuenta que la concentración promedio del oro en la roca explotada es de 3 gramos por tonelada -estimación más bien prudente-, significa que cada año, se procesaron con cianuro más de 600 millones de toneladas de roca<sup>8</sup>.

<sup>5</sup> Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability?, G. M. Mudd, Resources Policy, 32, 42-56, 2007.

<sup>6</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

<sup>7</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

<sup>8</sup> Se considera que 80% de las 2400 toneladas son producidas por lixiviación al cianuro.

## Las empresas transnacionales productoras

Una parte importante de la producción de oro está en manos de empresas privadas transnacionales. Debido a su presencia en todo el planeta y su peso financiero, estas empresas tienen un poder político y económico considerable. El cuadro 1 presenta las 10 principales empresas productoras de oro en 2008, junto con su país de origen, su producción anual y sus principales minas en actividad. La producción de estas 10 empresas representa cerca del 45% de la producción mundial total.

### Cuadro 1

**Las 10 primeras empresas productoras de oro, clasificadas por volúmenes de producción<sup>9</sup>.**

Empresa	País	Producción anual (Millones de Onzas)	Principales minas
Barrick Gold	Canadá	8.06 (250 toneladas)	Cortez (E.E.U.U), Veladero (Argentina)
AngloGold Ashanti	África del Sur	5.47 (170 toneladas)	Sunrise Dam (Australia), Mponeng (África del Sur), Great Noligwa (África del Sur)
Newmont Mining Corp	Estados Unidos	5.3 (165 toneladas)	Nevada (E.E.U.U), Yanacocha (Perú), Tanami (Australia)
Gold Fields	África del Sur	4.02 (125 toneladas)	Driefontein (África del Sur), Kloof (África del Sur), Tarkwa Mine (Ghana)
Harmony Gold Mining Co Ltd	África del Sur	2.33 (72.5 toneladas)	Tshepong (África del Sur), Evander (África del Sur), Randfontein (África del Sur)
Freeport- McMoRan	Estados Unidos	2.32 (72 toneladas)	Grasberg (Indonesia), Ojos del Salad (Chile)
Goldcorp	Canadá	2.29 (71 toneladas)	Red Lake (Canadá), El Sauzal (México), Iumbreira (Argentina)
Newcrest Mining Telfer	Australia	1.61 (50 toneladas)	Cadia Hill(Australia), Ridgeway (Australia)
Kinross Gold Corp	Canadá	1.58 (49 toneladas)	Fort Knox (E.E.U.U),Round Mountain (E.E.U.U), Maricunga (Chile)
Rio Tinto	Inglaterra	1.23 (38 toneladas)	Bingham Canyon (E.E.U.U), Cortez/Pipe line (E.E.U.U),Grasberg (Indonesia)

A esta lista de las mayores empresas productoras de oro, conviene añadir la estatal China National Gold Group Corporation, la cual produjo 123 toneladas de oro en 2009<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Company Reports, Infomine ([www.infomine.com](http://www.infomine.com)), Carl Bagh y Marguerita Choy. Producción anual de 2008. <http://www.reuters.com/article/idCAN0845219520080908>

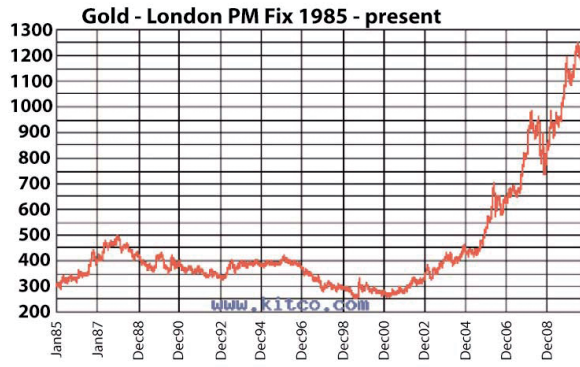
<sup>10</sup> China National Gold seeks more mines, China Daily 14 de enero 2010. <http://www.chinamining.org/Companies/2010-01-14/1263432427d33359.html>, el 17 de septiembre 2010.

## Precio

El precio del oro es decidido por un comité de miembros del “London Bullion Market Association” en Londres, una asociación de actores en el negocio de oro con sede en Inglaterra. Este comité está compuesto por bancos transnacionales: Barclays Capital (Inglaterra), Deutsche Bank (Alemania), HSBC Bank USA (Estados Unidos), Société Générale (Francia) y Bank of Nova Scotia (Canadá).

El gráfico de la figura 5 muestra la evolución del precio de la onza de oro en Londres durante los últimos 25 años. Se puede constatar un aumento casi exponencial desde el inicio de la década de 2000. En junio del 2010, el precio del oro alcanzó un récord histórico de US\$ 1.250 la onza<sup>11</sup>.

**Figura 5**  
**Evolución del precio del oro durante el periodo 1985-2010<sup>12</sup>.**



En los años 90, el mercado del oro vivió una depresión muy fuerte (alcanzaba apenas US\$ 400 la onza) y alcanzó un mínimo de US\$ 250 al inicio de los años 2000. En este periodo se podía pensar que Keynes tenía razón cuando decía que el metal amarillo era una “reliquia bárbara”. Sin embargo, desde 2000, el oro despegó para alcanzar precios récord.

## La nueva fiebre del oro

Este aumento espectacular del precio del oro en los últimos años es consecuencia de un cambio drástico en el uso del metal y de un incremento fuerte de la demanda.

Parte de esta demanda es consecuencia del crecimiento económico de Asia: China, India, países como Malasia, Indonesia o Corea del Sur y del Medio-Oriente como Turquía, se encuentran entre los mayores compradores de oro, y represen-

<sup>11</sup> Gold price hits new record as it breaks through \$1,250, Richard Evans, The Telegraph, Londres, 8 de Julio 2010.

<sup>12</sup> [http://www.kitco.com/scripts/hist\\_charts/yearly\\_graphs.plx](http://www.kitco.com/scripts/hist_charts/yearly_graphs.plx), el 3 de septiembre 2010.

taron el 70% de la demanda en 2008<sup>13</sup>. En occidente, Italia y los Estados Unidos son los países que más compran. En los últimos años, el Banco Central de China ha comprado oro masivamente. La moneda de China, el Yuan (o Renminbi) está tomando mayor valor y el país quiere tener en reserva una cantidad de oro equivalente a la moneda en circulación.

Además, la amenaza de futuras crisis económicas (como la última crisis de las hipotecas subprime), la inflación de monedas de referencia (dólar, euro, yen, etc.) y su subsecuente pérdida de valor, la proyectada escasez de petróleo, etc, incitan a los inversionistas a comprar oro, ya que es una manera más segura de acumular sus activos. Así, un inversionista, un Estado o un individuo que teme la devaluación de sus reservas monetarias, buscará comprar oro para evitar eventuales pérdidas. El oro sigue cumpliendo el papel de valor-refugio desde varios siglos y representa una inversión que no perderá su valor en tiempos de problemas económicos.

A esto, se añaden los altos márgenes de ganancias gracias al crecimiento constante del precio del oro. De este modo, el oro se ha vuelto un producto de especulación. Los especuladores piensan que el precio del oro seguirá creciendo, lo que les incita a comprar ahora, para vender más caro en el futuro. Esta actividad especulativa influye en el precio del oro, pudiendo provocar su aumento o su caída.

### **Las empresas reaccionan invadiendo el planeta**

Para responder a esta fuerte demanda, los productores de oro tienen que aumentar su ritmo de explotación y al mismo tiempo buscar activamente nuevos yacimientos para reemplazar las reservas conocidas que se agotan. Eso implica un boom de la actividad de exploración.

Sin embargo, los yacimientos explotables de los países industrializados o de alta tradición minera se están agotando, lo que implica buscar más regiones de explotación. Por esta razón, desde 1990 arranca una nueva ola minera en los yacimientos de América Latina, África y otras regiones del Tercer Mundo, ola que se fortaleció con el boom del precio del oro de los años 2000.

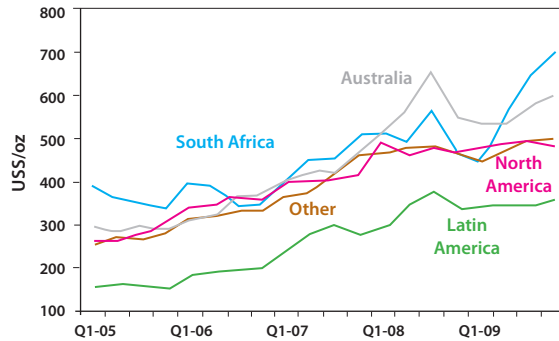
Los altos precios del oro permiten a las empresas explotadoras generar ganancias considerables, ya que disponen de una técnica de explotación muy barata: la lixiviación con cianuro, un proceso que describiremos más adelante. Además, los productores de oro maximizan sus ganancias registrándose en paraísos fiscales<sup>14</sup>, y

<sup>13</sup> [http://www.invest.gold.org/sites/en/why\\_gold/demand\\_and\\_supply/](http://www.invest.gold.org/sites/en/why_gold/demand_and_supply/) el 3 de septiembre 2010.

<sup>14</sup> Golden profits on Ghana's expense, DanWatch Report, Abril 2010. [http://www.concorddanmark.dk/uploads/0000/0048/PCD\\_case\\_study\\_may\\_2010.pdf](http://www.concorddanmark.dk/uploads/0000/0048/PCD_case_study_may_2010.pdf), el 17 de septiembre 2010.

gracias a algunas legislaciones permisivas del Sur<sup>15,16</sup>, según las cuales los estándares en materia de respeto al medio ambiente o a las condiciones laborales, son muy bajas. El gráfico de la figura 6 muestra la evolución del costo de una onza de oro en las distintas regiones del Planeta durante los últimos cinco años.

**Figura 6**  
**Evolución del precio de producción de una onza de oro en varias regiones durante el periodo 2005-2010<sup>17</sup>.**



Se muestra que el costo de producción de una onza de oro en América Latina es hasta dos veces menor que en América del Norte, o en Australia (no se menciona África, en donde los costos son comparables, e incluso más baratos que en Latinoamérica).

A raíz de esta avaricia por el oro, las empresas de exploración (llamadas junior) están activas en muchos países del Sur en los cuales los marcos jurídicos diseñados por el Banco Mundial garantizan sus derechos de acceso al territorio. El oro representa 40% de los gastos de exploración minera a escala mundial<sup>18</sup>. Comparado con otros metales, el oro es fácil de explotar y ofrece un retorno rápido sobre la inversión inicial<sup>19</sup>. Además, la tendencia al crecimiento de los precios

<sup>15</sup> Bajo la presión de las instituciones financieras internacionales, numerosos países del Sur reformaron su marco legislativo minero para favorecer la inversión extranjera. Eso resultó en la implementación de "códigos mineros" respondiendo a la agenda del consenso de Washington: garantía de los títulos de propiedad, reducción de la participación del Estado en el sector minero, de los aranceles, de las regalías, de los impuestos, etc. En consecuencia, muchos países hicieron del oro una de sus mayores fuentes de exportación. Así, sus economías se volvieron altamente dependientes de los precios de este metal. Cabe recordar que las decisiones de los bancos centrales del Norte, que poseen grandes acumulaciones de oro, pueden influir drásticamente sobre la evolución del precio.

<sup>16</sup> A Golden Opportunity?: How Tanzania is Failing to Benefit from Gold Mining, M. Curtis y T. Lissu, Marzo de 2008. <http://www.pambazuka.org/images/articles/407/goldenopp.pdf>, el 17 de septiembre 2010.

<sup>17</sup> GFMS. Gold Survey 2010.

<sup>18</sup> A Special Report from Metals Economics Group for the PDAC International Convention 2009, World Exploration trends, Metal Economic Group, 2009. <http://www.metalseconomics.com/pdf/PDAC%202009%20World%20Exploration%20Trends.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>19</sup> Les sociétés minières canadiennes d'exploration et de développement du secteur de l'or: les impacts de leurs activités en Afrique de l'Ouest, Université du Québec À Montréal, Fodé-Moussa Keita, septembre 2007, p.29.

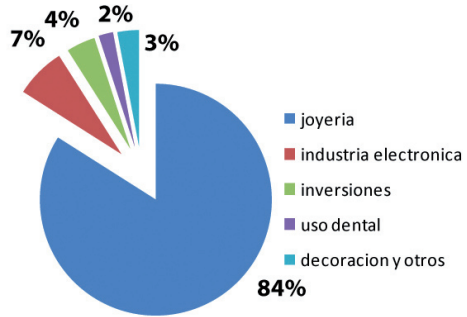
del oro alimenta el interés de los inversionistas en la actividad aurífera. Así son numerosas las empresas “junior” que han invadido los países del Sur en busca de yacimientos, o posiblemente para alimentar la especulación bursátil.

Cabe mencionar aquí la particularidad de Canadá como país minero. La mayoría (cerca del 60%) de las empresas mineras del Mundo están registradas en la Bolsa de Valores de Toronto. Este país les provee de una plataforma ultra-favorable para desarrollar sus actividades, en particular en los países del Sur. Además de un intenso apoyo financiero, político y diplomático a sus empresas mineras, Canadá es un verdadero paraíso judicial: permite una gran impunidad a las empresas acusadas de destrucción del medio ambiente, crímenes económicos, violaciones graves a derechos humanos, o alianzas con “señores de la guerra”<sup>20</sup>.

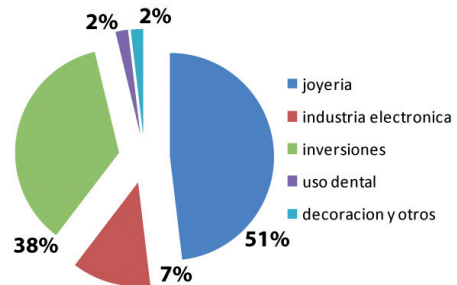
### El uso del oro

La estructura de la demanda del oro cambió significativamente en el transcurso de la década del 2000. Los gráficos de la figuras 7 y 8 representan la demanda de oro por cada sector en los años 2000 y 2009. Se puede ver que la mayoría del oro se usa en joyería, la que representa el 51% de la demanda en 2009. Sin embargo, la misma joyería representaba el 84% en el año 2000.

**Figura 7**  
Demanda por cada sector en el año 2000<sup>21</sup>.



**Figura 8**  
Demanda por cada sector en el año 2009<sup>22</sup>.



<sup>20</sup> Noir Canada. Pillage, Corruption et Criminalité en Afrique. A. Deneault, D. Abadie y W. Sacher, Ecosociété, 2008.

<sup>21</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

<sup>22</sup> GFMS, Gold Survey 2010.

Por otra parte, la demanda de oro en productos de inversión ha crecido drásticamente, pasando del 4% de la demanda en 2000, a 38% en 2009. Los productos de inversión incluyen: compras por parte de grandes fondos de inversión<sup>23</sup> y productos financieros (productos derivados), así como las inversiones en monedas y lingotes, etc. Este aumento confirma que el oro es un producto de inversión privilegiado por grandes inversionistas que lo usan como valor-refugio, y que es objeto de una actividad intensa de especulación. A medida que el precio del oro aumenta, la demanda en joyería baja, mientras la demanda en productos de inversión se incrementa.

Finalmente, una parte bastante minoritaria (alrededor de 10%) está destinada a un uso utilitario, es decir para la industria electrónica, el uso dental, o como objeto de decoración.

### **Símbolo del fetichismo de la riqueza**

Al contrario de lo que se cree, el oro es un metal sin mayor utilidad. Su calidad principal es la de ser un metal raro e inalterable, lo que lo convierte en punto de referencia fiable para la acumulación de riqueza. Una vez convertida en oro, no necesitará transformarse, lo que hace de este metal un signo absoluto de riqueza porque es su grado último de concreción.

El oro es un fetiche que permite la realización de la fantasía teológica del capital. A imagen y semejanza del personaje de Tío Rico de Walt Disney, el oro es el símbolo de la avaricia filosófica, tal como la describe el sociólogo Georg Simmel: poseer signos de riqueza por el único placer de contemplarlos, por todo lo que prometen, sin nunca volverlos realidad<sup>24</sup>.

