

# IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO AL USO DEL CIANURO EN LA MINERÍA A CIELO ABIERTO.

Cianuro, metales pesados y drenaje ácido.

*Dra Silvia González y Lic. Marta Sahores*

*Universidad Nacional de la Patagonia San*

*Juan Bosco UNPat SJB*

# ¿POR QUÉ HABLAMOS DEL CIANURO?

Es importante conocer las propiedades del cianuro porque:

- Es **altamente tóxico**.
- Se usa en **grandes cantidades** en la mina a cielo abierto ( **varias toneladas por día**).

- El proceso de lixiviación con cianuro produce daños ambientales **a largo o a corto plazo.**
- **A corto plazo** debido a accidentes que pueden producirse durante las operaciones o derrames que pueden filtrarse a napas o cauces de agua en forma impredecible
- **A largo plazo** debido a los desechos cianurados inyectados en las escombreras, la movilización de metales pesados o la generación de drenajes ácidos.

**.Los efectos químicos al medio ambiente serán:**

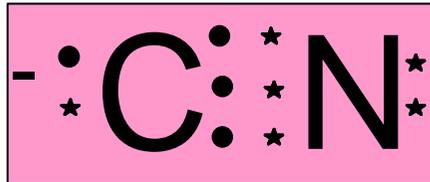
- **La permanencia del cianuro** y los efectos de sus productos de descomposición, aún tóxicos por un tiempo considerable.
- **La movilización de metales pesados** y la fácil disolución de sus sales debido al tercer efecto ( el drenaje ácido).
- **La generación de drenaje ácido** (formación de ácido sulfúrico) producido por la oxidación de sulfuros contenidos en las rocas.

# ¿POR QUÉ HABLAMOS DEL CIANURO?

- **Todos podemos estar expuestos** a sus efectos a partir de su utilización
- Las empresas mineras no informan, en su justa medida, los **riesgos reales del cianuro**.

## ¿QUÉ ES EL CIANURO?

El Cianuro es una combinación de **C** y **N** con una carga negativa:



Si esta partícula está neutralizada con un ión positivo como Na, K o Ca, es una **sal**:

**NaCN**, **KCN**, soluble en agua, cuyo

aspecto es el de un **sólido blanco**  
**sin olor, sumamente tóxico.**

Si se **combina con agua** se produce la siguiente reacción:

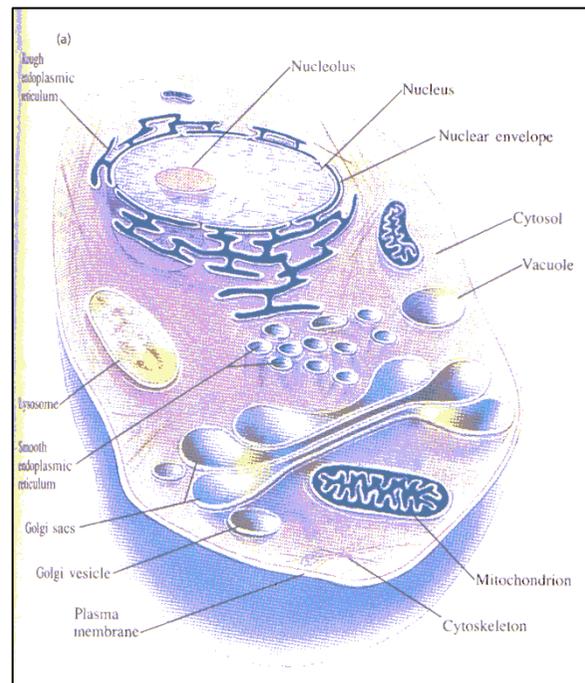


El CNH **cianuro de hidrógeno** que se forma cuando se combina la sal con agua, es un **gas altamente tóxico** y con olor a almendras amargas.

