

Mercurio y Cianuro en Minería Artesanal de la Provincia de El Oro, Ecuador



Ing. Patricio C. Velásquez
Global Mercury Project, UNIDO and
University of British Columbia

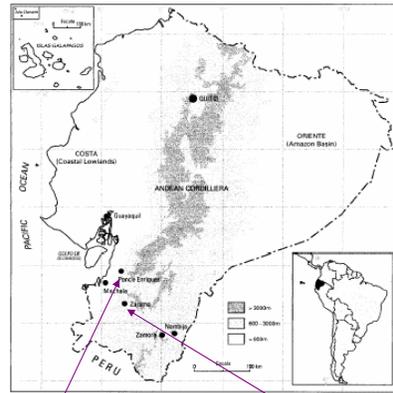


Descripción de la Presentación

- Proceso de extracción del oro en la minería artesanal en Ecuador.
- Relación $\text{Oro}_{\text{producido}} - \text{Mercurio}_{\text{gastado}}$
- Balance y destino del Mercurio.
- Mercurio en aire exalado en la Minería Artesanal del Ecuador.
- Proceso de Cianuración
- La minería y el Ecosistema

La minería artesanal en el Ecuador

- 1904 South American Development Co. En Protovelo-Zaruma.
- 1950 El Gobierno Ecuatoriano toma la Mina. 1984 Inicio de la minería artesanal
- Portovelo, 22.000 habitantes, 80% en la minería.
- Bella Rica. Inició en 1987



Bella Rica

Portovelo

Régimen de propiedad

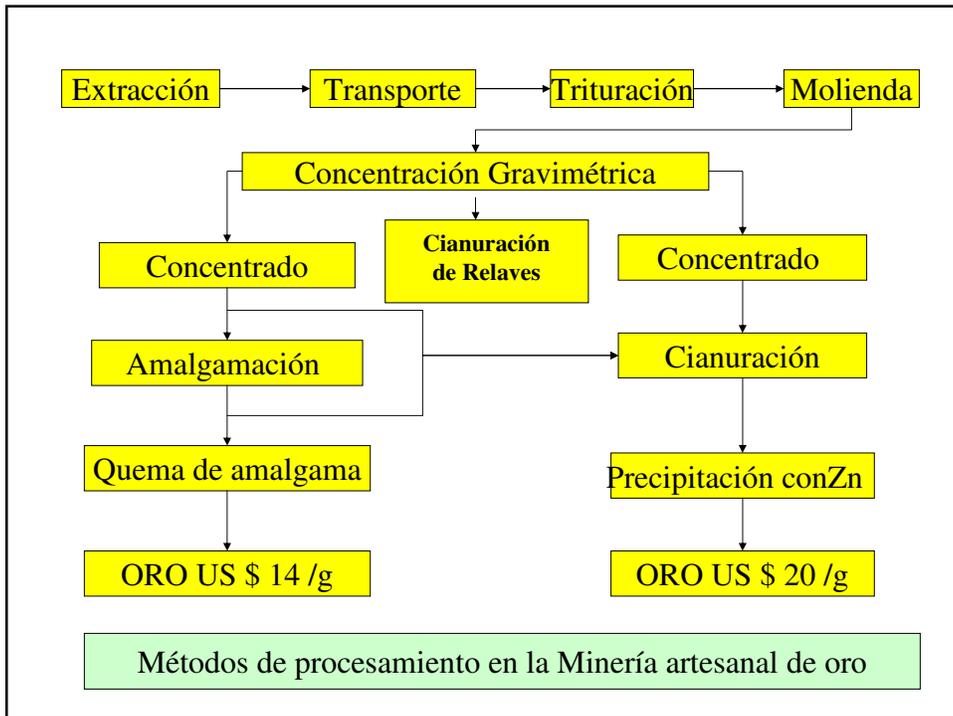
- Formas de beneficio en la renta:
 - Explotación directa
 - Asocio del propietario con el concesionario legal
 - Porcentaje de producción que recibe el propietario o concesionario de parte de los trabajadores directos (asociados)
 - Asocio o beneficio que obtiene el molinero por la renta de equipos a los mineros.