<sup>23</sup> En este caso Gold Bullion Securities, SPDR Gold Shares, NewGold Gold Debentures, Central Fund of Canada and Central Gold Trust, iShares COMEX Gold Trust, ZKB Gold, ETFS Physical Gold, Xetra-Gold, Julius Baer Physical Gold Fund, Claymore Gold Bullion ETF, Swiss Gold, ETFS, Sprott Physical Gold Trust, Credit Suisse Xmtch and Dubai Gold Securities.

<sup>24</sup> Georg SIMMEL, Philosophie de l'argent; Sur la psychologie de l'argent, Georg SIMMEL, L'Argent dans la culture moderne, et autres essais sur l'économie de la vie, traducción de Alain Deneault, Paris, Éditions de la Maison des sciences de l'homme / Québec, Presses de l'Université Laval, 2006, pp. 41 y siguientes.

## II. El Cianuro

El término “cianuro” se refiere a un grupo químico formado por un átomo de carbono (C), y un átomo de nitrógeno (N), conectados por tres enlaces (para las fórmulas químicas de los productos mencionados en este documento, ver el cuadro del anexo A). Más generalmente, se llama cianuro a una variedad amplia de compuestos que contienen este grupo químico<sup>25</sup>.

Los cianuros existen tanto en estado natural como artificial. Las principales formas de cianuros fabricadas por el ser humano son el cianuro de hidrógeno, un gas de olor a almendra, el cianuro de sodio y de potasio, que son sólidos blancos. Todos estos productos son altamente tóxicos.

El cianuro de hidrógeno también existe en estado natural. Además, existen más de 2000 fuentes naturales de cianuro<sup>26</sup>, con un grado de complejidad y de toxicidad variable. Pueden ser producidos por ciertas bacterias, hongos, algas, e incluso insectos<sup>27</sup>. Adicionalmente, el cianuro se encuentra en varias plantas comestibles tales como almendras, frijoles, espinaca, soya y yuca<sup>28</sup>, pero también en el camote, el ñame, el maíz, el mijo, el bambú, la caña de azúcar, el limón, la manzana, la pera, la cereza, el durazno y las ciruelas<sup>29</sup>. Sin embargo, las cantidades de cianuro en las partes comestibles de estas plantas son usualmente sumamente bajas, excepto en la yuca (cuyo cianuro puede causar graves enfermedades si se consume en exceso).

### Un compuesto muy reactivo

El cianuro es muy reactivo a otros compuestos, es decir que se puede unir con una gran variedad de otros elementos químicos, como el azufre o algunos compuestos a base de carbono orgánico, incluso con organismos vivientes<sup>30</sup>.

<sup>25</sup> Un compuesto es una unión de varios elementos químicos.

<sup>26</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, Mark J. Logsdon, Karen Hagelstein y Terry I. Mudder, International Council on Metals and the Environment, Abril 1999.

<http://www.icmm.com/page/1616/the-management-of-cyanide-in-gold-extraction>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>27</sup> Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment, Rajesh Roshan Dash, Abhinav Gaur, Chandrajit Balomajumder, Journal of Hazardous Material, 163, 2009, 1-11.

<sup>28</sup> Informe especial Minería Química a cielo abierto: el caso de Las Crucitas. Capítulo 3: El efecto del cianuro en la salud humana, Gustavo Gutiérrez Espeleta. Universidad de Costa Rica, Consejo Universitario, informe coordinado por Alberto Cortés Ramos, mayo 2009, <http://www.cu.ucr.ac.cr/document/InformeFinaldeCrucitas.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>29</sup> Le cyanure, Santé de l'environnement et du milieu de travail, Santé Canada. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/cyanide-cyanure/index-fra.php>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>30</sup> Esta alta reactividad se debe a que el cianuro tiene una carga negativa y a la alta disponibilidad de sus electrones.

También establece fácilmente enlaces con la mayoría de los metales como el oro, el cobre, el zinc, el mercurio, el hierro, etc. Con los metales, el cianuro forma lo que se llama “complejos metal-cianuro”, generalmente muy solubles en agua, y de estabilidad variable. Esta propiedad clave del cianuro es aprovechada en la minería para extraer metales como el oro o la plata. El cianuro es usado en otras industrias como la del plástico, los fertilizantes, herbicidas, colorantes, y la farmacéutica<sup>31</sup>.

## Contaminación por cianuro

En aguas naturales no contaminadas, los compuestos de cianuro están raramente presentes en concentraciones medibles<sup>32</sup>. Sin embargo, el cianuro se encuentra masivamente en las aguas residuales de las industrias mencionadas más arriba. En estas aguas contaminadas, las concentraciones de cianuro pueden ser hasta 10.000.000 veces mayores que en las aguas naturales<sup>33</sup>.

La industria minera aurífera está citada como la fuente de mayor contaminación de las aguas por cianuro<sup>34,35,36</sup>. En general, es en los alrededores de las instalaciones de estas industrias donde se pueden encontrar niveles de cianuro muy altos, por que descargan desechos cianurados en el medio ambiente. Además, la minería de oro ha tenido ya una larga serie de accidentes<sup>37,38,39</sup> catastróficos para los ecosistemas y las poblaciones, contaminando regiones remotas, hasta a 2000 km del sitio del accidente<sup>40</sup>.

<sup>31</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al. , op. cit, (supra n.26).

<sup>32</sup> “cyanide compounds are seldom present in uncontaminated waters in measurable concentrations”. Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, Robert Moran, edited by Susan Brackett. Mineral Policy Center, 1998.<http://earthworksaction.org/pubs/cyanideuncertainties.pdf>, el 3 de septiembre 2010. Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al. , op. cit, (supra n.2).

<sup>33</sup> En las aguas naturales no contaminadas, las concentraciones son de 0.001- 0.05 miligramos por litro, mientras que en aguas usadas industriales, pueden alcanzar 100.000 miligramos por litro. Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment. Rajesh Roshan Dash, Abhinav Gaur, Chandrajit Balomajumder, Journal of Hazardous Material, 163, 2009, 1-11.

<sup>34</sup> Cyanide in water and soil, David A. Dzombak Rajat S. Ghosh George M. Wong-Chong, Taylor and Francis, 2006, p.6.

<sup>35</sup> Hydrogen Cyanide and Cyanides: Human Health Aspects, Cicads 61, Organización Mundial de la Salud, 2004, <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad61.htm>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>36</sup> Sodium cyanide hazards to fish and other wildlife from gold mining operations, Eisler, R., Clark Jr. D.R., Wiemeyer, S.N. and Henny, C.J.: 1999, in: Azcue, J.M. (ed.), Environmental Impacts of Mining Activities: Emphasis on Mitigation and Remedial Measures, Springer-Verlag, Berlin, pp. 55–67, p.62. <http://www.cerc.usgs.gov/pubs/center/pdfdocs/90972.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>37</sup> Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, Robert Moran, op. cit. (supra n.8)

<sup>38</sup> Cyanide in water and soil, D. A. Dzombak et al., op. cit. (supra n. 10), p.8.

<sup>39</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, Bernd G. Lottermoser, Springer, segunda edición, 2007, capítulo 5, p. 193.

<sup>40</sup> Cyanide in water and soil, D. A. Dzombak et al., op. cit. (supra n. 10), p.8.

### III. Toxicidad del cianuro para los seres vivos

El hecho de que el cianuro sea un compuesto muy reactivo explica también su muy alta toxicidad para los seres vivos: para un humano adulto, el cianuro de hidrógeno ingerido oralmente puede ser mortal a partir de una dosis equivalente a un grano de arroz. La población y la fauna pueden estar expuestas al cianuro a través del aire ambiente, del agua que toman y de la comida<sup>41</sup>.

#### Toxicidad para el ser humano

Al estar en contacto con el cianuro, ya sea en forma líquida, sólida o gaseosa, el cuerpo lo absorbe rápidamente por la piel y las superficies mucosas. Sin embargo, es más peligroso todavía cuando se inhala, porque se distribuye más rápidamente en el cuerpo.

En caso de dosis letales, el cianuro impide la respiración de las células<sup>42</sup>, que constituyen los componentes elementales de los seres vivos. Esta ausencia de respiración impide el transporte de oxígeno a través de la sangre y lleva pronto a la muerte por paro respiratorio<sup>43</sup> o cardíaco<sup>44</sup>. Se dice que el intoxicado muere de "asfixia interna".

Para un adulto, cantidades muy pequeñas son suficientes para provocar su muerte: bastan la inhalación de 50 mg (uno o dos granos de arroz) de vapor de cianuro de hidrógeno, o la ingestión de 200 a 300 mg (entre 5 y diez granos de arroz) de cianuro de sodio<sup>45</sup>.

Una exposición crónica, durante largos periodos -aunque sea de dosis pequeñas-, tiene también efectos considerables sobre la salud: causa pérdida de apetito, migrañas, náuseas, irritación de los ojos. Además, puede atacar las fibras musculares del corazón o afectar al funcionamiento de la tiroides<sup>46</sup>.

<sup>41</sup> Hydrogen Cyanide and Cyanides: Human Health Aspects, Cicads 61, op. cit. (supra n. 11).

<sup>42</sup> El cianuro reacciona con el hierro formando una molécula clave que rige la respiración celular : la citocromo-c oxidasa. Ver por ejemplo, Cyanide. Zhengwei Cai, Encyclopedia of Toxicology, 2005, páginas 698-701, p. 699.

<sup>43</sup> Cyanure et dérivés. Fichas de datos toxicológicos y ambientales de las sustancias químicas, Instituto Nacional del Area Industrial y de los Riesgos (INERIS), gobierno de Francia, p.19.

[www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2759](http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2759), el 3 de septiembre 2010.

<sup>44</sup> Cyanide, Zhengwei Cai, Encyclopedia of Toxicology, 2005, páginas 698-701, p.699.

<sup>45</sup> Ibid., p 699.

<sup>46</sup> Ibid.

## Toxicidad para los animales

Los animales expuestos a dosis letales de cianuro, mueren rápido, mientras que en dosis no-letales, metabolizan el cianuro y lo expulsan a través de sus heces fecales. Por esta razón, ciertos autores piensan que los animales no acumulan el cianuro en su cuerpo<sup>47</sup> (al contrario de los metales pesados). Sin embargo, hay evidencias de que algunos complejos metal-cianuro se acumulan en el cuerpos de los peces<sup>48</sup>.

La fauna acuática en general y los peces en particular se cuentan entre las especies más sensibles<sup>49</sup>, pues concentraciones de 0.2 miligramos por litro (el equivalente de 2 gotas en una botella de medio litro<sup>50</sup>) son rápidamente fatales para la mayoría de las especies de peces<sup>51</sup>. De hecho, los peces son mucho más sensibles al cianuro que los seres humanos. A largo plazo, una exposición crónica también lleva a la intoxicación. Concentraciones sumamente bajas (de apenas 0.005 miligramos por litro, es decir el equivalente de una grano de azúcar en una botella de un litro) afectan los movimientos y la reproducción de los peces y pueden hacerlos no aptos para el consumo humano<sup>52</sup>. Cabe mencionar que estas concentraciones son mínimas comparadas a las de las aguas contaminadas de la industria aurífera, que contienen típicamente entre 40 y 2000 miligramos de cianuro por litro<sup>53</sup>.

Las aves y mamíferos son generalmente más resistentes. Sin embargo, dosis de alrededor de 1 miligramo por litro son suficientes para provocar su muerte<sup>54</sup>. En los Estados Unidos y en Australia, cada año mueren miles de aves (una cifra probablemente subestimada)<sup>55</sup>, así como decenas de mamíferos y reptiles, in-

<sup>47</sup> Cyanide Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review, R. Eisler, 1991, U.S. Fish. Wildl. Serv., Biol. Rep. 85 (1.23), p.33. <http://www.infomine.com/publications/docs/Eisler1991.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>48</sup> Toxicological profile for cyanide, U.S. Department of Health and Human Services Public Health service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, July 2006, p.168. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp8-c6.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>49</sup> Cyanide Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrate: A Synoptic Review. R. Eisler, op. cit. (supra n.23).

<sup>50</sup> Una gota representa un volumen aproximado de 0.05 mililitros.

<sup>51</sup> Sodium cyanide hazards to fish and other wildlife from gold mining operations, R. Eisler et al., op. cit. (supra n.12), p.59.

<sup>52</sup> Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, Robert Moran, op. cit. (supra n.8), p.8.

<sup>53</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit. (supra n.2), p.17

<sup>54</sup> Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, Robert Moran, op. cit. (supra n.8), p.8.

<sup>55</sup> A critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife, D.B. Donato, O. Nichols, H. Possingham, M. Moore, P.F. Ricci, B.N. Noller, Environment International 33 (2007) 974–984.

toxicados por el cianuro de las instalaciones mineras de oro<sup>56,57,58</sup>, en las pilas de lixiviación o en los embalses de aguas usadas.

### **Toxicidad para los vegetales**

No existen muchos datos en cuanto a la toxicidad del cianuro para las plantas<sup>59</sup>. Se estableció eso sí, que concentraciones elevadas pueden impedir la respiración de plantas grandes, y llevarlas a la muerte. Las plantas pueden acumular, durante largos periodos, ciertas variedades de cianuro<sup>60</sup>.

<sup>56</sup> Cyanide and migratory birds at gold mines in Nevada, USA. C. J. Henny , R. J. Hallock, y E. F.Hill, *Eco-toxicology* , 3, 45-58 (1994).

<sup>57</sup> Sodium cyanide hazards to fish and other wildlife from gold mining operations, R. Eisler et al., op. cit. (supra n. 12). p.61

<sup>58</sup> Cyanide Management, Best Practice, Environmental Management in Mining, Environment Australia, Department of the Environment, 1998, p.6. <http://www.ret.gov.au/resources/Documents/LPSDP/BPE-MCyanide.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>59</sup> Evaluation and Review Report. Application for the Reassessment of a Hazardous Substance under Section 63 of the Hazardous Substances and New Organisms Act 1996, Prepared for the Environmental Risk Management Authority, Ministry for the Environment, New Zealand, Abril 2007, p. 459. <http://www.ermanz.govt.nz/BertDocs/HRE05002-053.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>60</sup> Cyanide Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrate: A Synoptic Review. R. Eisler, 1991, op. cit. (supra n. 23).

## IV. Los principales tipos de cianuro en la minería de oro

A continuación se detallan los principales tipos de cianuro que se encuentran y se forman durante el procesamiento con cianuro, de la roca en la minería de oro.

### El cianuro “libre”

Cianuro libre se llama al cianuro de hidrógeno en forma gaseosa o disuelta en agua, o al anión cianuro<sup>61</sup>. También se encuentra en sales como el cianuro de potasio y el cianuro de sodio que son sólidos sin olor, blancos, que se disuelven muy fácilmente en el agua. El cianuro de sodio es la forma más comúnmente usada en la minería industrial de oro.

### Los complejos metal-cianuro

Como compuesto altamente reactivo, el cianuro se une muy fácilmente en solución<sup>62</sup> a metales como el hierro, el cobre, el níquel, el zinc, el cadmio etc., con los cuales forma una mezcla llamada “complejo metal-cianuro”.

Estos complejos están muy presentes en las aguas usadas y contaminadas de la industria de oro, porque las rocas de las cuales se extrae el oro, incluyen generalmente hierro, cobre, zinc o arsénico. Más aún, estos metales se encuentran en concentraciones mucho más altas que las del oro en las rocas tratadas. Por ejemplo, la concentración de hierro es hasta 35.000 veces mayor que la del oro<sup>63</sup>. Por esta razón, el complejo cianoferrato (un complejo metal-cianuro en el cual el hierro Fe está vinculado con el anión cianuro) está presente masivamente en las aguas de desecho de la minería de oro. Los análisis químicos de las soluciones cianuradas de tratamiento de la roca, muestran que la mayor parte del cianuro está ligado a otros metales además del oro o la plata<sup>64</sup>.

Los complejos metal-cianuro son considerados a menudo menos tóxicos que el cianuro libre, aunque su toxicidad “no está bien entendida o documentada”<sup>65</sup>.

<sup>61</sup> Un anión es un grupo químico que lleva una carga negativa.

<sup>62</sup> En “solución” quiere decir diluido en el agua.

<sup>63</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et. al. , op. cit. (supra n.2), p.16.

<sup>64</sup> Ibid., p.17.