Una de las propiedades químicas del cianuro, que es la clave para entender tanto *su toxicidad* como *su utilidad* en la minería es la capacidad de **combinación con metales: Fe, Ag, Au, Ni, Zn, Cd, Hg, etc.**

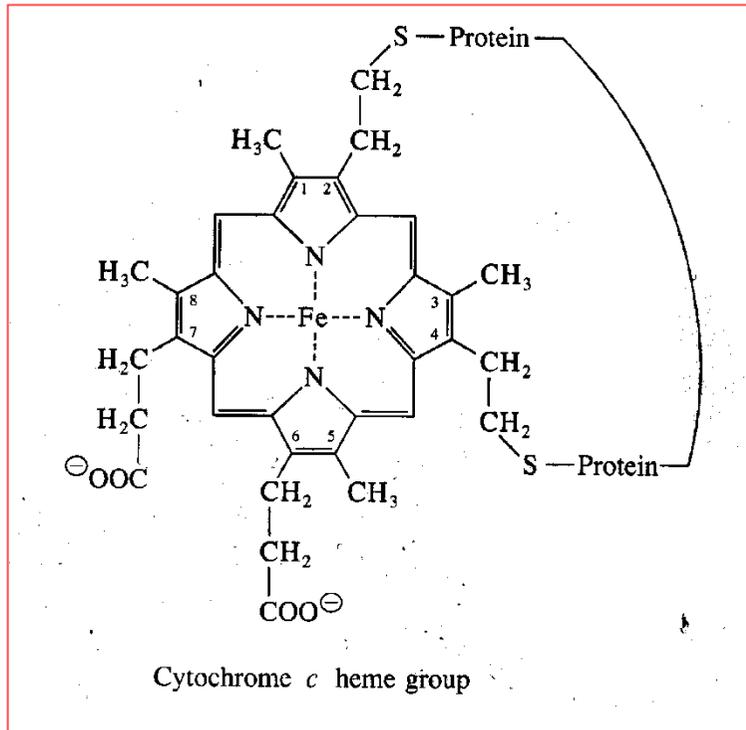


En todas las células procariotas o eucariotas (de bacterias, hongos, plantas, animales, incluido el hombre) una función vital es la respiración.



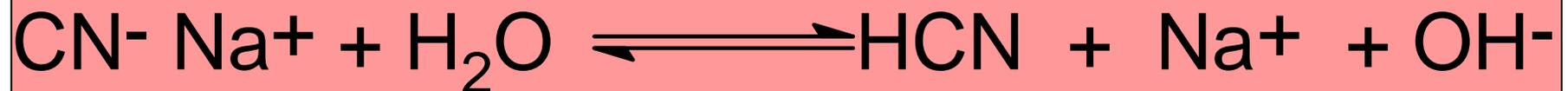
Una de las moléculas indispensables para esta función es la **Citocromo-C oxidasa**, que posee en el centro de su compleja estructura un átomo de hierro (**Fe**).

Cuando el cianuro entra en las células "captura" el Fe y la enzima deja de ser funcional. La consecuencia es que la célula deja de "respirar" y muere.



Por esta razón **el cianuro es un veneno** para todos los seres vivos, y en dosis muy pequeñas.

Las sales (Na y K) son muy solubles en agua, el **cianuro** resultante puede formar **CNH** o reaccionar con los metales presentes en el agua o en los minerales formando cianuros simples o **complejos** de acuerdo a la concentración de los metales.



Los complejos (cianuros + metales) son solubles en agua y de esta forma se pueden "movilizar" metales tóxicos para los seres vivos (Cd, Cr, Pb, Hg, As) produciendo un nuevo efecto negativo para la vida.

Además del riesgo directo que significa para los obreros que manipulen el **NaCN sólido**, **las soluciones de NaCN** o eventuales emanaciones de **HCN**.