Trituración

Molienda



Limpeza de Arena



- Los concentrados son limpiados sin la utilización del mercurio.
- De las cantidades recolectadas obtienen un pequeño concentrado para la amalgamación.

Proceso de Amalgamación

- La arena es molida y el mercurio es añadido en pequeñas proporciones.
- Duración del proceso 3,5 horas
- Se pesó el mercurio añadido y se midió la concentración de mercurio con LUMEX.

Concentración Hg-aire:

25 ng/m³

650 ng/ m³

8000 ng/ m³



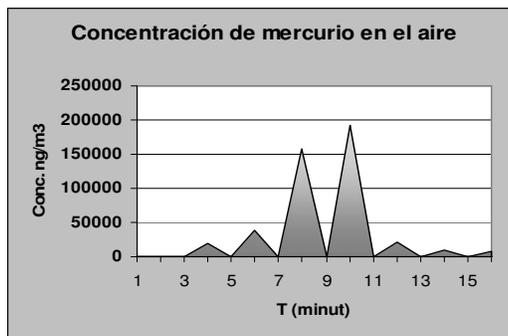
Proceso de Amalgamación

- Azúcar morena es añadida para limpiar la superficie del oro
- La amalgama es presionada manualmente para la recuperación de mercurio

Hg- aire: 12400 ng/m³

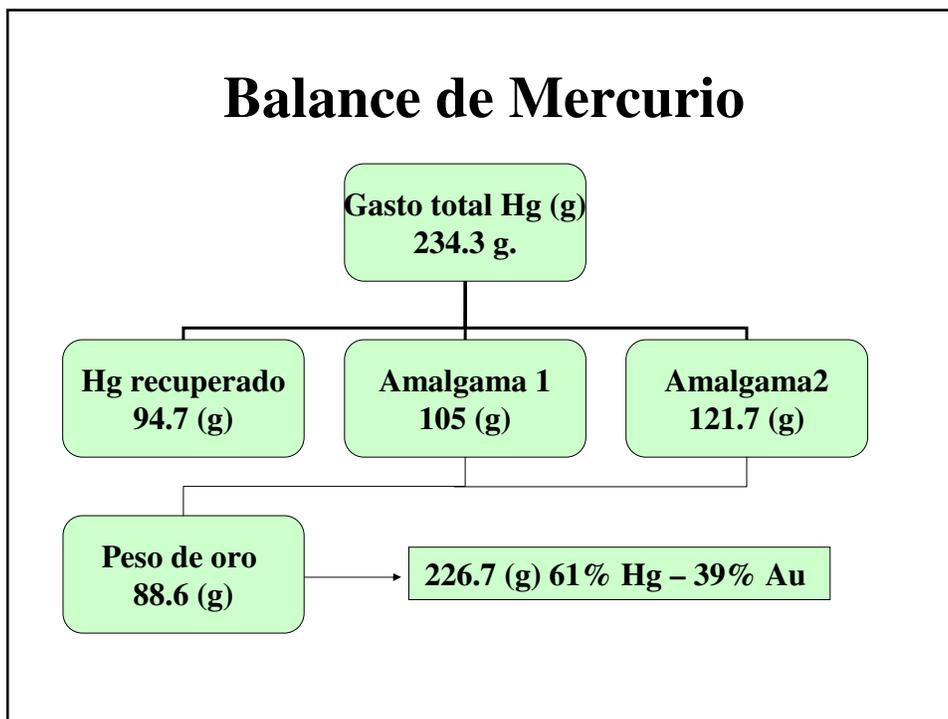


Concentración de Mercurio en aire durante la quema de la amalgama

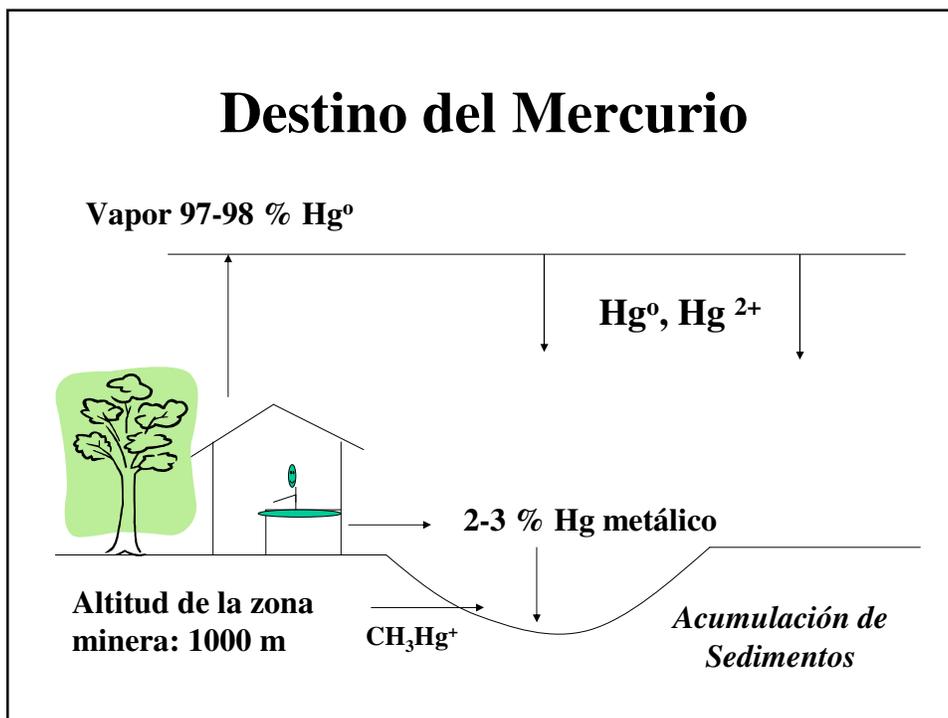


Concentration de Hg en aire exalado en 3 personas:
Antes de quemar amalgama: 147,3 (sd 6,4) ng/m³
Después de quemar amalgama: 1513,3 (sd 480,1) ng/m³

Balance de Mercurio



Destino del Mercurio



Cianuro

- Una molécula de Carbón y una de Nitrógeno en un triple enlace.
