



Ambiente

Cianuro en la Minería: Su utilización, disposición y toxicidad

Lucinda Wood
Dirección Nacional de Ambiente y Comunidades
Secretaría de Minería



I. Antecedentes

“Lo que se dice”:

- Toda la minería metalífera utiliza cianuro (“mega-minería”, “a cielo abierto”)
- Minería es la única industria que utiliza cianuro.
- El cianuro no se puede “eliminar”, igual que mercurio, y es responsable de una multitud de enfermedades en comunidades mineras y trabajadores al ser expuestos.
- Hay alternativas de extracción de oro que no utiliza cianuro.
- Todo el cianuro que se adiciona en una planta minera termina (o puede terminar) como efluente al ambiente o infiltraciones hacia los acuíferos
- Incidentes mundiales que involucran cianuro son frecuentes y devastadores, además suceden en países con leyes y fiscalización débiles .

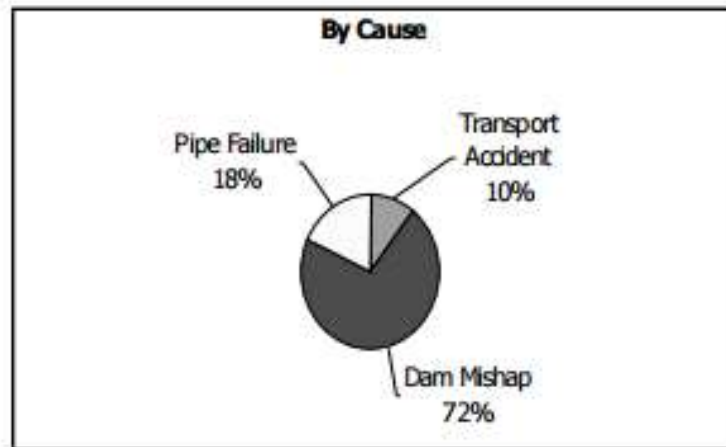
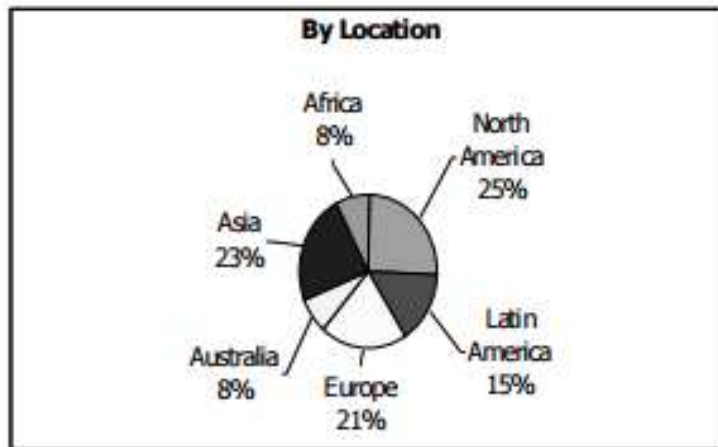
I. Antecedentes

- La **producción de cianuro industrial** (como HCN – gas cianídrico) es de 1.1 Mt anual , del **cual 6% es destinado a producir la forma de cianuro que utiliza la industria minera**. El restante se utiliza para la fabricación de nylon principalmente (casi 50%) , adhesivos, sistemas de electrónica entre otros.
- **Incidentes industriales:** Los trabajadores de las siguientes industrias están expuestas a niveles potencialmente dañinos de cianuro: producción de adiponitrilo para nylon, galvanoplastia, hidrometalurgia, aplicación de pesticidas, herrería, lucha contra incendios, limpieza de metal, fábricas de gas, fotografía, manufactura de acero, tintas, farmacéutico, agentes quelantes. (Prohorenkov & Kolpakov, 1978; Philips, 1989; IPCS, 1992; Banerjee et al., 1997).