**No existe riesgo "cero"** en la lixiviación de oro con soluciones de cianuro, de acuerdo a todas las experiencias previas porque:

\*Las geomembranas colocadas debajo de los cúmulos y los estanques permiten filtraciones, a través de roturas

\*Los embalses de almacenamiento son diseñados para resistir grandes tormentas y crecidas. Pero, no siempre impiden los desbordamientos. Los metales pesados y el agua contaminada con cianuro que escapan de un embalse de almacenamiento pueden ser suficientes para matar peces y otras formas de vida acuática, o para contaminar recursos de agua potable.

## ALGUNOS DE LOS EJEMPLOS MÁS IMPORTANTES

**Enero/2000** la catástrofe de Baia Mare, en Rumania, por derrame de cianuro que afectó a Hungría, Rumania y Yugoslavia afectando al suministro de agua potable de 2,5 millones de personas y a las actividades económicas de más de un millón y medio que viven del turismo, la agricultura y la pesca a lo largo del Río Tisza.

**Diciembre/1992** la catástrofe de Summitville, en Colorado -EE. UU, por derrame de cianuro y metales pesados, la compañía quebró dejando daños ambientales cuya reparación se estiman en **150 millones de dólares**, eliminó la vida acuática a lo largo de 27 km del río Alamosa.

•**1992 - Carolina del Sur (EEUU)**, más de 11.000 peces muertos en 80 km por derrame de Cianuro.

•**1994 - Sudáfrica**, 10 mineros murieron al ser cubiertos por un mezcla de barro cianurado cuando cedió una barrera de un dique de cola.

•**1995- Guyana**, mas de 3.2 millones de litros de solución de cianuro se volcaron a Río Essequibo. La OPS demostró que murió la vida acuática a lo largo de 4 km.

•**1998- Dakota del sur (EEUU)**, se derramaron 7 ton de solución de cianuro, con la consecuente muerte de peces y vida acuática.

# **TOXICOLOGÍA**

La aceptabilidad de los riesgos del uso de una sustancia debe basarse en la valoración de los *beneficios* para los individuos, la sociedad y el ambiente.

El nivel de riesgo aceptable depende de muchos factores:

- La necesidad satisfecha por la sustancia
- Las alternativas del uso del compuesto
- El grado de exposición del público
- Consideraciones económicas
- Efectos sobre la calidad del medio
- La conservación de los recursos naturales

# Fuentes de intoxicación

- **Plaguicidas** (Ac. Cianhídrico, actualmente en desuso)
- **Vegetales** (Glucósidos cianógenéticos, intoxicación casuales en ganado)
- **Cámaras letales.**(Ac. Cianhídrico, en Auschwitz, pena de muerte)
- **Industria** (Cianamida cálcica, cianuros de calcio, aceto nitrilo...etc., en cantidades reducidas)
- **Extracción de metales** (Cianuro en solución, en *cantidades masivas*)

# **VIAS DE INGRESO AL ORGANISMO**

- RESPIRATORIA**
- DÉRMICA**
- CONJUNTIVAL**
- DIGESTIVA**

## TOXICIDAD AGUDA:

DOSIS LETAL: 150-300 mg NaCN  
SIGNIFICATIVA: 50 mg NaCN

DOSIS LETAL : 90-100 mg HCN  
SIGNIFICATIVA: 20-40 mg HCN

# SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN AGUDA

- Irritación de mucosas, ardor de boca y faringe
- Dolor de cabeza, mareo, confusión, ansiedad
- Náuseas, vómitos, convulsiones
- Taquicardia, tensión en el pecho, edema pulmonar
- Alternancia de respiración rápida con lenta y jadeante
- Coloración de la piel roja o rosa brillante.

