



# **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 .

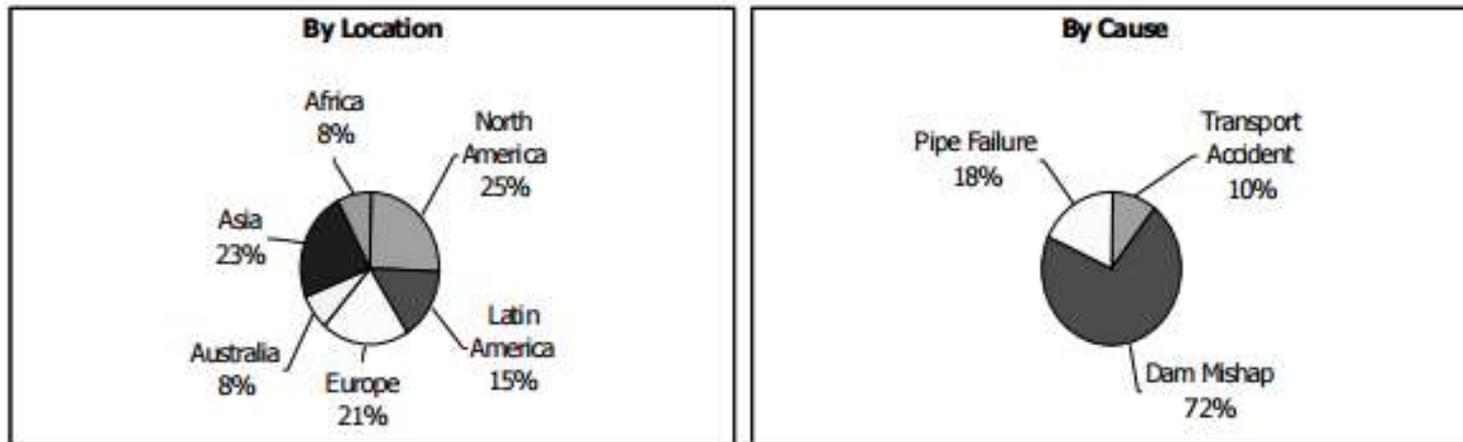
## I. Antecedentes

- 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



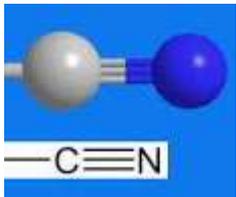
(Mining Journal, 1996; Mining Magazine, 2000)

## II. Idea principal a exponer

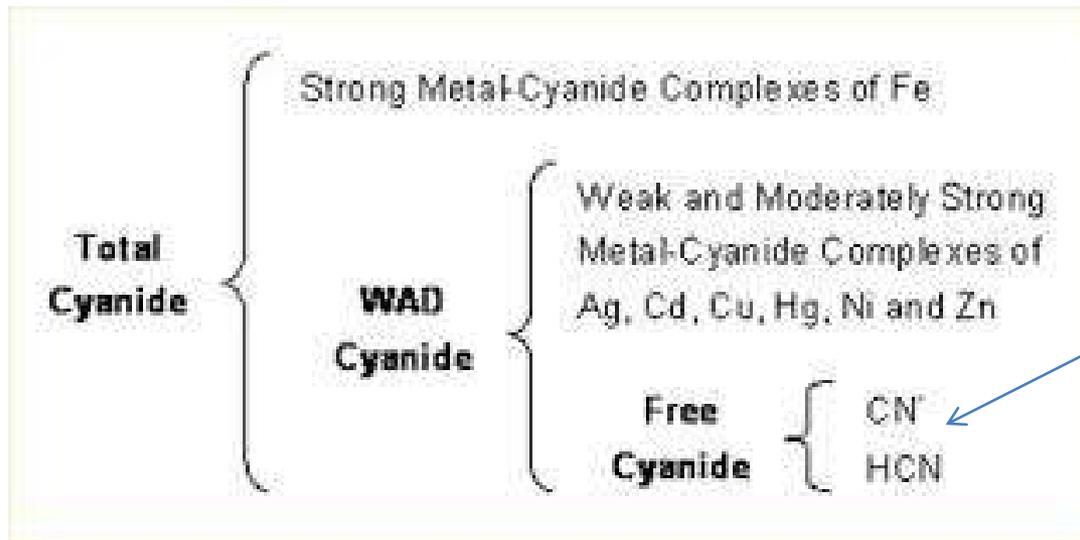
- Que es cianuro?
  - Su toxicidad sobre el humano, mamíferos, aves y peces
  - Utilización y métodos alternativos de extracción
  - Disposición, “*destoxificación*” y eliminación de cianuro en plantas mineras
  - Incidentes mundiales de minería y de cianuro
-