<sup>65</sup> “The toxicity of metal-cyanide complexes is not well understood or documented”. Using existing data from the middle rio grande to screen water quality risks to rio grande silvery minnow. Volume 1 – final report. Un informe de Tetra Tech em inc., Michael D. Marcus, Sean Covington, and Natalie Smith, preparado para la New Mexico Interstate Stream Commission, New Mexico, USA, 19 de diciembre de 2005., p.85. <http://www.ose.state.nm.us/PDF/ISC/BasinsPrograms/RioGrande/MRG/MRG-WQ-Risk-Final-12-19-05-Vol1.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

Cabe señalar además que estos componentes son “cargadores” a la vez de cianuro y de metales pesados. En consecuencia, una vez que llegan a las aguas naturales, se disocian, es decir se separan, y descargan estos productos particularmente tóxicos para la fauna acuática.

### **Complejos fuertes y complejos débiles**

Estos complejos metal-cianuro se clasifican según la fuerza de los enlaces que unen el cianuro y el metal. En condiciones de temperatura y de acidez normales, los complejos débiles se disocian fácilmente (es decir se rompen sin dificultad los enlaces entre el metal y el cianuro), y los complejos fuertes, difícilmente.

El complejo que une el oro con el cianuro, el complejo dicianoaurato (un complejo en el cual el oro Au está vinculado con el anión cianuro) es un ejemplo de complejo fuerte. Esta propiedad es conveniente para la extracción del oro de la roca que contiene varios tipos de metales aparte del oro. Una vez el oro aliado al cianuro, los dos elementos quedarán vinculados hasta que se aplique un proceso químico (expuesto más adelante) potente capaz de separarlos<sup>66</sup>.

El cianoferrato (que es, como dijimos arriba, un complejo en el cual el hierro Fe está vinculado con el anión cianuro) es también un ejemplo de complejo fuerte, por lo que no libera fácilmente el cianuro.

En general, los complejos más estables son los menos tóxicos, porque liberan difícilmente el cianuro que cargan<sup>67</sup>. Sin embargo, aún estos complejos pueden disociarse. Por ejemplo, si el medio se vuelve ácido o si está expuesto a la luz solar, el cianoferrato puede disociarse en cianuro y hierro<sup>68</sup>, y contaminar su entorno.

En cambio los complejos débiles (llamados WAD en inglés por “Weak Acid Dissociable”) pueden disociarse fácilmente cuando se encuentran disueltos en el agua, y producir altas concentraciones en cianuro<sup>69</sup>. Los complejos metal-cianuro formados con el cadmio, el cobre, el níquel y el zinc son ejemplos de complejos débiles.

<sup>66</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit. (supra n. 2), p.18.

<sup>67</sup> “The more stable the complex, the less toxic it is, especially to aquatic life”, Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. G. Lottermoser, op. cit. (supra n. 15), p.190.

<sup>68</sup> Ibid., p. 191

<sup>69</sup> “The weak cyanide complexes, often referred to as ‘weak acid dissociable’ or WAD cyanide, can dissociate in solution to produce environmentally significant concentrations of free cyanide”, The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit. (supra n. 2), p.18.

## Otros cianuros

Existe una gran variedad de productos de la degradación del cianuro, con grados de toxicidad variables. Entre ellos el cloruro de cianógeno, un compuesto de toxicidad intermedia; los cianatos, resultado de la oxidación del cianuro libre, que pueden permanecer mucho tiempo en el agua, y que es la forma más común obtenida después de la mitigación del cianuro operada en los sitios mineros (ver capítulo VI). También se producen los tiocianatos, que son producto de la reacción del azufre con el cianuro y que son tóxicos para los peces; el nitrato y el amoníaco, ambos altamente tóxicos; las cloraminas, tóxicas para la fauna acuática; y los compuestos cianurados orgánicos, cuya toxicidad es variable.

Como lo hemos visto, la toxicidad del cianuro libre está documentada y parcialmente entendida. No es el caso de las otras formas de cianuro como los complejos metal-cianuro o los otros compuestos mencionados en el párrafo precedente de los que se encuentran pocos datos<sup>70</sup>, y que son omnipresentes en los desechos producidos por la industria minera.

<sup>70</sup> "Few data are available on the toxicity of metal-cyanide complexes and other cyanide molecules." Cyanide in water and soil, David A. Dzombak Rajat S. Ghosh George M. Wong-Chong, capítulo 17, Ecological Risk Assessment of Cyanide in Water and Soil, Roman P. Lanno and Charles A. Menzie, Taylor & Francis Group, LLC, 2006, p. 343.

## V. Producción de cianuro

En el proceso de cianuración implementado en la industria del oro, se usa una forma muy tóxica de cianuro<sup>71</sup>: el cianuro de sodio, donde el anión cianuro está unido a un átomo de sodio cargado positivamente. El cianuro de sodio es comercializado en forma de “bloques” blancos, o directamente disuelto en agua. Esta sal de cianuro, de la misma manera que la sal común de cocina<sup>72</sup> es muy soluble en el agua. Esta propiedad es usada para preparar las soluciones de cianuro que luego se vierten sobre la roca que contienen el oro. Se utilizan soluciones de cianuro de sodio con concentraciones que oscilan entre 100 y 500 miligramos por litro<sup>73</sup> dependiendo del tipo de roca. La preparación de la solución de cianuro de sodio es el proceso que consume la mayor parte del agua en una mina de oro.

Para extraer 1 kilo de oro, se necesita un promedio de 140-160 kilos de cianuro de sodio. Para una explotación mediana, que produce 25 kilos de oro al día, se necesitan 4 toneladas de cianuro al día. Sin embargo, el consumo de cianuro puede alcanzar hasta 1250 kilogramos por cada kilo de oro, dependiendo del tipo de roca<sup>74</sup>, lo que lleva a un consumo diario de más de 30 toneladas de cianuro.

**Una explotación mediana que procesa 25.000 toneladas diarias de roca\* ...**

**... produce un promedio de:**

- 25 kilogramos de oro
- 50.000 toneladas de desechos sólidos
- 240 toneladas de dióxido de carbono (el equivalente de un viaje de 1.300.000 kilómetros en carro)

**... y consume un promedio de:**

- 35.500.000 litros de agua, lo que corresponde a un consumo de 400 litros por segundo
- 4 toneladas de cianuro

\*se consideran las estimaciones siguientes (tomadas de G. Mudd, op. cit supra n.5): una proporción

de 2 toneladas de desechos por tonelada de roca tratada, una concentración de oro de 1 gramo por tonelada, un consumo de cianuro de 160 kilogramos por kilogramo de oro, de 1.420.000 litros de agua por tonelada de roca tratada, y una producción de 11.5 toneladas de CO2 por kilogramo de oro. Estas estimaciones son relativamente bajas.

<sup>71</sup> También se usa el potasio de cianuro KCN, pero es mucho menos común.

<sup>72</sup> Cuya fórmula es NaCl, un átomo de sodio Na, y un átomo de cloro, Cl.

<sup>73</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit (supra n. 2), p. 8.

<sup>74</sup> Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability?, G. M. Mudd, op. cit, supra n. 5.

El cianuro de hidrógeno HCN se obtiene industrialmente como subproducto de la fabricación del acrílico o de algunos plásticos, o a través de la combinación de gas natural con amoníaco. Luego, el HCN puede ser combinado con hidróxido de sodio (NaOH) para producir NaCN en solución. Los "bloques" sólidos de 10 centímetros cuadrados usados en la minería de oro se producen al secar la solución obtenida<sup>75</sup>.

Los tres mayores productores de cianuro en el mundo son las empresas químicas Dupont (Estados Unidos), ICI (Inglaterra), y Degussa Corp. (Alemania)<sup>76</sup>.

Dependiendo del tipo de explotación, las empresas mineras transportan el cianuro de sodio en forma sólida o ya disuelto en el agua<sup>77</sup>. El precio de esta última forma es posiblemente más barato porque no implica una etapa de secado<sup>78</sup>, pero representa un riesgo mayor para el medio ambiente y en caso de suceder un accidente en el momento del transporte<sup>79</sup>.

La industria minera es un gran consumidor de este tóxico, pues absorbe el 18 % de la producción mundial de cianuro de sodio<sup>80</sup>, lo que a escala mundial representa un consumo de 252 000 toneladas de cianuro por año.

<sup>75</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit (supra n. 2), p. 11.

<sup>76</sup> Ibid.

<sup>77</sup> Sitio web del International cyanide management code for the gold mining industry. [http://cyanidecode.org/cyanide\\_chemistry.php](http://cyanidecode.org/cyanide_chemistry.php), el 3 de septiembre 2010.

<sup>78</sup> "Though more than twice the bulk of the dry form and hence more expensive to distribute, it is generally more competitive by avoiding additional equipment and drying costs". Página web del gabinete australiano de consultores Chemlink Consultants. <http://www.chemlink.com.au/cyanide.htm>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>79</sup> Cyanide Management, Best Practice, Environment Australia, op. cit. (supra n. 34), p. 39.

<sup>80</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit. (supra n.2), p.5.

## VI. El uso del cianuro en la minería de oro

El oro es un elemento mucho más escaso de lo que generalmente se piensa. En todo el planeta, se han agotado ya la mayoría de los yacimientos “reales”, es decir las vetas ricas en donde el metal precioso puede ser extraído con métodos artesanales<sup>81</sup>, sin embargo, la demanda de oro es creciente (ver capítulo I)

Para solucionar esta paradoja, los productores explotan yacimientos cada vez más pobres en oro, con leyes de hasta 0.5 g de oro por toneladas de roca<sup>82</sup>. Esta concentración de oro es muy pequeña y antes no se hubiera explotado. La explotación de este tipo de yacimientos requiere el uso de técnicas químicas para el tratamiento eficaz de miles de toneladas de roca al día.

El cianuro es uno de los pocos compuestos capaces de atacar al oro y de reaccionar con él para formar complejos químicos. El tratamiento hidrometalúrgico con soluciones de cianuro es actualmente el método más simple que permite a la industria minera extraer el oro de estos yacimientos de manera rentable<sup>83,84</sup> (otros procesos existen pero son técnicamente más complicados de implementar y más costosos).

En las rocas que contienen oro, éste se encuentra generalmente junto con muchos otros metales y compuestos minerales, cuyas concentraciones pueden ser miles de veces superiores a la del oro mismo.

El método para extraer el oro usando cianuro tiene ya más de un siglo. Fue patentado en 1887 en Inglaterra, y aplicado por primera vez en 1890 en el Witwatersrand en Nueva Zelanda. Sin embargo, la industria empezó a usar el proceso para explotar yacimientos de baja concentración a partir de los años 50. La primera lixiviación en montones o en pila fue realizada en 1974 en Cortez, Nevada, Estados Unidos<sup>85</sup>.

<sup>81</sup> The Cyanide Leaching Gold Recovery Process Is a Nonsustainable Technology with Unacceptable Impacts on Ecosystems and Humans: The Disaster in Romania, F. Korte, M. Spiteller, y F. Coulston, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 241-245 (2000), p. 241.

<sup>82</sup> Ibid.

<sup>83</sup> Ibid.

<sup>84</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al., op. cit (supra n. 2), p.7.

<sup>85</sup> Métallurgie de l'or – Procédés, El-Aid Jdid, Pierre Blazy, *Techniques de l'Ingénieur*, 10 de junio 2006. <http://www.techniques-ingenieur.fr>, el 3 de septiembre 2010.

## La lixiviación

El proceso de lixiviación consiste en poner la roca que contiene el oro en contacto con una solución de cianuro preparada previamente (recordemos que el cianuro reacciona muy fácilmente al contacto con los metales). Al unirse con los átomos de oro lo separa de los otros minerales presentes.

Este proceso químico implica la formación de un complejo metal-cianuro muy estable: el dicianoaurato de sodio. Esquemáticamente, la reacción química entre el cianuro y el oro por la que se lleva a cabo el proceso de lixiviación es la siguiente<sup>86</sup>:



Donde el oro (Au) reacciona con el cianuro de sodio (NaCN), el oxígeno (O<sup>2</sup>) y el agua (H<sub>2</sub>O) para formar el dicianoaurato de sodio, NaAu(CN)<sub>2</sub>, y la soda (NaOH).

Esta reacción se efectúa en un medio alcalino<sup>87</sup>, y es necesaria la presencia de oxígeno. Para que la reacción se haga de manera rápida, el mineral tiene que estar libre en forma de partículas finas que presenten superficies limpias. Por esta razón se realiza a menudo pre-tratamientos para preparar la roca. Entre otros el fraccionamiento de la roca en partículas finas.

En la minería de oro, se usan principalmente dos tipos de lixiviación: *la lixiviación en pilas* (o en montones) y *la lixiviación dinámica en tanques agitados mecánicamente*. La lixiviación en montones se usa más para rocas con concentraciones muy bajas en oro. La lixiviación dinámica está reservada para concentraciones mayores a 1.3 gramos por toneladas<sup>88</sup>.

### Lixiviación en pila o en montones

En este proceso, la roca está ordenada en canchas de varios pisos, que tienen en total hasta 60m de altura, ocupan centenas de hectáreas, y representan hasta un millón de toneladas de roca<sup>89</sup> (ver ejemplo en la figura 9). La roca tratada puede ser previamente fracturada o chancada en pedazos de unos pocos centímetros

<sup>86</sup> Son llamadas reacciones de Adamson o Elsner. Ibid., ver también Introduction to Evaluation, Design, and Operation of Precious Metal Heap Leaching Projects, D. J. A. van Zyl, et. al., 1988.

<sup>87</sup> Un medio alcalino es el contrario de un medio ácido.

<sup>88</sup> "Cut-off value dependent on many factors, including the price of gold and an operation's ability to recover the precious metal (van Zyl et al. 1988)". Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste Special Waste Branch, Septiembre 1994, p. 1. <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/industrial/special/mining/techdocs/cyanide.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>89</sup> Some Considerations on the Impact on Ecological Chemical Principles in Practice with Emphasis on Gold Mining and Cyanide. F. Korte y F. Coulston, Ecotoxicology and Environmental Safety, 41, 119-129 (1998), p.124.

de diámetro, y aglomerada con cemento, dependiente de su permeabilidad, de su composición química y de su propensión a consumir oxígeno. Sin embargo, por sus propiedades particulares, ciertas rocas son acumuladas directamente en las pilas una vez extraídas del subsuelo, sin tratamiento previo<sup>90</sup>.



**Figura 9**  
**Ejemplo de pilas de lixiviación, mina de Yanacocha, Perú (foto, P. Williams)<sup>91</sup>.**

La solución de cianuro se esparce sobre la pila de roca mediante goteo o rociado con tuberías plásticas perforadas<sup>92</sup> y se filtra a través de las pilas, por efecto de la gravedad, recogiendo (disolviendo) el oro diseminado en la roca (es en este momento que se forma el complejo dicianoaurato de sodio). La solución enriquecida en oro, llamada “solución preñada”, es recuperada en la base inclinada de la pila y conducida vía un sistema de canalización hasta un pozo de almacenamiento. Con este sistema, se recupera entre 60% y 80% del oro presente<sup>93</sup>. Eso significa que entre 20% y 40% del oro contenido en la roca no se recupera.

Un ciclo de lixiviación “típico” toma aproximadamente tres meses<sup>94</sup>, pero puede durar desde unos días hasta unos meses, dependiendo del tipo de roca y del

<sup>90</sup> Un proceso llamado “run-of-mine” en inglés. Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p.2.

<sup>91</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. Lottemoser, op.cit. (supra n. 15), p. 188.

<sup>92</sup> Recuperación de oro y plata de minerales por heap leaching, Á. Azañero Ortíz, Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, minas, Metalurgia y ciencias geográficas, Vol. 4 no7, Enero-Junio 2001. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/geologia/v04\\_n7/recup\\_oro\\_plata.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/geologia/v04_n7/recup_oro_plata.htm), el 3 de septiembre 2010.

<sup>93</sup> Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p. 2.

<sup>94</sup> A Technical Review of Heap Leaching, Lopes, R.F., and R.J. Johnston, In Environmental Management for the 1990s, proceedings of the Symposium on Environmental Management for the 1990s, Denver, Colorado, February 25-28, 1991, D J Lootens, W M Greenslade, and J M Barker (editors), citado en Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p. 2.

tamaño de la pila<sup>95</sup>. En la mayoría de los casos, una vez tratada, la roca se queda en su puesto y sirve de base para construir el piso siguiente. Cada piso mide entre 1.50 m y 10 m de altura (ver figura 1.).