**EFECTOS CRÓNICOS (s/ NIOSH; Criteria Document: Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts p.190 (1976))**

**CARDIOVASCULAR:** Palpitaciones.

**RESPIRATORIO:** Irritación y tensión en el pecho

**NEUROLÓGICO:** Dolor de cabeza, vértigo, fatiga, alteraciones en el apetito y el sueño.

**GASTROINTESTINAL:** Náuseas y vómitos

**DERMATOLÓGICOS:** dermatitis,  
brotes escarlatiniformes y pápulas

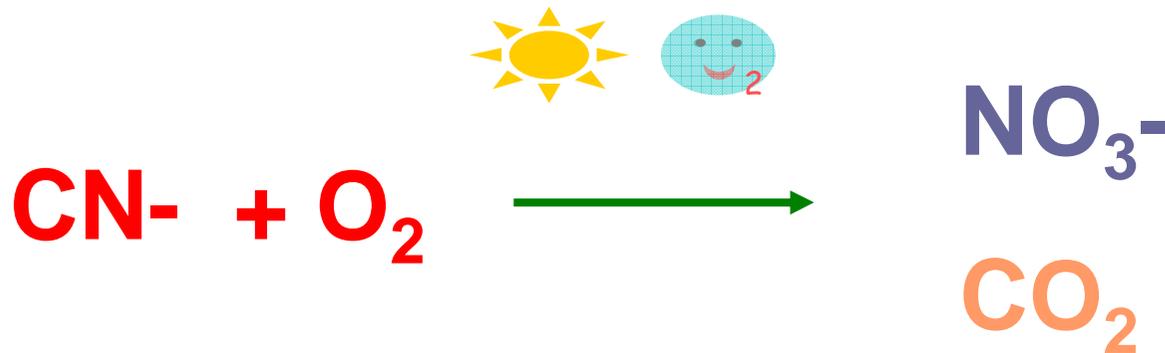
**ENDOCRINO:** agrandamiento de la  
glándula tiroides,  
disfunción tiroides en el metabolismo  
de la vitamina B12.

**REPRODUCTIVO** (en animales): resorción  
o malformaciones en hamster.  
Cambios degenerativos en testículos  
de ratas.

**PROCESO DE  
DESCOMPOSICION  
NATURAL DEL CIANURO**

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

⇒ Las compañías mineras informan que el cianuro, en presencia de oxígeno y luz solar, se descompone dando productos no tóxicos que son el dióxido de carbono y nitratos. □□□



# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

⇒ Disponemos de otros conocimientos que nos permitirían un análisis mas profundo del tema:

- **Las condiciones de reacción**
- **Los factores que afectan la velocidad del proceso**
- **El mecanismo de reacción y productos intermedios**

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

- Las condiciones de reacción

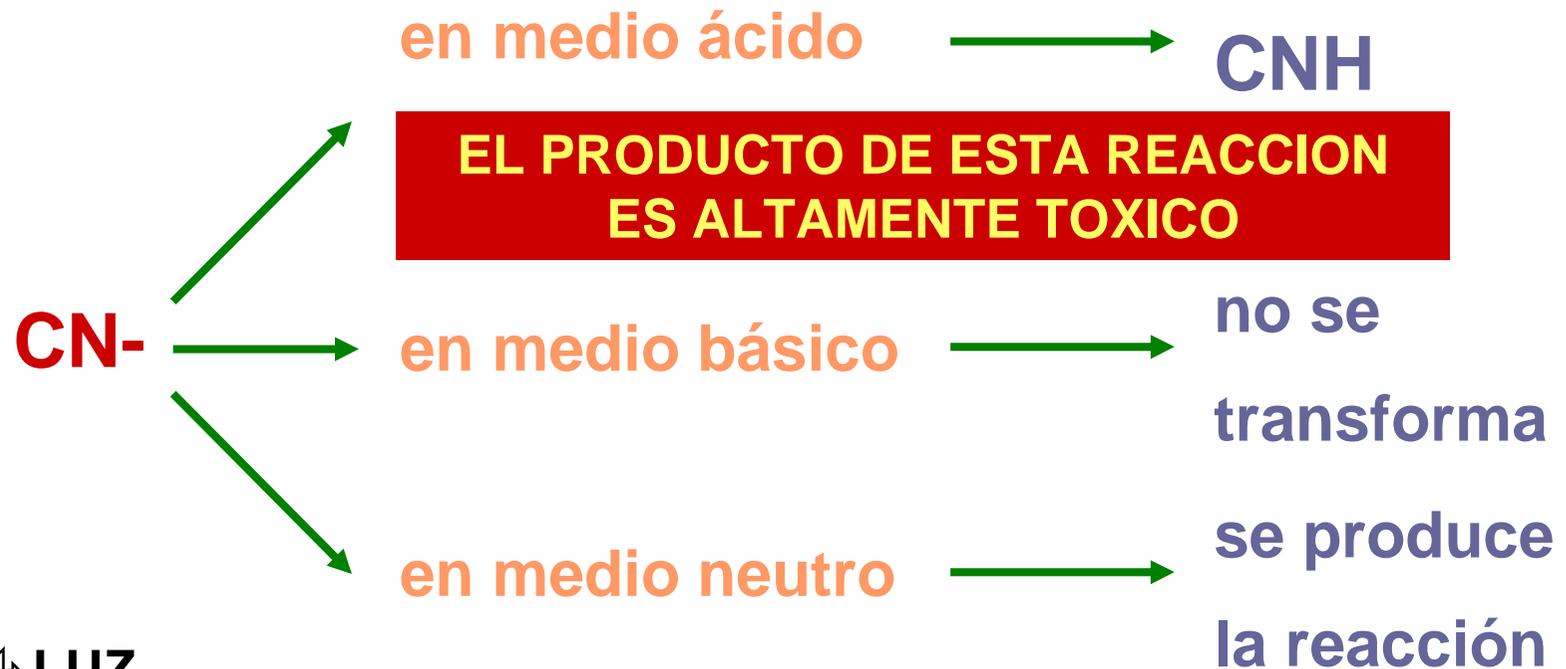
**Son las condiciones necesarias para que el proceso tenga lugar.**