### III. Fundamento teórico y/o científico

#### Que es cianuro y sus derivados?



El cianuro (fórmula  $\text{CN}^-$ ) 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

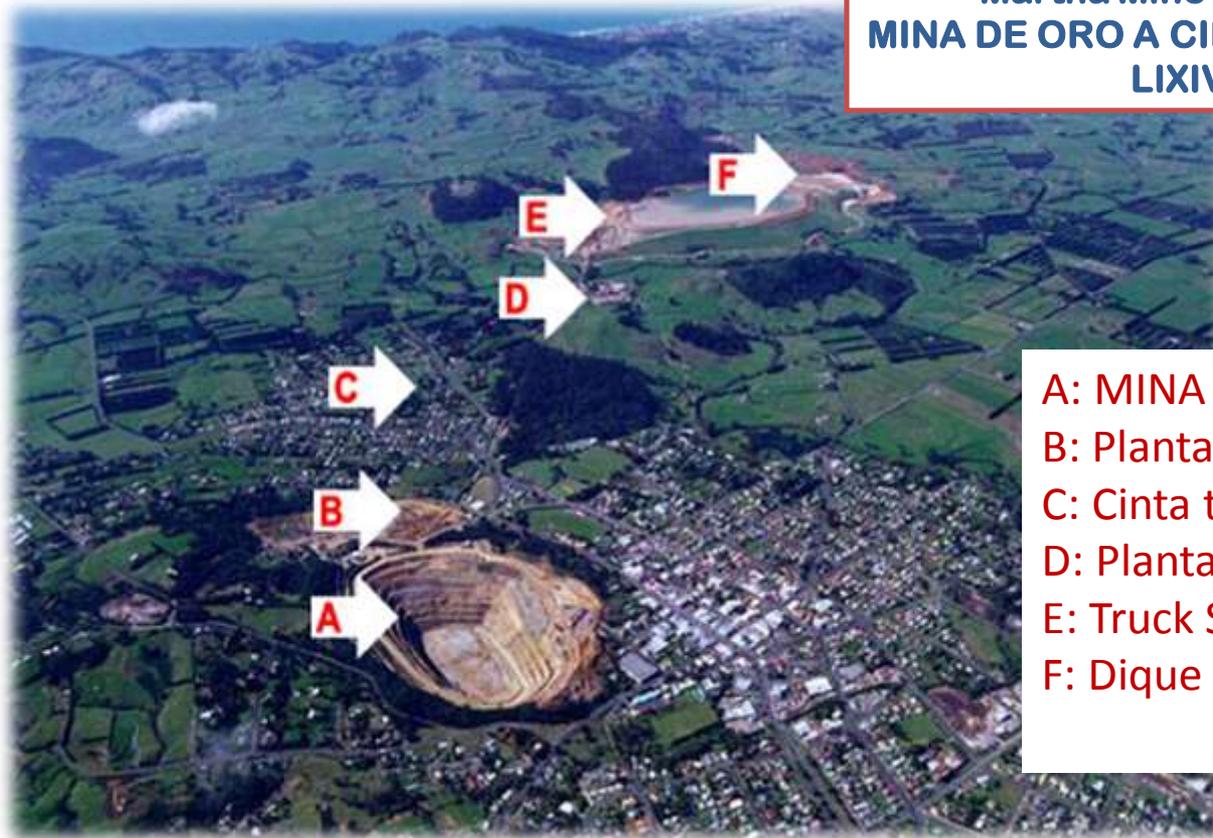
#### Toxicidad en contexto:

Toxicidad HCN comparado con otros reactivos que se utilizan industrialmente:

GAS TOXICO	CONCENTRACION LIMITE CORTO PLAZO (PPM)
Cloro (Cl <sub>2</sub> )	1
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	5
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	5
Cianhídrico (HCN)	10
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> 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**