Cuando se recoge el oro que se pudo sacar de todas las pilas, el proceso de lixiviación está terminado. Las pilas de roca tratada se convierten en una montaña de desechos, cargada con diferentes tipos de contaminantes, incluso complejos metal-cianuro. En algunos casos, se enjuagan las pilas hasta que la solución recuperada en la base, tenga un nivel bajo de cianuro<sup>96</sup>.

En las explotaciones de gran tamaño, se pueden tratar más de 50.000 toneladas de roca por día usando este proceso. La técnica de lixiviación en pilas se está utilizando en cientos de minas de oro alrededor del mundo. La mina de oro más grande de Estados Unidos, Round Mountain en el Estado de Nevada, usa lixiviación en pilas para el tratamiento de 150.000 toneladas diarias de roca con una concentración de 0.55 gramos de oro por tonelada. Pero la mina de Yanacocha en Perú tiene el récord, pues trata 370.000 toneladas diarias de roca con 0.87 gramos de oro por tonelada<sup>97</sup>.

### **Lixiviación dinámica en tanque o en embalses (VAT leaching)**

En estos métodos, la roca previamente reducida y chancada, es clasificada en partículas finas de hasta menos de 1 milímetro de diámetro, y finalmente es aglomerada. Una vez realizado este pre-tratamiento, la roca es tratada con soluciones de cianuro contenidas en tanques o embalses donde la mezcla “solución cianuro-roca” es agitada mecánicamente para mantener la roca sólida en suspensión, sin tocar el fondo.

En el proceso se usa generalmente una serie de tanques o de embalses (que son como piletas que cumplen el mismo rol que los tanques). Los tanques tienen en general un diámetro de 3-4 metros y una altura de 5-6 metros (como se aprecia en la figura 10). Los embalses son más grandes y pueden tener 20 a 50 metros de largo y 4 a 6 metros de profundidad<sup>98</sup>. La solución de cianuro circula de un tanque o embalse al otro, enriqueciéndose más en oro a cada paso<sup>99</sup>, hasta salir del circuito óptimamente concentrada en complejo dicianoaurato de sodio.

<sup>95</sup> Gold: A watershed year? In Annual Survey and Outlook, J. Sternkamp, Eng. Mining J., 1992., citado en Some Considerations on the Impact on Ecological Chemical Principles in Practice with Emphasis on Gold Mining and Cyanide. F. Korte y F. Coulston, op. cit. (supra n. 65), p.124.

<sup>96</sup> Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p. 4.

<sup>97</sup> Precious Metal Heap Leach Design and Practice, Daniel W. Kappes, Kappes, Cassidy & Associates, Reno, Nevada), p.1. [http://www.kcareno.com/pdfs/mpd\\_heap\\_leach\\_desn\\_and\\_practice\\_07apr02.pdf](http://www.kcareno.com/pdfs/mpd_heap_leach_desn_and_practice_07apr02.pdf), el 3 de septiembre 2010.

<sup>98</sup> Métallurgie de l'or – Procédés, E. Jdid, P. Blazy, op. cit (supra n. 61), capítulo 2.

<sup>99</sup> El flujo de la solución de cianuro y el flujo de la mena son opuestos, lo que garantiza una fijación óptima del oro sobre el cianuro.



**Figura 10**  
**Ejemplo de tanques de lixiviación (foto: John Neal, Mintek).**

### Comparación de las dos técnicas de lixiviación

La lixiviación en tanque o en embalse puede constituir una alternativa a la lixiviación en pilas en las regiones desérticas en las cuales el agua es escasa y la evaporación es intensa<sup>100</sup>. Además es eficaz, pues se puede recuperar hasta un 98% del oro presente en la roca<sup>101</sup>, una tasa mucho mayor a la de la lixiviación en pilas. Otra ventaja: las instalaciones de la lixiviación dinámica tienen una extensión menor que en el caso de la lixiviación en pilas. Además los tiempos de tratamiento de la roca son menores (solamente unos días).

Sin embargo, la mayor desventaja de la lixiviación en tanques viene de sus costos mucho más elevados y de la complejidad de su diseño<sup>102,103</sup>. Por esta razón, la tendencia es optar por el proceso de lixiviación en pilas. En 2000, la lixiviación en pilas representó el 55 % de la producción mundial de oro, mientras que la lixiviación en tanques o embalses llegó solo al 25%<sup>104</sup>. El otro 20% de la producción correspondió a otras técnicas como el uso del tiosulfato, la tiourea, el cloro, el yodo o el bromo, y a través de la explotación artesanal.

<sup>100</sup> Métallurgie de l'or – Procédés, E. Jdid, P. Blazy, op. cit (supra n. 61), capítulo 2.

<sup>101</sup> Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p. 3.

<sup>102</sup> Métallurgie de l'or – Procédés, E. Jdid, P. Blazy, op. cit (supra n. 61), capítulo 2.

<sup>103</sup> Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p. 2.

<sup>104</sup> Gold & Silver, Energy and Environmental Profile of the U.S. Department of Energy, US Department of Energy, p. 7- 5, <http://www1.eere.energy.gov/industry/mining/pdfs/gold-silver.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

## Separación del oro y del cianuro

Una vez que el oro extraído se encuentra en la “solución preñada”, en forma líquida y vinculado al cianuro a través del complejo dicianoaurato de sodio se procede a su recuperación. Para recuperar el oro sólido, se necesita romper los enlaces entre los átomos de oro (Au) y los cianuros (CN).

Esta etapa se puede hacer mediante varias técnicas. Los dos métodos más populares en la industria son i) la precipitación sobre polvo de zinc ii) la adsorción<sup>105</sup> sobre carbón.

### Separación del oro y el cianuro con polvo de zinc: proceso Merrill-Crowe

En este proceso se saca previamente el oxígeno y se ciernen las partículas sólidas de la solución de dicianoaurato de sodio. Esquemáticamente, el proceso responde a la reacción química general siguiente<sup>106</sup>:



*Explicación:* El zinc (Zn) reacciona con el complejo oro-cianuro y forma un complejo zinc-cianuro  $\text{ZnAu(CN)}_2$ . El oro (Au) es separado y se vuelve sólido, mientras que se forma el complejo zinc cianuro  $\text{NaZn(CN)}_4$ . Se añade generalmente una sal de plomo para evitar que el oro envuelva al zinc y lo vuelva inoperante<sup>107</sup>. Una vez efectuada la reacción se recupera el oro sólido por filtración.

### Separación del oro y el cianuro con carbón

El carbón es un material muy poroso. En una serie de tanques donde se ha colocado el carbón se vierte la solución que contiene dicianoaurato de sodio. Los átomos de oro son adsorbidos<sup>108</sup> en los poros del carbón. Así, la alta porosidad del carbón permite “filtrar” la solución y retener únicamente los átomos de oro. Luego, para la separación del carbón y del oro, se usa de nuevo una solución de cianuro. Después el oro es separado del cianuro con zinc o por electrolisis<sup>109</sup>.

Cualquiera sea la técnica de separación usada, se produce nuevamente el compuesto de cianuro de sodio NaCN en la solución de residuos, que queda al final

<sup>105</sup> La adsorción del oro sobre el carbón es un proceso en el cual los átomos de oro son atraídos por los poros del carbón, en los cuales se fijan sólidamente, lo que permite separarlos del cianuro.

<sup>106</sup> CIM bulletin, Volume 76, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1983, p.164.

<sup>107</sup> Study of Merrill-Crowe processing. Part I : Solubility of zinc in alkaline cyanide solution, Gexla Chi, Maurice C. Fuerstenau, John O. Mardsen, International Journal of Mining Processing, 1997.

<sup>108</sup> Ver nota 81.

<sup>109</sup> Métallurgie de l'or – Procédés, E. Jdid, P. Blazy, op. cit (supra n. 61), capítulo 2.

del proceso<sup>110</sup>. Este cianuro de sodio puede ser reciclado para servir de nuevo en la etapa de lixiviación de una nueva carga de roca. Sin embargo, la solución que lo contiene no puede ser infinitamente reciclada, dado que en algún momento está demasiado cargada de tiocianatos y de varios complejos metal-cianuro, lo que afecta su eficiencia<sup>111</sup>. En consecuencia, luego de haber servido varias veces, la solución se vuelve un desecho del proceso, y es acumulada en un dique de almacenamiento.

<sup>110</sup> From single-substance evaluation to ecological process concept: the dilemma of processing gold with cyanide, F. Korte y F. Coulston, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 32, 96-101 (1995).

<sup>111</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. Lottermoser, *op. cit.* (supra n. 15), p.189

## VII. Los desechos

En la mayoría de los procesos mineros, la roca extraída se encuentra en un cierto estado químico en el subsuelo. Este estado va a cambiar necesariamente cuando la roca sea llevada a la superficie de la tierra y expuesta al aire y a las precipitaciones, o tratada con productos químicos.

Esta modificación del estado químico de la roca, así como su mezcla con productos tóxicos como el cianuro es el origen de los desechos producidos por la explotación minera de oro. Estos desechos se pueden clasificar en 3 categorías:

- los estériles que son rocas no tratadas,
- los desechos sólidos después del tratamiento de la roca,
- los desechos líquidos después del tratamiento de la roca.

Cada tipo de desecho puede tener un impacto irreversible sobre el medio ambiente.

### Los estériles

Las grandes cantidades de roca que sacan del subsuelo las empresas mineras y que no contienen oro en concentración suficiente se las llama rocas estériles. Estas rocas estériles constituyen el primero desecho de una explotación minera. Las aguas de lluvia, al contacto con ciertos tipos de rocas estériles (las rocas azufradas), acidifican las corrientes de ríos o arroyos, con consecuencias catastróficas para los ecosistemas, es lo que se llama “drenaje ácido de mina”<sup>112</sup>. Además, estas rocas pueden estar cargadas de metales pesados que una vez traídos a la superficie de la tierra, son movilizados por las aguas de lluvia y pueden difundirse en las aguas naturales, con consecuencias desastrosas.

En promedio las rocas estériles son de 2 a 10 veces más abundantes que la roca útil<sup>113</sup>. Por ejemplo, el yacimiento de Pascua-Lama en la frontera Chile-Argentina, tiene una proporción “desechos-roca útil” de 3 a 1. Esto significa que, por cada cuatro toneladas de roca desplazada, tres son desechos y una es procesada con cianuro. En el caso de ciertas minas de Australia y de América Latina, esta proporción puede alcanzar 20 a 1<sup>114</sup>.

<sup>112</sup> Tailings management in gold plants, G.M. Ritcey, *Hydrometallurgy*, 78 (2005) 3–20.

<sup>113</sup> Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability?, G. M. Mudd, *op. cit.*, supra n. 5.

<sup>114</sup> *Ibid.*

## Los desechos sólidos

Estos desechos representan la parte descartada de la roca tratada (aquella que no contiene oro en concentración suficientemente alta). La explotación industrial aurífera actual genera grandes cantidades de desechos sólidos debido a que la concentración de metal de los yacimientos explotados es muy baja, apenas 0.5 gramos por tonelada. En estos casos extremos, para obtener 0,5 gramos de oro, se producen 999,9995 kilogramos de desechos sólidos. En el caso de la lixiviación en pilas, una buena parte de estos desechos se quedan en las pilas de lixiviación ya tratadas. En el caso de la lixiviación dinámica, gran cantidad de desechos se encuentra en los residuos del tratamiento es decir las colas o relaves (tailings en inglés).

### Producir un anillo de oro de 10 gramos...\*

#### ... genera un promedio de:

- 20 toneladas de desechos sólidos (10 toneladas de rocas estériles y 9,99999 toneladas de desechos procesados con cianuro);
- 110 kg de dióxido de carbono (el equivalente de un viaje de 500 kilómetros en carro).

#### ... consume un promedio de:

- 1,5 kilogramos de cianuro;
- 7000 litros de agua.

---

\*se consideran las estimaciones siguientes (tomadas de G. Mudd, op. cit supra n.5): una proporción de 2 toneladas de desechos por tonelada de roca procesada, un consumo de cianuro de 160 kilogramos por kilogramo de oro, de 691.000 litros de agua por kilogramo de oro producido, y una producción de 11.5 toneladas de CO2 por kilogramo de oro. Estas estimaciones son relativamente bajas.

En el caso de la lixiviación en pilas, una vez que las pilas han sido tratadas por el cianuro y que el oro ha sido extraído, estas pilas de roca constituyen una gran cantidad de desechos. Esta roca, además de ser altamente alcalina<sup>115</sup>, está cargada con varios tipos de cianuros (mencionados en el capítulo III).

En el caso de la lixiviación dinámica, la roca reducida en partículas de la cual ha sido extraído el oro, está igualmente cargada con varios tipos de cianuros.

<sup>115</sup> Al igual que un medio demasiado ácido, un medio demasiado alcalino es destructor para la fauna y la flora.

## Los desechos líquidos

Son las aguas cargadas de cianuro que sirvieron para tratar la roca, pero cuya composición no permite que sean recicladas. Estas aguas contienen diferentes tipos de cianuros de toxicidad variable, como cianuros libres, complejos metal-cianuro, cianatos, tiocianatos, y numerosas otras especies químicas disueltas. Estas aguas (que en caso de la lixiviación en tanques, son las colas) son acumuladas en diques de almacenamiento o son descargadas en los ríos o los océanos<sup>116</sup>.



**Figura 11**  
**Descarga de colas en el Océano en la bahía de Calanacan, mina de Marcopper, Filipinas (foto: Catherine Coumans)<sup>117</sup>.**

## Las normas aplicables para la descarga de aguas usadas

Antes de descargar los desechos en el medio ambiente, las empresas mineras deben, generalmente, proceder a un tratamiento de los desechos cianurados. Como se puede ver en el Cuadro 2 numerosos países y agencias de protección ambiental han impuesto estándares para las descargas de estos desechos en aguas de superficie y de alcantarillas:

**Cuadro 2**  
**límites estándares para las descargas de desechos cianurados<sup>118</sup>.**

Environmental Protección Agency (EPA), Estados Unidos.	Agua potable: 0.2 miligramos por litro	Agua de ecosistema acuático: 0.05 miligramos por litro
Alemania y Suiza	Aguas de superficie: 0.01 miligramos por litro	Aguas de alcantarillado: 0.5 miligramos por litro
México	0.2 miligramos por litro	
Central Pollution Control Board, India	0.2 miligramos por litro	

<sup>116</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. Lottemoser, op. cit. (supra n. 15), p.190.

<sup>117</sup> Submarine tailings disposal, Mining's Problem with Waste, Catherine Coumans, MiningWatch Canada, 2002. <http://wman-info.org/resources/technicalreports/Submarine%20Tailings%20Disposal%20Toolkit.pdf>, 17 de septiembre 2010.

<sup>118</sup> Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment, Rajesh Roshan Dash, Abhinav Gaur, Chandrajit Balomajumder, Journal of Hazardous Material, 163, 2009, 1-11.

Las concentraciones de cianuro típicas de los efluentes (desechos) provenientes de la extracción de oro oscilan entre los 40 miligramos por litro y los 2000 miligramos por litro de cianuro<sup>119</sup>. Así, para llegar a las concentraciones autorizadas (inferiores a 0.2 miligramos por litro), la industria minera tiene que proceder a un tratamiento intenso de sus desechos cianurados antes de descargarlos en el medio ambiente. Sin embargo, al contrario de los límites que existen para el agua, en general no existen regulaciones para los niveles de cianuros descargados al aire o al suelo.

<sup>119</sup> The Management of Cyanide in Gold Extraction, M. J. Logsdon et al, op. cit (supra n. 2), p.17.

## VIII. Técnicas de tratamiento de los desechos cianurados – principios y limitaciones

Existen varios procesos para mitigar los altos niveles de cianuro contenidos en las soluciones de desechos. Se pueden clasificar en las categorías siguientes:

- Mitigación natural,
- Mitigación natural mejorada,
- Mitigación procesada.

### Mitigación Natural

En general, el cianuro libre no permanece mucho tiempo en las aguas usadas dispuestas en los embalses de las explotaciones mineras, o en la aguas de superficie y en el suelo<sup>120</sup> (sin embargo, puede permanecer durante periodos largos en las aguas subterráneas<sup>121</sup>). El cianuro libre se volatiliza en forma de cianuro de hidrógeno, que se va diluyendo en la atmósfera. La volatilización es más eficaz en un medio oxigenado con alta temperatura<sup>122</sup>.