**El cianuro necesita medio neutro y luz solar para que tenga lugar la descomposición.**

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

- Las condiciones de reacción

↪ INFLUENCIA DEL MEDIO (pH)



↪ LUZ

En lagos y lagunas hay mucha zonas oscuras.

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

- Los factores que afectan la velocidad

**La velocidad de las reacciones químicas dependen, entre otros factores de la cantidad de los reactivos en contacto.**

**En este caso el cianuro y el oxígeno.**

**Los potenciales arroyos, lagunas o lagos contaminados, solo tendrían oxidación a nivel superficial (zona de mayor contacto con el aire) en temporadas relativamente cálidas ya que en invierno el hielo o la nieve sobre la superficie lo impediría.**

**Por lo tanto la velocidad de descomposición del cianuro va a depender de cuan aireada esté el agua contaminada.**

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

- **Mecanismo de reacción y productos intermedios**

Las reacciones no siempre ocurren en un solo paso como se las esquematiza teóricamente. En este caso la aparición de productos intermedios (altamente letales) lo confirma.

Se han encontrado varios productos intermedios:

- Cianógeno
- Cianatos (permanecen mucho tiempo)
- Tiocianatos (se detectó mortandad de truchas)
- Clorocianógeno
- Amonio (altamente tóxico)

Es decir la reacción total no nos informa acabadamente sobre los riesgos a tener en cuenta.

La permanencia por mucho tiempo de estos productos intermedios pone en peligro a los organismos vivos.

# PROCESO DE DESCOMPOSICION NATURAL DEL CIANURO

- **Mecanismo de reacción y productos intermedios**

En un informe de la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA) desconocen el alcance de la fotólisis, inclusive si esta ocurre en gran medida. En las dos oportunidades en que el informe menciona la fotólisis usa la expresión "may also be" "podría ser" y termina diciendo que se desconoce el alcance de esta reacción.

Estudios realizados por el Geoquímico Robert Moran demostraron la presencia de cianuro en varios mg. por Kg. en:

- \* Missouri (25 años después de la explotación minera).
- \* Auschwitz (45 años después del uso del gas CNH en las cámaras de exterminio usadas por los nazis).