I. Antecedentes

- **Incidentes mineras:**

- **INDUSTRIALES:** Las fatalidades en la industria minera por exposición a cianuro, según ICCM (International Council for the Cyanide Management), son 6-10 en el siglo 21.
- **AMBIENTALES:** No hay fatalidades registrados de los incidentes mayores desde 1975 por exposición a cianuro



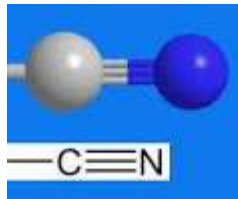
(Mining Journal, 1996; Mining Magazine, 2000)

II. Idea principal a exponer

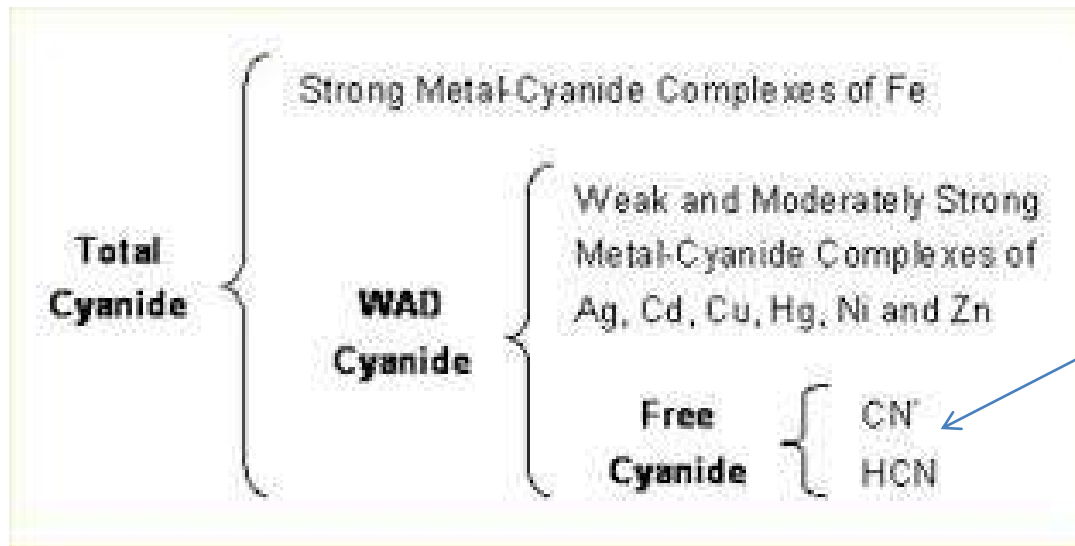
- Que es cianuro?
 - Su toxicidad sobre el humano, mamíferos, aves y peces
 - Utilización y métodos alternativos de extracción
 - Disposición, “*destoxificación*” y eliminación de cianuro en plantas mineras
 - Incidentes mundiales de minería y de cianuro
-

III. Fundamento teórico y/o científico

Que es cianuro y sus derivados?



El cianuro (fórmula CN^-) es una sustancia tóxica que existe en varias formas físicas (sólido, líquido, gas) y varios grados de “liberación” - **libre, fácilmente liberado (WAD), difícilmente liberado (total)**



pH básico existe en solución, ácido existe como gas

III. Fundamento teórico y/o científico

Toxicidad:

- Su nivel de toxicidad depende de su *forma*, su *concentración* y del *tiempo/manera* de exposición.
- El **cianuro libre es la forma tóxica de cianuro** – las otras formas son tóxicas en la medida que “liberen” su cianuro libre contenido
- El cianuro actúa como un rápido asfixiante que induce hipoxia del tejido, y acidosis láctica, provocando paros respiratorios y muerte.
- **No hay evidencia de efectos crónicos** por debajo de concentraciones y tiempo de exposiciones sub-letales.
- La toxicidad letal (concentración y tiempo exposición) para la vida mamífera, según OMS:
 - Respirando el gas de > 8 ppm durante 8 horas
 - Absorbiendo cianuro por la piel/ingestión > 100 ppm hasta 0,5 mg/kg

III. Fundamento teórico y/o científico

- **Toxicidad:**

- El cianuro no es **neurotóxico** (dañino para el tejido nervioso), cancerígeno (induce el crecimiento de tumores) o mutagénico (provoca alteraciones en los genes) según OMS.
- No es bioacumulable, es decir que no acumula con el tiempo en el animal/planta, se excreta naturalmente, a niveles por debajo de 0,5 mg/kg de animal (para una persona de 100 kg, el nivel es 50 mg).
- Los únicos efectos de exposición crónica registrados – en seres humanos que comen la planta de cassava sin su debida preparación- tiene que ver con el tiocianato, el producto de la oxidación de cianuro dentro del cuerpo. Altos niveles del mismo sostenidos en el tiempo están asociados con problemas de tiroides.