- Forma tóxica es HCN ya sea en forma gaseosa o acuosa.
- Una cucharadita con 2% de cianuro puede matar una persona (3-5 mg HCN/kg de peso corporal).
- A pH de 9.3 - 9.5, CN^- y HCN están en equilibrio.
- A pH de 7, el 99 % del cianuro es HCN
- Las solubilidad de HCN decrece cuando la temperatura y la salinidad en el agua aumenta.



Agitadores: 6-7 m³
12 horas de agitación
100 kg Cianuro /t de arena
Demasiado Cianuro!!!
50 kg cal

MINERAL + AGUA +
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pH = 10 + NaCN

EL USO DEL CIANURO

**Esparcen cianuro
en los concentrados,
y agitan la solución.**



Decantación

El oro forma un complejo de oro cianuro (Au CN_2^-)

Se separa la solución en tanques secuenciales repitiendo la recirculación

El oro es precipitado con limaduras de zinc

Proceso Merrill-Crowe



Limaduras de Zinc para absorción de oro



Fundición de limaduras de zinc y evaporación de zinc

Obtención de la barra doré, todavía con zinc, cobre y plata





Tratamiento de la barra doré con ácido nítrico

La barra doré es refinada con un tratamiento de ácido nítrico para disolver la plata, zinc, cobre, etc.