Se estima que cada año, los pozos de almacenamiento de desechos cianurados emanan al aire 20.000 toneladas de cianuro de hidrógeno<sup>123</sup>. Estos vapores pueden ser transportados por el viento a distancias considerables. Además, debido a que el cianuro de hidrógeno es muy estable, puede permanecer en la atmósfera durante años antes de ser degradado<sup>124</sup>. Las consecuencias de estas emanaciones para el medio ambiente son aún desconocidas.

El mayor proceso de degradación natural, después de la formación de cianuro de hidrógeno con el cianuro libre, es la disociación de los complejos metal-cianuro. Esta degradación natural ocurre en los desechos mineros como las pilas de lixiviación abandonadas o las aguas usadas. Sin embargo, los complejos metal-cianuro formados en el tratamiento de la roca por la solución de cianuro, permanecen más tiempo en las aguas usadas y en los desechos sólidos. Algunos

<sup>120</sup> Evaluation and Review Report, Ministry for the Environment, New Zealand, Abril 2007, op. cit. (supra n. 31), p.459, p. 464.

<sup>121</sup> Cyanide Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrate: A Synoptic Review. R. Eisler, 1991, op. cit. (supra n. 23), p.19.

<sup>122</sup> Evaluation and Review Report, Ministry for the Environment, New Zealand, Abril 2007, op. cit. (supra n. 31), p. 464.

<sup>123</sup> Some Considerations on the Impact on Ecological Chemical Principles in Practice with Emphasis on Gold Mining and Cyanide. F. Korte y F. Coulston, op. cit. (supra n. 65), p.125.

<sup>124</sup> On the stratospheric chemistry of hydrogen cyanide, Kleinböhl, A., G. C. Toon, B. Sen, J. L. Blavier, D. K. Weisenstein, R. S. Strekowski, J. M. Nicovich, P. H. Wine, and P. O. Wennberg, 2006, Geophys. Res. Lett., 33.

complejos débiles se disocian fácilmente, mientras que los otros necesitan ser tratados por una mitigación procesada.

El proceso de disociación natural implica la acidificación de los desechos al contacto con las lluvias y el dióxido de carbono del aire (durante el tratamiento por el cianuro, la roca se mantiene alcalina artificialmente). Esta acidez permite que se disocien los complejos metal-cianuro, es decir se rompan los enlaces que unen los metales al cianuro. Una vez liberado el cianuro, se forma el cianuro de hidrógeno.

Las bacterias naturalmente presentes en los pozos de almacenamiento y el oxígeno del aire pueden provocar una oxidación natural de estos desechos. En este caso, el cianuro se transforma en cianato.

En el caso de los desechos líquidos, la luz del sol puede contribuir a la disociación de unos complejos metal-cianuro. Sin embargo, no es generalmente el proceso dominante de degradación natural. Además, la luz no es capaz de disociar el cianuro libre ni a una buena parte de los complejos metal-cianuro<sup>125</sup>. Solamente los complejos fuertes como el cianoferrato son muy sensibles a la luz del sol<sup>126</sup>. Este proceso es muy lento por lo que no logra concretarse durante la noche o si el cielo esta nuboso<sup>127</sup>.

En cuanto a las pilas de lixiviación, las aguas de lluvia las enjuagan naturalmente y pueden disolver el cianuro que contienen, y así contribuir al restablecimiento de una acidez normal (en este caso, estas aguas de enjuague se descargan en los pozos de almacenamiento).

En conclusión, los procesos de degradación naturales generalmente toman varios meses, o inclusive varios años<sup>128</sup>. En la mayoría de los casos, esta falta de rapidez no permite que los niveles de cianuro se reduzcan de manera aceptable<sup>129</sup>. Además, el almacenamiento durante largo tiempo, de aguas usadas, aumenta considerablemente los impactos para el medio ambiente (muerte de especies, riesgo de derrames, etc).

<sup>125</sup> Cyanide remediation: current and past technologies, C.A. Young and T.S. Jordan, Department of Metallurgical Engineering, Proceedings of the 10th Annual Conference on Hazardous Waste Research, p.115.

<sup>126</sup> Ibid.

<sup>127</sup> Photoassisted electron transfer reactions of application to mine wastewater cleanup: metal-complexed cyanides mine waste technology, program activity iv, project 3a, Montana Tech of the University of Montana, MSE-TA, Inc., U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development National Risk Management Research laboratory, U.S. Department of Energy, julio de 1998, p.3. <http://www.epa.gov/hardrockmining/a4/a4p3a.pdf>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>128</sup> Technical report: treatment of cyanide heap leaches and tailings, U.S. Environmental Protection Agency, op. cit. (supra n. 64), p.18.

<sup>129</sup> "While natural degradation does not require capital investment or chemical costs, it may never reduce cyanide levels to within the limits specified by state agencies", Ibid.

## Mitigación natural mejorada

La industria trata de aprovechar la existencia de estos procesos naturales a fin de tratar los desechos cianurados. Medidas simples pueden aumentar su eficacia. Por ejemplo, los pozos de almacenamiento pueden ser lo más anchos posible para aumentar el contacto con el aire y con ello la velocidad de acidificación. Por otra parte, mover mecánicamente las aguas usadas puede ayudar a vaporizar el cianuro de forma natural.

En cuanto a la pilas de lixiviación, se pueden enjuagar repetitivamente con agua para lograr niveles aceptables de acidez. Sin embargo, grandes volúmenes de agua son necesarios para proceder a este tratamiento, lo que incrementa el consumo de agua. La eficiencia de esta técnica para tratar las pilas adecuadamente no está comprobada.

## Mitigación procesada

Como hemos visto, en la mayoría de casos, la mitigación natural no es suficiente y los desechos cianurados producidos tienen que seguir un tratamiento adicional para no ser catastróficos cuando se los descargue en el medio ambiente, y intentar alcanzar los niveles de concentración impuestos por las regulaciones.

Se ha desarrollado muchas técnicas para reducir las concentraciones en cianuro de los desechos mineros. La gran mayoría de estos métodos consiste en la acidificación del medio y/o la oxidación de los cianuros<sup>130</sup>.

## Agua oxigenada (proceso Degussa)

Algunas de estas técnicas requieren el uso de un componente capaz de oxidar al cianuro. Es el caso del agua oxigenada (a la cual se puede añadir ácido sulfúrico, y cobre para catalizar las reacciones), usada en el método conocido como el proceso Degussa, que permite convertir los cianuros libres y los complejos metal-cianuro débiles en cianatos<sup>131</sup>.

## Proceso INCO

Otra técnica usa sulfuro (el dióxido de sulfuro), que permite la oxidación de cianuros en cianatos. El proceso INCO, utiliza el aire con agua y dióxido de sulfuro para oxidar el cianuro libre y la mayoría de los complejos metal-cianuro (excepto los cianuros de hierro). Se usa principalmente cuando la roca contiene sulfatos de hierro o si los complejos de hierro están presentes en concentraciones consi-

<sup>130</sup> Mosher, J.B., Figueroa, A., 1996. Biological oxidation of cyanide: a viable treatment option for the mineral processing industry. *Mineral Engineering* 9 (5), 573–581.

<sup>131</sup> Cyanide Management, Best Practice, Environment Australia, op. cit. (supra n. 34), p.33.

derables en las aguas usadas<sup>132</sup>. Esta técnica es rápida, de bajo costo y consume bajas cantidades de reactivos en comparación con otros procesos. Sin embargo, según el hidrogeólogo Robert Moran, “mientras el proceso INCO reduce eficazmente la concentración de cianuro, también implica la formación de grandes volúmenes de productos que pueden ser tóxicos para los organismos acuáticos, como: cianatos, tiocianatos, sulfatos, amoníaco, nitratos, cianuros libres, así como altos niveles de concentración de cobre”<sup>133</sup>.

## Cloro

Es un proceso más antiguo que usa cloro, para degradar los cianuros en tiocianato y cianato. Esta técnica implica la formación temporal de compuestos tóxicos como el cloro cianógeno, y otros altamente tóxicos para la fauna acuática, como algunos complejos metal-cianuro fuertes, cloramino, y amoníaco<sup>134</sup>.

## Acidificación

También existen técnicas que aceleran la acidificación de los desechos, agregando compuestos como el ácido sulfúrico. Este proceso conlleva a la emanación brutal de vapores de cianuro de hidrógeno, por lo que se necesita una tecnología de control muy segura para proteger a los trabajadores.

## Otros procesos

Finalmente, existen procesos que usan ozono, biodegradación con bacterias, luz solar catalizada por dióxido de titanio, adición de hierro que provoca la formación de metales sólidos, etc., pero se implementan más raramente porque son costosos, parcialmente eficaces o todavía en etapa experimental<sup>135,136</sup>.

<sup>132</sup> More Cyanide Uncertainties Lessons From the Baia Mare, Rumania, Spill, Water Quality and Politics, R. Moran, Mineral Policy Center, 2001, p.9. <http://www.miningwatch.ca/en/more-cyanide-uncertainties-lessons-baia-mare-romania-spill-water-quality-andpolitics>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>133</sup> “While this process does greatly reduce free cyanide concentrations, it results in the formation of several other byproducts that may be toxic to aquatic organisms, such as: cyanate, thiocyanate, sulfate, ammonia, nitrate, some free cyanide, and elevated copper concentrations”, *Ibid*.

<sup>134</sup> *Ibid*.

<sup>135</sup> Destruction of cyanide waste solutions using chlorine dioxide, ozone and titania sol, J.R. Parga, S.S. Shukla, F.R. Carrillo-Pedroza, *Waste Management* 23 (2003) 183–191.

<sup>136</sup> Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment, R. R. Dash et al., *op. cit.* (supra n. 3).

## Conclusión

La mayoría de las técnicas de tratamiento de desechos llevan a la formación de cianatos, compuestos tóxicos para la vida acuática y complejos metal-cianuro cuya toxicidad no está identificada (ver capítulo IX). Al final de todo el proceso de tratamiento, la mayoría de las técnicas provocan la formación de nitrógeno, nitratos y de amoníaco, cuya presencia en el medio ambiente también tiene impactos mayores. Por ejemplo, pueden aumentar la carga de metales pesados en el agua<sup>137</sup>, cuyo impacto puede ser severo para los ecosistemas. En cuanto al amoníaco, su presencia en el agua es indeseable, porque su toxicidad es muy alta para los peces, pues es comparable a la del cianuro libre<sup>138</sup>. Por otro lado, las grandes cantidades de desechos producidos por el proceso de cianuración implican fatalmente el uso de grandes cantidades de reactivos para tratarlos (cuya fabricación y transporte pueden generar otros impactos en el medio ambiente). Además, estos reactivos tienen a su vez el inconveniente de producir otros desechos peligrosos<sup>139</sup>, es decir “mucho de ellos, por sí solos, requieren o producen químicos que tienen un impacto ecotóxico<sup>140</sup>”.

<sup>137</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. Lottermoser, op. cit. (supra n. 15), p.191.

<sup>138</sup> More Cyanide Uncertainties Lessons From the Baia Mare, Rumania, Spill, Water Quality and Politics, R. Moran, op. cit. (supra n. 105), p.10.

<sup>139</sup> Destruction of cyanide waste solutions using chlorine dioxide, ozone and titania sol, J.R. Parga, op. Cit. (supra n. 108).

<sup>140</sup> “Many require or produce chemicals that have an ecotoxicological impact in their own right”, Cyanide Management, Best Practice, Environment Australia, 2003, op. cit. (supra n. 34), p.32

## IX. Omisiones preocupantes en los análisis de las aguas contaminadas

Actualmente, al monitorear las aguas contaminadas, la industria minera, al igual que las instancias de regulación y los laboratorios, toman en cuenta sólo las concentraciones de cianuro libre y de complejos metal-cianuro<sup>141</sup>.

Según varios autores<sup>142,143</sup> estos métodos son claramente insuficientes para caracterizar la toxicidad de las aguas usadas. Por ejemplo, no se toman en cuenta algunos productos tóxicos, peligrosos para la fauna acuática, que resultan de la degradación del cianuro. Es el caso de los cianatos y tiocianatos<sup>144</sup>. En efecto, una muestra de aguas usadas puede tener concentraciones bajas o no detectables en complejos metal-cianuro, y sin embargo presentar concentraciones de hasta decenas de miligramos por litro o más, en cianatos o tiocianatos (es decir un nivel de concentraciones tóxicas para los peces)<sup>145</sup>.

Además, los desechos provenientes de la extracción del oro contienen una alta variedad de mezclas de complejos metal-cianuro, potencialmente tóxicas, cuyos riesgos para los ecosistemas son desconocidos y difíciles de cuantificar. Según el hidrogeólogo Robert Moran, "existe una incertidumbre considerable en cuanto a la real toxicidad de algunas variedades de cianuros para los organismos vivientes", debido a la complejidad de los compuestos presentes en estas aguas. El mismo Moran cuenta cómo en un experimento realizado en Estados Unidos, muestras de desechos, tratados respetando las normas impuestas por las regulaciones, seguían siendo tóxicos para organismos vivientes<sup>146</sup>.

<sup>141</sup> Cyanide Facts: Sampling and Analysis of Cyanide in Gold Mining Operations, International Cyanide Management Institute, Washington, E.E. U.U, 2006-2010. <http://www.cyanidecode.org/>, el 3 de septiembre 2010.

<sup>142</sup> Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, R. Moran, op. cit. (supra n. 8).

<sup>143</sup> Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts, B. Lottemoser, op. cit. (supra n. 15), p. 191.

<sup>144</sup> State-of -the-Art Processes for the Treatment of Gold Mill effluents, Ingles, J. and J. S. Scott, 1987, Industrial Programs Branch, Environment Canada, Ottawa, ON; Acute Toxicity of Thiocyanate to Trout, Heming, T., R.V. Thurston, E. L. Meyn, and R. Zajdel, Trans. Am. Fish Soc., 1985, V.114, p. 895-905; Factors Influencing Thiocyanate Toxicity in Rainbow Trout *Salmo gairdneri*, Heming, T. A. and K. A. Blumhagen, 1989, Bull. Environ. Contam. Toxicol., V. 43, p. 363-369.

Todos estos artículos están citados en Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, R. Moran, op. cit. (supra n. 8).

<sup>145</sup> Cyanide uncertainties. Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-related Waters, R. Moran, op. cit. (supra n. 8), p.4.

<sup>146</sup> More Cyanide Uncertainties Lessons From the Baia Mare, Rumania, Spill, Water Quality and Politics, R. Moran, op. cit. (supra n. 105), p.9.

De estos resultados, se puede concluir que las minas pueden cumplir con los objetivos planteados por las leyes, sin que eso garantice que su impacto en el medio ambiente y la salud pública sea mínimo.

Este problema proviene de los límites de la ciencia para explicar y predecir el comportamiento de la naturaleza. El uso de cianuro en la industria del oro implica una generación continua y a largo plazo de descargas de cianuros en niveles mucho mayores a las cantidades encontradas naturalmente.

Sin lugar a dudas, una vez el cianuro liberado en el medio ambiente -cualquiera sea su forma-, implica una serie de interacciones con el biótomo, de naturaleza física, química y bioquímica, cuya complejidad hace imposible una descripción aceptable de las consecuencias sobre la fauna, la flora y la salud pública.

Como le señala el sociólogo Nahide Konak, estas incertidumbres "cuestionan seriamente [...] la proposición según la cual la ciencia y la tecnología juegan un papel dominante en la protección del medio ambiente. Al contrario, las evidencias muestran que mientras existan incertidumbres, la ciencia y la tecnología perpetúan la deterioración del medio ambiente"<sup>147</sup>.

<sup>147</sup> "Seriously challenges one of the propositions of ecological modernization theory, namely, that science and technology play the most significant role in environmental protection. On the contrary, the evidence suggests that as long as scientific uncertainty exists, science and technology perpetuate environmental deterioration". Ecological Modernization and Eco- Marxist Perspectives: Globalization and Gold Mining Development in Turkey, N. Konak, Capitalism Nature Socialism, volume 19, 4, diciembre 2008.