# Higiene y Seguridad:

## International Chemical Safety Cards (NaCN)

### Peligros Físicos – Peligros Químicos

La sustancia se descompone en contacto con agua, humedad, carbonatos alcalinos y ácidos produciendo *cianuro de hidrógeno*, gas muy tóxico. La solución en agua es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva.

### Limites de exposición en el lugar de trabajo:

TLV (Valor Umbral Límite): 10 mg/m<sup>3</sup> (como HCN)

### Vías de exposición:

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

### Riesgo de inhalación:

La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.

### Efectos de exposición de corta duración:

Corrosivo. La sustancia es corrosiva a los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La sustancia puede tener efectos sobre el sistema nervioso central. La exposición puede producir la muerte.

## Datos Ambientales

Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debe prestarse atención especial al agua.

## NOTAS

- Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua.
- El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo.
- La alerta de olor es insuficiente cuando se supera el valor límite de exposición.

## Tipos de Peligro

### Incendio

No combustible. Produce gas inflamable en contacto con agua o aire.

NO utilizar agua. Indumentaria de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración.

### Explosión

Riesgo de incendio y explosión con ácidos, agua o carbonatos alcalinos.

Mantener frío los contenedores por pulverización con agua, pero no en contacto directo con esta.

## Exposición

Evitar dispersión de polvos.

*Higiene estricta.*

Inhalación:

Sensación de quemazón, dolor de cabeza, jadeo, dolor de garganta, pérdida de conocimiento, debilidad, convulsiones.

*Ventilación adecuada.*

Piel:

¡Puede absorberse!, quemaduras cutáneas, sensación de quemazón, dolor.

***Guantes protectores, traje de protección.***

Ojos:

Dolor, quemaduras profundas graves.

***Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial.***

Ingestión:

Calambres abdominales, diarrea, vómitos.

***No comer, beber o fumar durante el trabajo.***

## Derrames y Fugas:

- Evacuar la zona de peligro,
- NO verter en el alcantarillado,
- Barrer la sustancia derramada e introducir en un recipiente hermético, trasladar a continuación a un lugar seguro,
- Nunca poner en contacto directo con el agua

*(protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).*

## Envasado y Etiquetado:

Hermético, envases irrompibles, etiquetado obligatorio.

NO transportar con alimentos.

## Almacenamiento:

- Contenedores herméticamente cerrados.
- Claramente identificados.
- Separado de alimentos, bebidas y cualquier otro material utilizado para consumo humano.
- Evitar contacto con ácidos o sales ácidas.
- Mantener en lugar seco y en una habitación bien ventilada.

## Prácticas en el lugar de trabajo:

- Realizar las operaciones en un lugar cerrado con ventilación de escape local en el lugar de las emisiones químicas.
- Transferir el cianuro en forma automática.
- Cambiarse inmediatamente la ropa que ha sido contaminada por el cianuro. No llevar a su casa ropa de trabajo contaminada.
- Deben suministrarse instalaciones para duchas de emergencia.
- No comer, fumar o beber donde se manipula, procesa o almacena el cianuro.

## Vestimenta

- Usar ropa y guantes de protección.
- Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, gorros y cascos) debe estar limpia, disponible cada día y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.

## Protección de los ojos

- Cuando trabaje con soluciones que contengan cianuro, use gafas a prueba de salpicaduras.
- Cuando trabaje con polvo, use gafas a prueba de polvo.

## Protección respiratoria

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Ecotoxicology & Environmental Safety 49(3):255-261, 2001 Jul
- Journal of Toxicology & Environmental Health. Part A. 65(2): 149-163, 2002 Jan 25.
- Criteria Document: Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts p.190 (1976) NIOSH (United States National Institute for Occupational Safety and Health);
- U.S. Geological Survey. Geoffrey S. Plumlee, MS973, Denver Federal Center, Denver, CO, 80225; (303) 236-1200
- United States Environmental Protection Agency (EPA)
- National Library of Medicine - SIS (Specialized Information Services)
- CCOHS (Canadian Centre for Occupational Health and Safety) 1996.