Forma sólida: Oro →



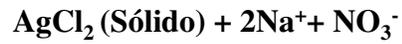
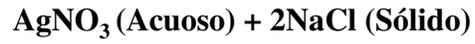
Fundición con borax

Obtención de oro refinado





Precipitación de la plata con cloruro de sodio



Mescla con limaduras de acero forma FeCl_2

Ag metálica es precipitada



La plata fundida es vertida en agua.



Problemas con el cianuro

- El Cianuro es extremadamente tóxico.
- Las pozas con relaves que contienen cianuro pueden sufrir derrames.
- El cianuro puede enlazarse a otros metales y sostener su toxicidad.
- En condiciones aeróbicas, cianuro se transforma en NH_3 , compuesto que luego se oxida formando NO_2^{2-} y NO_3^- .

Problemas con el cianuro

- Peces e invertebrados acuáticos son muy sensibles al cianuro.
- Bloquea la absorción de oxígeno y causa sofocación. Aumenta la susceptibilidad a problemas patológicos.
- 5,0 a 7,2 ug/L inhibe la reproducción de muchas especies acuáticas. Reduce su capacidad de natación.
- 20-76 ug/L causa la muerte de muchas especies.
- La sensibilidad depende de temp., pH, oxígeno



Los relaves están en contacto directo con el río y no reciben tratamiento previo.

Un diagnóstico rápido demostró un pH de 5,9 en el río de alto caudal.
Drenaje ácido de la oxidación de sulfuros



Que Pasa Cuando el Cianuro y el Mercurio se Juntan?

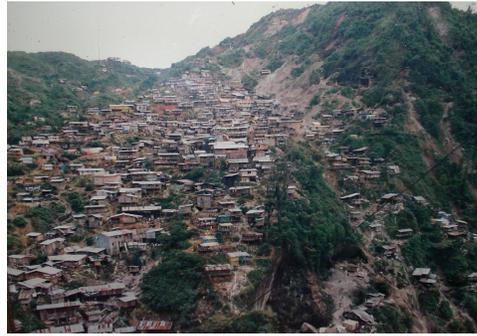
- Mineros hacen cianuración de relaves contaminados con Hg
- Metil mercurio es tóxico
- HCN es tóxico
- Es capaz el cianuro de favorecer la posibilidad de metilación?
- Condiciones Anaeróbicas o Aeróbicas.

La explotación se realiza a altitudes superiores a 900m

Los relaves son descargados a los ríos

Hg puede ser oxidado y complejado con materia orgánica

Hg y CN son transportando a otras comunidades



Los efectos acumulativos del mercurio y la interacción del mercurio y el cianuro dependen de las características de cada ecosistema.

En Ecuador, existe atención a las interacciones con la faja costera, los cultivos del camarón y los efectos en comunidades de manglar y de pescadores que habitan esas zonas.



Problemas por Resolver en Relación al Mercurio y Cianuro

- **Cuál es el comportamiento del Mercurio y Cianuro en relación a la formación del Metilmercurio?**
- **Cual es la interacción de los desechos mineros con la agricultura, la acuicultura y pesquerías de las zonas costeras.**
- **Cuáles son los efectos del Mercurio y cianuro sobre los ecosistemas y la salud humana.**

Resumen

- **Proceso ineficiente de exprimido durante el proceso de amalgamación.**
- **Relación de Au-Hg 1:1,5**
- **Muy malas condiciones de seguridad en el trabajo de los mineros artesanales.**
- **Los niveles de mercurio en los pulmones de trabajadores: 1513 ng/m³ durante el proceso de quema de amalgama.**

Resumen

- **La concentración de mercurio en aire durante la quema: hasta 193800 ng/m³**
- **Los relaves de la minería con mercurio y cianuro son desechados hacia las corrientes de rios**
- **Mayor investigación se requiere para conocer las consecuencias e interacciones con otras industrias (bananera, camaronera)**