## X. Diferentes fuentes de contaminación por cianuro y sus consecuencias debido a la actividad minera

En el capítulo precedente, se trató de los vacíos en la regulación de las concentraciones en cianuro contenido en los desechos de la industria minera, y sus posibles impactos en el medio ambiente.

Por cierto, la descarga periódica de las aguas usadas en los ríos o los océanos con cianuros de toxicidad moderada no es la única fuente de contaminación por cianuros del medio ambiente.

### Varias fuentes de fuga

Según un informe del gobierno australiano, "aun en condiciones normales de funcionamiento de la mina, cantidades de cianuro pueden perderse durante todas las etapas, desde la preparación del cianuro hasta la descarga en los depósitos de relave"<sup>148</sup>. Estas fugas pueden ocurrir:

- durante el transporte de los desechos a los pozos de almacenamiento;
- en válvulas, debido a errores humanos o explosiones de tubería;
- filtración en pozos de almacenamiento de los desechos o de la solución "preñada";
- filtración en las pilas de lixiviación<sup>149</sup>;
- de minas abandonadas, cuyo propietario ya no existe o se declaró en bancarrota (una situación muy común).

Estas pérdidas pueden provocar contaminaciones de grado variable de las aguas de superficie y subterráneas. Eso hace concluir a los expertos australianos que "en las instalaciones en operación, el cianuro llegará de una u otra manera al medio ambiente"<sup>150</sup>. Recordemos que en este caso, el cianuro que llega a las aguas posiblemente no ha sido sometido a ningún tratamiento.

En caso de fugas pequeñas, el cianuro puede ser degradado y atenuado rápidamente. Sin embargo, si los niveles de fugas son considerables (o que puede decir poco en cantidad dada la alta toxicidad del cianuro), puede tener un impacto mayor sobre los ecosistemas y la calidad del agua de los alrededores.

<sup>148</sup> "Cyanide may be lost during all stages of normal mining operations from preparing reagents through to waste disposal.", Cyanide Management, Best Practice, Environment Australia, 2003, op. cit. (supra n. 34), p.40.

<sup>149</sup> Ibid.

<sup>150</sup> "In open circuit systems in widespread use today, cyanide will eventually find its way into the natural environment even with the most careful precautions ", Ibid. , p. 39.

## Accidentes mayores

Una de las amenazas mayores que representa el uso de cianuro en la minería, viene sin duda de los riesgos de grandes accidentes. Las mayores fugas de cianuro y los accidentes más graves de la historia de la mina de oro han sido provocados por rupturas de diques que contienen las aguas residuales o el colapso de las estructuras de las pilas.

El gran número de accidentes ocurridos en todas partes del planeta, y sus consecuencias catastróficas para el medio ambiente, recuerdan que no existen lugares en donde el uso de cianuro en la minería es seguro. Las lluvias excepcionales son responsables de muchos accidentes porque los desechos rebasan las presas, o provocan el colapso de los diques.

El siguiente cuadro muestra un recuento histórico de los accidentes mayores de las últimas décadas:

**Cuadro 3**  
**Principales accidentes de los últimos 30 años en la minería de oro<sup>151</sup>.**

Fecha	Sitio	Empresa	Tipo y cantidades de contaminantes	Consecuencias
1978	Mochikoshi, Japón		Colapso de una represa debido a un terremoto. 80 000 m <sup>3</sup> .	
1979	Arcturus, Zimbawe.		Residuos de tratamiento rebasaron un dique después de lluvias continuas de varios días, 30.000 toneladas.	
1979-1999	Mina de Zortman-Landusky, Montana, E.E.U.U	Pegasus Corp. (Canadá)	Repetición de varios derrames.	
1985	Olinghouse, Wadsworth, Nevada, USA	Olinghouse Mining Co.	Saturación de un dique, 25.000 m <sup>3</sup> de residuos de tratamiento.	fluyeron 1.5 km aguas abajo.
1986-1992	Mina de Summitville, Colorado, U.S.A.	Galactic Resources Ltd	Derrame de cianuro y otros contaminantes..	Graves problemas ambientales 27 km aguas abajo en el río Alamosa.

<sup>151</sup> R. Moran op. cit (supra n.8), Lottemoser op. cit. (supra n. 15), Dzomback op. cit. (supra n. 10), Wise Uranium Project, <http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. (el 3 de septiembre 2010). Para otros accidentes de menor amplitud, ver también <http://www.rainforestinfo.org.au/gold/spills.htm>, el 3 de septiembre 2010.

1991	E.E.U.U		Rebase de una represa. 39 000 m <sup>3</sup> de desechos cargados de cianuro.	
1993				
	Marsa, Perú	Marsa Mining Corp.	Colapso de una represa después de su rebase.	6 personas muertas.
22/02/1994	Harmony, Merriespruit, África del Sur.	Harmony Gold Mines	Colapso de una represa después de lluvias fuertes. 600,000 m <sup>3</sup> .	residuos viajaron 4 km aguas abajo, 17 personas murieron.
11-14/03/1995	Utah, E.E.U.U USMX Mine		Derrame de 26,5 millones de litros de solución de cianuro con una concentración de 0.2 miligramos por litro.	
1995	Omai, Guyana. Mina de Omai.	Cambior (ahora lamgold).	Colapso de una presa de residuos sólidos. 4.2 millones de m <sup>3</sup> de desechos cargados de cianuro.	Afectó al río Essequibo, hasta 80 km aguas abajo de la mina.
1995	Australia		Colapso de una represa. 40 000 m <sup>3</sup> de desechos cargados de cianuro.	
1995	Surigao del Norte, Philippines.		Colapso de una represa, 50.000 m <sup>3</sup> de desechos cargados de cianuro.	
1995	Australia		Rebase de una represa 5000 m <sup>3</sup> de aguas cargadas de cianuros.	
1997	Nevada, U.S.A. Gold Quarry Mine		Después del colapso de una pila de lixiviación, derrame de casi 1000 m <sup>3</sup> de solución cianurada en dos quebradas locales.	
1989 y 1990	Echo Bay Company's mina McCoy/Cove en Nevada, E.E.U.U		Una serie de ocho derrames descargaron un total de 400 kg de cianuro en el medio ambiente.	
29/05/98	South Dakota, E.E.U.U, Mina Homestake.		Derrame de 6-7 toneladas de residuos cianurados en la cuenca de Whitewood.	Muerte sustancial de peces.
1998	E.E.U.U		Explosión de una tubería. Toneladas de aguas cargadas de cianuro.	
1998	Kyrgystan		Accidente de transporte. 1,7 toneladas de cianuro de sodio sólido.	Derrame en un río local. Más de mil personas hospitalizadas.



26/04/1999	Placer, Surigao del Norte, Filipinas	Manila Mining Corp. (MMC).	Derrame de residuos de tratamiento de un tubo de cemento dañado. 700.000 toneladas de residuos cianurados.	
2000	Papúa, Nueva Guinea		Accidente de transporte. 150 kg de cianuro de sodio sólido.	Derrame en un río local.
30/01/2000	Baia Mare, Rumania	Aurul S.A. (Esmeralda Exploration (50%), Remin S.A. (44.8%)),	Colapso de una represa de antiguos residuos de tratamiento después de fuertes lluvias y nieve. 100,000 m <sup>3</sup> de derrame de solución contaminada con cianuro.	Contaminación del río Somes/ Szamos, afluente del río Tisza. 1200 toneladas de peces muertos. 2 millones de personas sin agua potable en Hungría.
30/04/2006	cerca Miliang, Condado Zhen'an, Shangluo, Provincia de Shaanxi, China,	Mining Co. Ltd.	Colapso de una presa de residuos. Derrame de cianuro de potasio en el río Huashui.	contaminando 5 km aguas abajo.
23/10/2004	Ghana, Dumase,	Bogoso Gold limited	Derrame (cantidad no medida) de cianuro desde un dique de colas.	Centenares de peces muertos. Río Aprepa. Poblaciones sin agua potable y enferma.
16/06/2006	Ghana, Dumase, dos años más tarde.	Bogoso Gold limited,	Derrame (cantidad no medida) de cianuro desde un dique de colas.	Centenas de peces muertos. Río Aprepa.
29/08/2009	Karamken, región de Magadan, Rusia		Colapso de dique después de lluvias fuertes.	Al menos un muerto.

El mayor accidente de estos últimos años es sin duda el de Baia Mare en Rumania. Concentraciones de cianuro sumamente altas se midieron cientos de kilómetros aguas abajo del río más cercano al sitio de la mina. Éstas provocaron la muerte de cientos de toneladas de peces, mientras 2 millones de personas se encontraron sin agua potable.

### **Conclusiones sobre las descargas de cianuro en el medio ambiente por parte de la industria minera**

El examen de los diferentes desechos de la minería de oro muestra que la descarga de cianuro en el medio ambiente es continua. Con impactos crecientes, la descarga permanente de los desechos cianurados tratados, los derrames pequeños y los accidentes mayores, muestran que cantidades inaceptables de este producto entran permanentemente en el medio ambiente. Por lo tanto, el discurso de la industria según el cual el uso de cianuro es seguro se revela insostenible.

## XI. Regulaciones alrededor del mundo para el uso del cianuro

El accidente de Baia Mare despertó la opinión pública en Europa en el reclamo de poner fin al uso del cianuro en las minas de oro. Uno de los mensajes más fuertes fue el de la llamada “declaración de Berlín sobre la minería de oro”. Esta declaración, firmada por numerosos académicos, representantes de la sociedad civil, y la Ministra del medio ambiente de Alemania y publicada por el periódico científico *Ecotoxicology and Environmental Safety*<sup>152</sup>, proclamaba los cinco puntos siguientes:

1. Análisis científicos críticos comprueban enfáticamente que el proceso de lixiviación con cianuro es inaceptable porque provoca efectos irreversibles en los ecosistemas. Las tecnologías de tratamiento son limitadas. No pueden garantizar una minería de oro segura.
2. Está comprobado que ocurren accidentes periódicamente en las zonas tropicales y subtropicales. Las tecnologías usadas para reducir el riesgo no son monitoreables y no pueden ser controladas. Rupturas de diques, derrames, accidentes de transporte y otros pequeños accidentes, indican que las empresas no actúan con cuidado.
3. Análisis económicos indican que las actividades de los principales productores de oro: Anglo Gold (África del Sur/Inglaterra), GoldFields (África del Sur), Rio Tinto (Inglaterra/Australia), Newmont (Estados Unidos), Barrick Gold (Canadá), BHP (Australia), están concentradas en países pobres, regiones con costos de producción bajos, estándares legales y controles insuficientes.
4. Análisis de los efectos sociales y de la situación humanitaria, comprueban que no existen efectos positivos de la minería que usa el cianuro. Después de las ganancias (más empleos) siempre viene una caída permanente de los estándares precedentes.
5. Por ello, la minería de oro contradice permanentemente la declaración de Río de 1992. Destruye, a largo plazo, las necesidades básicas de la vida y amenaza la posibilidad de nutrirse adecuadamente. El respaldo financiero de los gobiernos a la promoción de proyectos mineros de oro tiene que terminar, y cuando sea necesario, los pueblos afectados tienen que ser compensados.

<sup>152</sup> The Berlin Declaration on Gold Mining - Further Observations and Comments on the Cyanide Process to Produce Gold, F. Korte and F. Coulston, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 51, 77-78 (2002).

## Jurisdicciones que prohibieron el uso de cianuro alrededor del mundo

En marzo de 2006, en respuesta a la tragedia de Baia Mare en Rumania, el Parlamento y el Consejo de la Unión Europea, emitieron la directiva 2006/21/EC sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas. Esta directiva impuso reglas respecto al monitoreo de los desechos cianurados producidos por la industria minera y redujo las normas de concentración de cianuro en los desechos descargados al medio ambiente (10 miligramos por litro para las nuevas explotaciones, y 50 miligramos por litro para las más antiguas) pero no prohibió el uso de cianuro.

En cambio, existen numerosas jurisdicciones en el mundo que prohibieron el uso de cianuro en el proceso de lixiviación usado por la minería de oro.

**En Turquía**, en 1999, después de una campaña iniciada por la sociedad civil y de una larga batalla jurídica luego de una decisión del Consejo de Estado, la Corte Suprema prohibió el uso de cianuro en este país<sup>153</sup>.

**En Argentina**, varias provincias prohibieron el uso de cianuro en el transcurso de la década de 2000. Es el caso de Chubut (Ley 5.001 del 08/05/2003), Río Negro (Ley 3.981 del 21/07/2005), Tucumán (Ley 7.879 del 20/04/2007), Mendoza (Ley 7.722 del 20/06/2007), La Pampa (Ley 2.349 del 16/08/2007), Córdoba (Ley 9526 del 24/09/2008); y San Luis (Ley 634 del 1/10/2008)<sup>154</sup>

**En República Checa**, el Senado en el año 2002, luego de que el Parlamento ya lo hubiera hecho en 2000, prohibió el uso de cianuro en el proceso de lixiviación (Ley de minas n° 44/1988 de 2000).

**En Alemania**, un decreto prohibió el uso de cianuro en 2002.

**En los Estados Unidos**, 5 condados prohibieron el uso de cianuro en el Estado de Colorado. En Montana, una iniciativa de la sociedad civil resultó en la prohibición del uso de cianuro y de las minas a cielo abierto para la explotación de nuevas minas de oro.

**En Hungría**, en diciembre del 2009, el parlamento votó la prohibición del uso del cianuro con una mayoría aplastante: 365 votos contra 1 (Ley de minas n° 48/1993 de 2009). Éste fue el resultado de una fuerte presión de la sociedad

<sup>153</sup> The Cyanide Leaching Gold Recovery Process Is a Nonsustainable Technology with Unacceptable Impacts on Ecosystems and Humans: The Disaster in Romania, F. Korte, M. Spittler, y F. Coulston, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46, 241-245 (2000), p.242.

<sup>154</sup> La prohibición del uso del cianuro en procesos mineros es ilegal, Leonardo G. Rodríguez (Marval, O'Farrell & Mairal), Fundación para el desarrollo de la minería en Argentina, FUNDAMIN, 2008. <http://www.fundamin.com.ar/es/publicaciones/61-mineria-y-medio-ambiente/176-laprohibicion-del-uso-del-cianuro-en-procesos-mineros-es-ilegal.html>, el 3 de septiembre 2010.

civil húngara. Según algunas encuestas, 74% de la población húngara apoyaba esta prohibición<sup>155</sup>.

Otras propuestas de moratorias, o iniciativas notables de la sociedad civil existen en otros países o Estados como La Rioja (Argentina), Costa Rica, Grecia, Honduras, Perú, Filipinas, Rumania, y Alaska (Estados Unidos).

## La resolución del Parlamento Europeo de mayo 2010

En mayo del 2010, el Parlamento Europeo aprobó con 488 votos contra 48 (57 abstenciones) una resolución de prohibición total del uso de cianuro en la minería antes del 2011. La resolución fue impulsada por diputados europeos entre ellos János Áder, Richard Seeber, Theodoros Skylakakis, Zuzana Roithová, Daciana Octavia Sârbu, Csaba Sándor Tabajdi, Chris Davies, Kartika Tamara Liotard, Sabine Wils, João Ferreira y Jirí Maštálka<sup>156</sup>.

Los diputados argumentan que los riesgos asociados al uso de cianuro en la minería de oro son demasiado grandes<sup>157</sup>. Según ellos, la prohibición del uso de la sustancia es el "único medio para proteger los recursos en agua y los ecosistemas contra la contaminación por cianuro por parte de las empresas mineras"<sup>158</sup>.

El Parlamento emitió una serie de pedidos a la Comisión Europea. Basándose en el hecho de que

- la directiva Europea precedente 2006/21/EC no es aplicada de manera aceptable;
- "en los últimos 25 años se han registrado más de 30 accidentes importantes relacionados con el vertido de cianuro" con impactos mayores sobre los ecosistemas;
- "ciudadanos a título individual, comunidades locales y ONG, también organizaciones estatales, gobiernos y políticos" rechazaron masivamente el uso de cianuro en la industria minera;
- algunos países de la Unión Europea como Hungría y la República Checa ya prohibieron el uso de tecnologías mineras a base de cianuro;

<sup>155</sup> Great victory against cyanide for gold mining, Stephanie Roth, The Ecologist, 8th January, 2010.

<sup>156</sup> Plans for a possible EU-wide ban on the use of cyanide in gold mining have been condemned as "massively harmful.", Martin Banks, 4th May 2010.

www.theparliament.com, el 3 de septiembre 2010.