III. Fundamento teórico y/o científico

Toxicidad en contexto:

Toxicidad HCN comparado con otros reactivos que se utilizan industrialmente:

GAS TOXICO	CONCENTRACION LIMITE CORTO PLAZO (PPM)
Cloro (Cl ₂)	1
Dióxido de azufre (SO ₂)	5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	5
Cianhídrico (HCN)	10
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	10
Monoxido de carbono (CO)	300

Fuente: Richardson, ML (ed.) 1992, The Dictionary of Substances and their Effects, Royal Society of Chemistry, UK, pp. 716-71

III. Fundamento teórico y/o científico



**Martha Mine (Nueva Zelanda)
MINA DE ORO A CIELO ABIERTO PLANTA
LIXIVIACION**

- A: MINA (a cielo abierto)
- B: Planta de trituración
- C: Cinta transportadora
- D: Planta de procesamiento
- E: Truck Shop
- F: Dique de colas

III. Fundamento teórico y/o científico

Alternativas?

- Métodos de extracción de oro:
 - Con mercurio
 - Concentración gravimétrica
 - Lixiviación
 - Flotación
- Depende de la mineralogía y la “ley” o concentración de oro. En 90% de los casos, la única manera de extraer el oro es a través de la lixiviación.
- Se ha estudiado algunos reactivos alternativos (como bromo/bromuro/ácido sulfúrico, hipoclorito/cloruro, amonio tiosulfato/amoniaco/cobre, y tiourea/sulfato férrico/ ácido sulfúrico). Estos últimos son potencialmente igual o más dañino al ambiente.
- **La EPA de EEUU concluyó que el sistema de cianuro-cal es el sistema más seguro para la extracción química del oro, tomando en cuenta el riesgo de los trabajadores y el ambiente.**

III. Fundamento teórico y/o científico

Disposición y eliminación?

En cambio a sustancias tóxicas como mercurio y plomo, la destrucción (eliminación de cianuro) es relativamente posible a través de varios procesos de oxidación, antes de su salida de la planta:

Procesos:

INCO/CARO – destoxificación (deja el derivado cianato) hasta 50ppm CN.

AVR – reciclaje a través de volatilización de cianuro presente en las colas.

Peróxido de hidrogeno - destrucción completa

V. Conclusiones

- Cianuro es un reactivo industrial utilizado por varias industrias, incluyendo la industria minera de oro y plata. No es corrosivo ni explosivo, y su manejo industrial es facilitado por eso.
- Lixiviación es **frecuentemente la única tecnología** de extracción posible para dichos minerales (por mineralogía y concentración) y mundialmente se encuentra en 90% de las minas de oro y plata.
- La EPA de EEUU considera que cianuro dentro de las opciones de lixiviantes posibles, es la mejor alternativa en cuanto a seguridad y ambiente.
- **Fatalidades industriales** en la industria minera por parte de cianuro desde 2000 son < 10 según el ICMC (Comisión internacional del Manejo de Cianuro).
- Incidentes ambientales mineras: De los 40 grandes incidentes mineros desde 1975, 13 involucran efluentes con cianuro **no hay ninguna fatalidad registrado**. Los daños ambientales son agudos, inmediatos y de corto plazo.
- No hay evidencia ninguna que el cianuro es bioacumulable, biomagnificable, neurotóxica ni que produzca cáncer o mutaciones genéticas según OMS. Su efecto letal es completamente dependiente de la concentración y exposición a cianuro libre, ya que no hay evidencia de problemas por exposición crónica.

VI. Bibliografía

- The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection Vol. 4, No. 1, 1303-0868, 2004, pp. 62-74 **Review Cyanide and society: a critical review** T.I. Mudder1 *, M.M. Botz2
- Geneva, 2004, **HYDROGEN CYANIDE AND CYANIDES: HUMAN HEALTH ASPECTS**, Published under the joint sponsorship of the UNEP & ILO, within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, Prof. Fina Petrova Simeonova, Sofia, Bulgaria; and Dr Lawrence Fishbein.
- Geneva, 2003, **Guidelines for drinking-water quality**, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. World Health Organization
- Comisión Científico-Técnica del Tribunal Latinoamericano del Agua Moran, Roberto: **El Cianuro en la Minería: Algunas Observaciones sobre la Química, Toxicidad y Análisis de las Aguas Asociadas con la Minería**