<sup>157</sup> Plans for a possible EU-wide ban on the use of cyanide in gold mining have been condemned as "massively harmful.", Martin Banks, 4 de Mayo 2010. www.theparliament.com, el 3 de septiembre 2010.

<sup>158</sup> Cyanide mining technologies should be banned in the EU, Parlamento Europeo, 5 de mayo 2010, www.europarl.europa.eu, el 3 de septiembre 2010.

- el cianuro es “altamente tóxico” y “clasificado como uno de los principales contaminantes y puede tener un impacto catastrófico e irreversible en la salud humana y el medio ambiente y, por ende, en la diversidad biológica”;
- se producen grandes cantidades de desechos en la minería de oro, y que, por lo tanto el uso de cianuro en la minería supone una “grave amenaza medioambiental”;
- existen alternativas al uso de cianuro en la minería de oro;

### El Parlamento

1. “Considera que el cumplimiento de los objetivos de la UE, establecidos en la Directiva marco sobre la política de aguas, esto es, conseguir un buen estado químico de las aguas y proteger los recursos hídricos y la diversidad biológica, sólo puede lograrse mediante una prohibición general del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro;

2. Pide a la Comisión que proponga la prohibición completa del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro en la Unión Europea antes de finales de 2011, puesto que es la única forma segura de proteger nuestros recursos hídricos y ecosistemas de la contaminación por cianuro procedente de las actividades mineras, y que, al mismo tiempo, proceda a una evaluación de impacto ordinaria;

[...]

4. Pide a la Comisión y a los Estados miembros que no presten apoyo, de forma directa o indirecta, a ningún proyecto minero en la UE en que se empleen tecnologías mineras a base de cianuro, hasta que sea aplicable la prohibición general, ni respalden proyectos de esas características en terceros países;

[...]

6. Pide a la Comisión que proponga una modificación de la legislación vigente sobre la gestión de los residuos de las industrias extractivas, con objeto de exigir que todas las empresas explotadoras estén obligadas a disponer de un seguro para las indemnizaciones por daños y para cubrir todos los gastos de las medidas de reparación destinadas a restaurar el estado ecológico y químico original en caso de accidente o funcionamiento defectuoso”. (Ver Anexo B para el texto integral de la resolución del Parlamento Europeo).

Así, la resolución aprobada por el Parlamento no solamente tiene implicaciones en los Estados miembros de la Unión Europea, sino también en todos los países donde ésta respalda a proyectos mineros auríferos.

### Respuesta de la Comisión Europea

A pesar de la aprobación masiva de la resolución por parte de los diputados del Parlamento, y de los argumentos contundentes presentados, la Comisión Europea rechazó la resolución presentada. Consideró que “la prohibición del cianuro en

las actividades mineras no se justifica desde un punto de vista ambiental y de salud<sup>159</sup>. Justificó su posición argumentando que “no existe una mejor tecnología que el cianuro en términos de impactos en el medio ambiente”, y que la prohibición del cianuro causaría una crisis de empleo en el sector minero sin “valor agregado a la salud y el medio ambiente”.

Esta respuesta copiada directamente del discurso del sector minero muestra la fuerza de lobbying de la industria del oro a escala internacional.

## **El Código del cianuro**

Como de costumbre, las industrias extractivas se han mostrado altamente recalcitrantes a todo tipo de reglamentos impuestos por los Estados. Es más, se siguen promoviendo códigos voluntarios, basados en la llamada “responsabilidad social” de las empresas mineras y se lo hace con un cierto éxito.

Sin embargo, es obvio que las legislaciones estrictas son más aptas para controlar la industria minera, que lleva un saldo catastrófico en materia de destrucción ambiental y derechos humanos.

A pesar de eso, las Naciones Unidas (a través del PNUD) prefiere aliarse con el Consejo Internacional de Metales y Medio ambiente (International Council on Metals and the Environment), la industria minera global, al Gold Institute, el World Wildlife Fund for Nature (WWF) y la Sociedad Financiera Internacional (SFI, subsidiaria del Banco Mundial), para promover un Código Internacional de Monitoreo del Cianuro (International Cyanide Management Code For the Manufacture, Transport, and Use of Cyanide In the Production of Gold) de carácter voluntario.

Dado que las empresas siempre buscan reducir sus costos, es muy poco probable que esta iniciativa tenga un impacto en la mejora de las medidas de seguridad de las explotaciones de oro y la disminución del nivel de contaminación por cianuro.

La adhesión al código virtualmente no representa ningún compromiso para las empresas que lo firman, ya que no hay sanciones de ningún tipo para quien no lo respeta.

<sup>159</sup> Answer given by Mr Potočník on behalf of the Commission, 23 de junio 2010, Comisión Europea, [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)

## XII. América Latina: exportaciones mineras, desarrollo humano y pobreza

*“Los beneficios económicos serán significativos. Pascua-Lama creará 5.500 empleos directos durante la etapa de construcción y 1.660 puestos de trabajo durante los, al menos, 23 años de operación. Considerando que Vallenar, la capital de la Provincia de Huasco, tiene tasas de desempleo importantes, este proyecto mejorará significativamente la economía local y proveerá empleos altamente necesarios”*

<http://www.barricksudamerica.com/proyectos/pascua-lama-beneficios.php>

Este es el mensaje que la empresa minera aurífera más grande del mundo (Barrick Gold) anuncia en su sitio web.

Son los argumentos que las empresas mineras esgrimen al momento de vender sus proyectos a las comunidades y poblaciones locales. Muchas de estas poblaciones ven con recelo los anuncios de las industrias mineras, la mayoría de las veces por el contacto con otras comunidades que ya tuvieron la experiencia de convivir con la minería.

Las ofertas de empleo, crecimiento económico y encadenamiento productivo suelen ser los mitos contruidos por las agencias de comunicación estratégica que contratan las empresas mineras para bien posicionarse ante la comunidad. Una vez que los emprendimientos ya están operativos y los países “amarrados” por la normativa internacional que dificulta las salidas de las transnacionales, la gente comprende que esas promesas no eran más que una nueva desilusión.

Esto sucede a los que cifran sus esperanzas en las oportunidades económicas dadas a conocer por los propietarios de las minas y avaladas ampliamente por los gobiernos centrales, provinciales y muchas veces, locales.

Si bien es cierto, la minería genera algunos dinamismos económicos, estos son temporales y generalmente no justifican los riesgos ambientales y sociales provocados por una de las actividades humanas más contaminantes del planeta.

Las comunidades que habitan zonas cuyos subsuelos son ricos en metales preciosos, tienden a no visualizar la naturaleza como un recurso a explotar, sino como un bien común que ayuda a satisfacer las necesidades básicas. Sobre todo por los estados de abandono en que se encuentran, por parte de los gobiernos centrales. Y ese rol no es asistido por nadie.

Esto determina que aquellas comunidades pertenezcan a los sectores más pobres de la población. De hecho, la falta de acceso a la información y el poco desarrollo del hábito de la desconfianza, muchas veces determina que sean engañados por los operadores mineros quienes compran las tierras a bajos precios incluso bajo (falsa) amenaza de expropiación o enajenación forzada.<sup>160</sup>

<sup>160</sup> Palacios Mario, Minería y territorio en el Perú 2009: 146

## Lo que dicen las cifras

Durante los últimos 15 años América Latina ha sido el destino preferido para las inversiones en exploración minera, concentrando en promedio el 25% del total mundial.

En 2009 la cifra ascendió a US\$ 1,903.2 millones para la región y el 82% de estas inversiones se concentraron sólo en cinco países: Perú, México, Chile, Brasil y Argentina<sup>161</sup>.

En términos de producción de minerales en Sudamérica, dos de estos cinco países mencionados destacan en el ranking mundial: Perú y Chile, aunque también debemos sumar Bolivia, que ha recuperado importancia en producción y potencial minero en la presente década. Estos países, tradicionalmente mineros, hacen depender sus exportaciones e ingresos fiscales de esa actividad. De hecho, las exportaciones mineras de Chile en el 2009 son casi doce veces más respecto al nivel de 1980. Las exportaciones mineras de Perú han crecido casi nueve veces en el mismo período.

A modo de ejemplo de la falta de desarrollo que conlleva la minería en la región, tomaremos como referencia las exportaciones totales y las del sector mineros de éstos países sudamericanos y revisaremos la evolución del Índice de Desarrollo (IDH) comparándolo con el IDH de Canadá, otro país minero, que se ubica entre los primeros países con IDH muy alto.

En términos de desarrollo humano, ambos países se ubican sólo entre aquellos con índices de desarrollo humano alto. Chile está mejor posicionado ocupando el puesto 44 del ranking mundial del 2007, pero aún está lejos de alcanzar el índice que ocupaba Canadá en 1980.

Perú se encuentra en el puesto 78 del ranking de IDH el 2007 y está muy lejos de alcanzar un nivel de desarrollo acorde a los ingresos que debiera percibir por la minería.

La incidencia de pobreza para el caso del Perú alcanzaba al 39.3% del total de la población en 2007, siendo el 60.1% en la sierra, región de donde proviene la mayor producción minera (el 69% de de los distritos mineros se ubica en la Sierra).

Aquí vemos claramente una discordancia entre pobreza y crecimiento de la explotación minera.

En el caso de Bolivia la participación de la minería en las exportaciones nacionales cayó constantemente hasta el 2005 y a partir de entonces se encuentra en proceso de recuperación. Las exportaciones mineras de 2009 son casi tres veces más que las de 1980.

<sup>161</sup> Según el Metals Economics Group el total mundial de inversiones en exploración es de US\$ 7,320 millones para el año 2009.

Con relación al IDH del 2007, Bolivia se ubica en el puesto 113 dentro del grupo de los países con índice de desarrollo medio.

Con respecto a la incidencia de pobreza esta alcanzaba al 66.38% del total de la población en 2007.

**Exportaciones Totales y Mineras VS Índice de Desarrollo Humano 1980 - 2007**  
(Millones de dólares)

País / Año	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2009
Canadá								
Índice de Desarrollo Humano	0.890	0.91	0.933	0.938	0.948	0.963	0.97	s/i
Chile								
Total exportación	4,705.30	3804.1	8372.7	16024.2	9,210.30	41266.9	67971.6	53735.4
Exportaciones mineras	2,614.60	2120.7	4639.5	7850.1	8,020.70	23190.9	43345.1	30461.3
% Export. Mineras del total	55.57	55.75	55.41	48.99	41.75	56.20	63.77	56.69
Índice de Desarrollo Humano	0.75	0.762	0.795	0.822	0.849	0.872	0.878	s/i
Perú								
Total exportación	3,950.60	3021.39	3279.81	5491.42	6954.91	17367.68	27881.63	26884.79
Exportaciones mineras	1,853.92	1266.14	1480.54	2615.69	3220.13	9789.85	17237.62	16360.55
% Export. Mineras del total	46.93	41.91	45.14	47.63	46.3	56.37	61.82	60.85
Índice de Desarrollo Humano	0.687	0.703	0.708	0.744	0.771	0.791	0.806	s/i
Bolivia								
Total exportación de bienes	1049.8	675.3	941.1	1183.4	1344.9	2921.4	4860.3	5452.6
Exportaciones mineras	641.1	263.70	407.1	479.8	425.1	544.3	1384.9	1,847.20



% Export. Mineras del total	61.07	39.05	43.26	40.54	31.61	18.63	28.49	33.88
Índice de Desarrollo Humano	0.560	0.577	0.629	0.653	0.699	0.723	0.729	s/i

**Fuente:**

- Datos Índice de Desarrollo Humano: Serie de datos comparables del IDH para los años 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2006 y 2007. Tendencias en el Índice de Desarrollo Humano, en el Informe 2009.
- Datos Exportaciones Totales y Exportaciones Mineras: Series estadísticas del Banco Central de Chile, Banco Central de Reserva del Perú y Banco Central de Bolivia.
- Datos Incidencia Pobreza: Instituto Nacional de Estadística de Perú, Instituto Nacional de Estadística de Bolivia.

**Nota:**

El índice de desarrollo humano (IDH)

El IDH es una medida sinóptica del desarrollo humano. Mide el progreso medio conseguido por un país en tres dimensiones básicas del desarrollo humano:

- Disfrutar de una vida larga y saludable, medida a través de la esperanza de vida al nacer.
- Disponer de educación, medida a través de la tasa de alfabetización de adultos (con una ponderación de dos terceras partes) y la tasa bruta combinada de matriculación en primaria, secundaria y terciaria (con una ponderación de una tercera parte).
- Disfrutar de un nivel de vida digno, medido a través del PIB per cápita en términos de la paridad del poder adquisitivo (PPA) en dólares estadounidenses (US\$).

## Producción de oro y pobreza, el caso del Perú

Desde 1998 la producción de oro se ha duplicado en el país, pasando de 92.214 a 182.403 kilogramos en el 2009, llegando a ocupar el sexto lugar en el ranking mundial.

Con relación a las regiones locales que producen más oro, encontramos en primer lugar a Cajamarca y La Libertad, a través de diversas empresas de la mediana y gran minería, que tal como se puede ver en el cuadro de más abajo, ostentan distritos con hasta un 91% de pobreza. La región Madre de Dios es una de las de mayor producción de oro con participación de la minería pequeña y artesanal, mucha de cual no está formalizada, lo que determina que los ingresos municipales sean menores, pero los ingresos de las familias sean mayores.

En lo que va del primer semestre del 2010, dos empresas concentran los mayores volúmenes de producción nacional de oro: Minera Yanacocha (Chaupiloma Sur, Cajamarca) y Minera Barrick Misquichilca (Alto Chicama, La Libertad). La primera lleva más de 15 años operando en la zona y los índices de pobreza en Cajamarca aún alcanzan a 32,9%, a lo que hay que sumar serias denuncias de contaminación y disminución en la calidad de vida. En el caso de Barrick, el índice de pobreza para La Libertad asciende a un 77% y para Alto Chicama a un 54,6%... Cabe

preguntarse entonces para quién son significativos los beneficios económicos que promete Barrick Gold en su discurso corporativo.

Teniendo en cuenta los indicadores NBI (necesidades básicas insatisfechas) los distritos productores de oro que tienen cifras preocupantes son los de Sancos (Ayacucho), Carumas (Moquegua), Angasmarca (La Libertad) y Usquil (La Libertad), donde operan empresas como Minera Laytaruma, Aruntani, Santa Rosa – Comarsa y Barrick.

En conclusión, de la información revisada se puede afirmar que la mayoría de los distritos productores de oro en el Perú, operados por empresas transnacionales, son distritos con altos índices de pobreza y necesidades básicas insatisfechas, eso independientemente de los niveles de producción que las empresas exhiban.

**Perú: Producción de oro (grs.f) 2010 vs pobreza 2007. Enero-Junio**

Empresa Minera	Unidad minera	Región/ Provincia	Distrito	Producción Oro	Población	POBREZA MONETARIA				POBREZA NO MONETARIA		Con 2 o más	
						Pobreza		Pobreza		Con al menos			
						Censada	Total	%	Extrema	%	una NBI	%	NBI
Minera Yanacocha S.R.L.	Chaupiloma Sur	Cajamarca/ Cajamarca	Cajamarca	24.116.214	188.363	68.644	32.90	24.519	11.70	52.435	28.9	10.907	6.0
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Acumulación Alto Chicama	La Libertad/ Otuzco	Usquil	18.148.746	26.268	20.487	77.1	9.658	30.9	17.333	66.0	7.001	26.7
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	Orcopampa	Arequipa/ Castilla	Orcopampa	4.194.909	8.318	3.056	36.7	751	9.3	2.566	34.6	604	8.1
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Pierina	Ancash/ Huaraz	Jangas	3.662.577	4.403	2.583	54.6	1.039	21.2	1.380	32.8	289	6.9
Aruntani S.A.C.	Acumulación Tucari	Moquegua/ Mariscal Nieto	Carumas	3.206.839	4.816	2.393	49.7	559	17.1	3.432	77.9	1.240	28.2
Consortio Minero Horizonte S.A.	Acumulación Parcoy Nº 1	La Libertad/ Pataz	Parcoy	2.661.726	16.437	10.307	61.3	3.811	19.0	8.889	70.1	3.937	31.0
Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.	Santa Rosa-Comarsa	La Libertad/ Santiago de Chuco	Angasmarca	2.605.104	6.052	3.883	63.4	1.357	18.8	4.008	75.9	2.135	40.4
Gold Fields La Cima S.A.	Carolina Nº1	Cajamarca/ Hualgayoc	Hualgayoc	2.381.371	16.849	15.349	82.9	10.014	54.4	11.156	71.2	4.974	31.7
Minera Aurífera Retamas S.A.	Retamas	La Libertad/ Pataz	Parcoy	2.330.797	16.437	10.307	61.3	3.811	19.0	8.889	70.1	3.937	31.0

Compañía Minera San Simón S.A.	La Virgen	La Libertad/ Santiago de Chuco	Cachicadan	1.857.536	6.663	3.595	53.3	1.133	14.3	4.430	71.7	2.283	37.0
Minera Laytaruma S.A.	Laytaruma	Ayacucho/ Lucanas	Sancos	1.418.741	5.548	3.767	65.8	1.866	33.1	4.987	91.9	3.639	67.1
Compañía Minera Poderosa S.A.	La Poderosa de Trujillo	La Libertad/ Pataz	Pataz	1.262.227	7.410	3.098	40.9	741	8.2	4.697	70.3	1.999	29.9
Araši S.A.C.	Acumulación Andres	Puno/ Lampa	Ouviri	1.093.753	2.655	2.508	91.6	1.826	59.4	1.625	76.3	681	32.0

Cifras Ajustadas enero-junio 2010

Fuentes: INEI - Censos Nacionales 2007 : XI de Población y VI de Vivienda

Dirección General de Minería - PDM - Estadística Minera

Elaboración: Luis Vittor, septiembre 2010

## Glosario

**Pobreza Monetaria:** La pobreza monetaria, se refiere a la insuficiencia del gasto per cápita respecto al valor de la Línea de Pobreza (LP) o monto mínimo necesario para satisfacer las necesidades alimentarias y no alimentarias. La pobreza monetaria se caracteriza por no considerar las otras dimensiones no monetarias de la pobreza, como por ejemplo: necesidades básicas insatisfechas, desnutrición, exclusión social, etc. Los indicadores de pobreza monetaria a nivel provincial y distrital fueron calculados con una metodología que utiliza modelos econométricos, la cual combina resultados del Censo con la Encuesta Nacional de Hogares.

**Pobreza No Monetaria:** Es una medida de la pobreza basada en indicadores no monetarios. Sus indicadores representan a las necesidades consideradas básicas dentro de una canasta y los hogares y población que carecen de al menos una de estas necesidades representadas en los indicadores, son considerados pobres. Ejemplos: hogares en viviendas con hacinamiento, hogares en viviendas sin desagüe de ningún tipo, hogares con niños que no asisten a la escuela etc.

**Hogares y población con al menos una NBI:** Es el porcentaje de hogares o población con al menos 1 necesidad básica insatisfecha (de las 5 consideradas), no con todas. Dentro de una canasta con 5 necesidades básicas, el carecer de al menos una de ellas determina al hogar o la población en condición de pobreza.

**Hogares y población con dos o más NBI:** Es el porcentaje de población con dos o más necesidades básicas insatisfechas. Representa una medida de intensidad de la pobreza bajo el enfoque de necesidades básicas insatisfechas o NBI. Dentro de una canasta con 5 necesidades básicas, el carecer de 2 ó 3 ó 4 ó 5 necesidades básicas es parte de esta población.

## Bolivia: oro y pobreza

Bolivia vive una década del boom de las exportaciones mineras. Ha pasado de exportar de 348.6 millones de dólares en el 2002 a 1,952.2 millones al finalizar el 2008. Aunque el oro no es su principal producto de exportación, en el periodo 2002-2009 ha exportado aproximadamente 1.6 millones de onzas de oro por un valor estimado de 782.1 millones de dólares, que representan el 9.77% del valor total de las exportaciones mineras que asciende a 8,006.2 millones de dólares para el mismo periodo<sup>162</sup>.

En contraste con la bonanza minera del país, la situación de pobreza no tiene cifras alentadoras. De acuerdo a los indicadores de pobreza moderada del Instituto Nacional de Estadística (INE) a principios de la década –año 2000- la incidencia de pobreza alcanzaba al 66.38% del total de la población boliviana. Esta cifra llegó a 60.10% en el 2007; es decir, apenas se redujo 6.28% en ocho años<sup>163</sup>.

## Oruro: oro y pobreza

La Empresa Minera Inti Raymi S.A. ha sido la principal productora de oro en Bolivia. Fue constituida a principios de la década de los años 80 con la finalidad de explotar los yacimientos auríferos de Kori Kollo y Llallagua que se ubican en las provincias de Saucará y Cercado, en el departamento de Oruro.

Inicialmente fue propiedad de la compañía boliviana (Zeland Mines) y la estadounidense (West World Resources), posteriormente –en 1988- la Battle Mountain Gold Company adquirió un 33% de la empresa y a principios del 2001 la Newmont Mining Inc. (misma involucrada en Yanacocha), se convirtió en la propietaria mayoritaria al adquirir el 88% tras su fusión con Battle. En 2009 Newmont vendió la totalidad de sus acciones en Inti Raymi en medio de ruidosos escándalos por las condiciones ambientales que han generado los residuos mineros y de cuyo tratamiento la titular no quiere hacerse cargo.

Se calcula que Inti Raymi produjo 3.4 millones de onzas de oro entre 1984 y 2001, sin embargo, el porcentaje de población pobre alcanzaba el 67.81% de acuerdo al Censo 2001; es decir, 258 mil habitantes se encontraban en situación de pobreza.

En las provincias de Cercado y Saucará, zona de influencia directa de las actividades de Inti Raymi, el porcentaje de población pobre representaba el 55.58% y 89.76% respectivamente, según datos del Censo 2001. Estas cifras muestran que en dos décadas de minería aurífera en la zona las condiciones de vida no eran dignas.

<sup>162</sup> Memoria Anual 2006 – 2009. Ministerio de Minería y Metalurgia.

<sup>163</sup> Anuario Estadístico 2007. Fecha de publicación: lunes, 30 de junio de 2008

Esta situación puede haberse agravado por los impactos negativos en el ambiente, los medios de vida y salud de las poblaciones adyacentes a la extracción minera, sin embargo el estado boliviano carece de información actualizada para el análisis.

# Anexos

## Anexo A: Fórmulas químicas de los componentes mencionados

Nombre	Fórmula química
Anión <sup>164</sup> Cianuro	CN <sup>-</sup>
Cianuro de Hidrógeno	H-CN
Cianuro de Sodio	Na-CN
Cianuro de Potasio	Na-K
Cianoferrato	Fe(CN) <sub>4</sub> <sup>6-</sup>
Dicianoaurato	Au(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Cloruro de Cianógeno	CN-Cl
Tiocianato	S-CN <sup>-</sup>
Dicianoaurato de Sodio	NaAu(CN) <sub>2</sub>
Cianato	CN-O <sup>-</sup>

## Anexo B: Resolución del Parlamento Europeo, del 5 de mayo de 2010, sobre la prohibición general del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro en la Unión Europea

Resolución del Parlamento Europeo, de 5 de mayo de 2010, sobre la prohibición general del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro en la Unión Europea

El Parlamento Europeo,

- Visto el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,
- Visto el principio de precaución establecido en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, así como en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado en junio de 1992 en Río de Janeiro,
- Vistos los objetivos medioambientales de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (“Directiva marco de la política de aguas”),
- Vista la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas, por la que se permite la utilización de cianuro en la minería estableciendo al mismo tiempo unos niveles máximos permisibles de cianuro,
- Vista la Directiva 2003/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2003, por la que se modifica la Directiva 96/82/CE (Seveso II) del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, en la que se afirma que “algunas actividades de almacenamiento y tratamiento de la minería [...] pueden tener consecuencias muy graves”,

<sup>164</sup> Un anión es un grupo químico que lleva una carga negativa.

– Vista la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental, conforme a la cual los Estados miembros podrán eximir al operador de correr con los gastos derivados de daños medioambientales si se demuestran determinadas circunstancias,

– Visto el Programa de 18 meses de las Presidencias española, belga y húngara y sus prioridades en materia de política del agua y biodiversidad,

– Vistas las medidas adoptadas por la República Checa sobre la prohibición general del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro, con la modificación de la Ley de minas nº 44/1988 de 2000, y la modificación de la Ley húngara de minas nº 48/1993 de 2009, por la que se introduce una prohibición del uso de tecnologías mineras a base de cianuro en el territorio húngaro, así como el decreto alemán promulgado en 2002 por el que se prohíbe la lixiviación con cianuro en la minería,

– Visto el artículo 115, apartado 5, de su Reglamento,

A. Considerando que las Naciones Unidas han declarado 2010 Año Internacional de la Biodiversidad, y han invitado a todo el mundo a participar en la salvaguardia de la diversidad de la vida en la Tierra,

B. Considerando que el cianuro es una sustancia química altamente tóxica utilizada en la minería del oro y que, en el Anexo VIII de la Directiva marco sobre política de aguas, está clasificado como uno de los principales contaminantes y puede tener un impacto catastrófico e irreversible en la salud humana y el medio ambiente y, por ende, en la diversidad biológica,

C. Considerando que, en la Posición Común de los Ministros de Medio Ambiente de la República Checa, Hungría, Polonia y Eslovaquia sobre minería sostenible, emitida en la 14ª reunión de los Ministros de Medio Ambiente del Grupo de Visegrado celebrada el 25 de mayo de 2007 en Praga (República Checa), estos manifestaban su preocupación por las tecnologías peligrosas utilizadas y previstas para las actividades mineras en diversas zonas de la región que entrañan riesgos medioambientales considerables con posibles consecuencias transfronterizas,

D. Considerando que, en el marco del Convenio de Sofía sobre la cooperación para la protección y el uso sostenible del Danubio, las Partes acordaron que, además de las sustancias peligrosas prioritarias en virtud de la Directiva marco sobre política de aguas, el cianuro se clasifique como una sustancia peligrosa importante,

E. Considerando que en los últimos 25 años se han registrado más de 30 accidentes importantes relacionados con el vertido de cianuro, en particular hace 10 años, cuando se vertieron más de 100.000 metros cúbicos de agua contaminada con cianuro desde el embalse de una mina de oro al sistema fluvial Tisza-Danubio, lo que causó el mayor desastre ecológico de esa época en la Europa Central, y que no existe ninguna garantía real de que no se vuelva a producir un accidente semejante, especialmente teniendo en cuenta el incremento de las condiciones meteorológicas extremas, por ejemplo, fuertes y frecuentes precipitaciones, como se prevé en el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,

F. Considerando que en varios Estados miembros de la UE siguen planeándose nuevos proyectos de grandes minas de oro a cielo abierto con tecnologías a base de cianuro y en zonas densamente pobladas, generándose así nuevas amenazas potenciales para la salud humana y el medio ambiente,

G. Considerando que, de conformidad con la Directiva marco sobre política de aguas, los Estados miembros están obligados a alcanzar y mantener el buen estado de los recursos hídricos, así como a prevenir su contaminación por sustancias peligrosas; considerando, sin embargo, que el buen estado de las aguas también podría depender de la calidad del agua de la correspondiente cuenca del río situada en países vecinos que utilizan tecnologías mineras a base de cianuro,

H. Considerando que los efectos transfronterizos de los accidentes con cianuro, en particular con respecto a la contaminación de grandes cuencas fluviales y de aguas subterráneas, y subrayando la necesidad de adoptar un enfoque a escala de la UE respecto de la grave amenaza medioambiental que supone el uso de cianuro en la minería,

I. Considerando que sigue sin disponerse de reglas prudenciales y de garantías financieras adecuadas, y que la aplicación de la legislación vigente en relación con el uso de cianuro en la minería también depende de las competencias de los poderes ejecutivos de cada Estado miembro, por lo que la posibilidad de que ocurra un accidente es solo cuestión de tiempo y de negligencia humana,

J. Considerando que en algunos Estados miembros todavía no se ha aplicado plenamente la Directiva sobre residuos de la minería,

K. Considerando que el uso de cianuro en minería crea poco empleo y solo por un periodo de entre ocho y dieciséis años, pero puede provocar enormes daños ecológicos transfronterizos que, por lo general, no son reparados por las empresas explotadoras responsables, que suelen desaparecer o declararse en quiebra, sino por el Estado correspondiente, es decir, por los contribuyentes,

L. Considerando que las empresas explotadoras no cuentan con seguros a largo plazo que cubran los costos en caso de accidente o funcionamiento defectuoso en el futuro,

M. Considerando que es necesario extraer una tonelada de menas de baja calidad para producir dos gramos de oro, lo que genera una enorme cantidad de residuos mineros en las zonas de extracción, mientras que entre un 25 y un 50 % del oro se queda finalmente en la pila de residuos; considerando, además, que los proyectos mineros de gran escala que emplean cianuro utilizan varios millones de kilogramos de cianuro de sodio al año, y que un fallo en su transporte y almacenamiento puede tener consecuencias catastróficas,

N. Considerando que existen alternativas al uso del cianuro en la minería que podrían sustituir a las tecnologías a base de cianuro,

O. Considerando las enérgicas protestas públicas contra los proyectos mineros en curso que utilizan cianuro dentro de Europa, en las que han participado no solo ciudadanos a título individual, comunidades locales y ONG, sino también organizaciones estatales, gobiernos y políticos,

1. Considera que el cumplimiento de los objetivos de la UE, establecidos en la Directiva marco sobre la política de aguas, esto es, conseguir un buen estado químico de las aguas y proteger los recursos hídricos y la diversidad biológica, sólo puede lograrse mediante una prohibición general del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro;
2. Pide a la Comisión que proponga la prohibición completa del uso de las tecnologías mineras a base de cianuro en la Unión Europea antes de finales de 2011, puesto que es la única forma segura de proteger nuestros recursos hídricos y ecosistemas de la contaminación por cianuro procedente de las actividades mineras, y que, al mismo tiempo, proceda a una evaluación de impacto ordinaria;
3. Toma nota de las iniciativas pertinentes adoptadas dentro de la UE y del sistema de Naciones Unidas, y anima encarecidamente al desarrollo y la aplicación de alternativas mineras más seguras, en particular alternativas mineras sin cianuro;
4. Pide a la Comisión y a los Estados miembros que no presten apoyo, de forma directa o indirecta, a ningún proyecto minero en la UE en que se empleen tecnologías mineras a base de cianuro, hasta que sea aplicable la prohibición general, ni respalden proyectos de esas características en terceros países;

5. Pide a la Comisión que promueva la reconversión industrial de las zonas donde se haya prohibido la minería basada en el uso de cianuro, facilitando un apoyo financiero adecuado a las industrias alternativas ecológicas, las energías renovables y el turismo;
6. Pide a la Comisión que proponga una modificación de la legislación vigente sobre la gestión de los residuos de las industrias extractivas, con objeto de exigir que todas las empresas explotadoras estén obligadas a disponer de un seguro para las indemnizaciones por daños y para cubrir todos los gastos de las medidas de reparación destinadas a restaurar el estado ecológico y químico original en caso de accidente o funcionamiento defectuoso;
7. Encarga a su Presidente que transmita la presente Resolución al Consejo, a la Comisión y a los Parlamentos y los Gobiernos de los Estados miembros.

## **El Autor**

William Sacher, es autor e investigador independiente. Tiene un PhD en Ciencias atmosféricas y oceánicas de la Universidad McGill, Canadá, obtuvo su Maestría en Geofísica en la Universidad Joseph Fourier, en Francia. Es Ingeniero en Hidráulica, Hidrología y tratamiento de aguas del INPG, Francia.

W. Sacher es investigador del colectivo Ressources d'Afrique (Recursos de África), con sede en Montreal, Canadá, cuyo principal objeto de estudio es el Canadá como potencia mundial, especialmente en el sector de las industrias extractivas. Ha publicado numerosos artículos y ha trabajado sobre este tema en varios países de Europa, África y América Latina.

W. Sacher es co-autor del libro *Noir Canada. Pillage, corruption et criminalité en Afrique* (Negro Canadá. Saqueo, corrupción y criminalidad en África), publicación de gran controversia por su contenido crítico, que ha obtenido varias distinciones y notable reconocimiento internacional.