

CONTAMINACION AMBIENTAL POR MERCURIO DE LOS RIOS CHAIRO Y HUARINILLA EN EL PARQUE NACIONAL Y AREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO COTAPATA

S. Irma Quiroga Veizaga *

Maestría en Ecología y Conservación - U M S A

Laurence Maurice Bourgoïn

ORSTOM - BOLIVIA

* Carrera de Ciencias Químicas, UMSA

RESUMEN

El presente trabajo estudia la contaminación por mercurio ocasionado por la minería del oro en el Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado Cotapata (PN ANMI).

El área minera está ubicada en la cabecera de una cuenca subandina donde nace el río Chairo afluente del río Huarinilla (que a su vez es afluente del río Coroico). ambos ríos atraviesan el área protegida pasando por la población de El Chairo.

Se han determinado las concentraciones de mercurio en sólidos suspendidos, en sedimentos y en peces, colectados en el Area Protegida del Parque Nacional Cotapata.

Las muestras de agua colectadas en cinco puntos del área de estudio fueron cuidadosamente procesadas aplicando en ellas protocolos denominados "ultralimpios" (Ahlers et al, 1990), métodos que se aplicaron desde la preparación del material a ser usado en la campaña de muestreo.

Los resultados del análisis químico de mercurio en sólidos suspendidos en dos puntos de la cabecera del río Chairo son de 4 y 15 $\mu\text{g/g}$. Los valores obtenidos en sedimentos de fondo son 11,5 $\mu\text{g/g}$ en la cuenca y 0,41 $\mu\text{g/g}$ en la confluencia de los ríos Chairo y Huarinilla, en los peces del río Huarinilla la concentración media obtenida es de 0,142 $\mu\text{g/g}$ es decir inferior al valor recomendado por la OMS, de 0,2 $\mu\text{g/g}$.

Los resultados han sido comparados con otros obtenidos para la región amazónica boliviana y brasileña y con datos de límites permisibles recomendados por organizaciones de salud.

Se concluye que existe un inicio de contaminación por mercurio en los cauces de los ríos Chairo y Huarinilla, aunque esta contaminación no es todavía muy significativa.

ABSTRACT

This work studies mercury contamination to gold-mining activities in the "Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado Cotapata". The min-



ing area takes place on the head of a subandina river basin, the Chairo and Huarinilla rivers, afluent of Coroico river. Both run the protected area and go through the Chairo Village.

The mercury concentrations have been determined in suspended solids and fishes that were collected in the area of Cotapata National Park. The water samples were collected in 5 points of the study area and were processed carefully, ultraclean protocols were used (Ahlers et al, 1990).

The mercury analysis results obtained in suspended solids in 2 points of the Chairo River head 4 and 15 µg/g. The obtained values in bottom sediments are 11,5 µg/g in the river basin and 0,41 µg/g in the Chairo and Huarinilla rivers; in the fishes in the Huarinilla river the average concentration is 0,142 µg/g.

So here is a beginning contamination risk by mercury in the Chairo and Huarinilla rivers.

INTRODUCCION

El Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado Cotapata es una región donde hace más de 10 años se establecieron mineros relocalizados organizados en cooperativas y sindicatos para dedicarse a la explotación de oro.

Los mineros de estas cooperativas utilizan mercurio en el proceso de explotación. Algunas de estas cooperativas mitigan parcialmente sus afluentes mercuriales usando retortas pero, la mayoría no lo hace por el tiempo que el proceso les significa y por falta de sensibilización a los problemas de contaminación.

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es evaluar la contaminación ambiental de los ríos Chairo y Huarinilla debido a las actividades mineras auríferas a partir de la determinación de las concentraciones de mercurio en sólidos suspendidos, sedimentos y peces, colectados en aguas de la zona de estudio.

Valores de mercurio recomendados

La tabla N° 1, muestra valores de mercurio recomendados por diferentes Organizaciones de salud y países

TABLA N° 1
VALORES RECOMENDADOS

| Valores recomendados | OMS/OPS /FAO | Bolivia (*) | Brasil (**) |
|----------------------------|---------------------|-------------|-------------|
| Agua potable (µg/l) | 1,0 | | |
| Aguas (µg/l) | 0,2 | 1,0 | |
| Sólidos suspendidos (µg/g) | 1,0 | | |
| Sedimentos (µg/g) | 0,8 | 0,8 | |
| Peces (µg/g) | 0,5 0,2 (inicio) | | 0,5 |

(*) Reglamento de la Ley del Medio Ambiente

PRESENTACION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional COTAPATA se encuentra en el Departamento de La Paz ocupando la región de cordillera y sus primeras estribaciones, tiene una superficie de 58 620 Ha, presenta una superficie mayor en la provincia Nor Yungas (Cantón Pacollo, 80%) y una superficie menor en la provincia Murillo (Cantón Zongo, 20 %) (Ribera, 1995).

El Parque Nacional Cotapata fue creado por DS 23547 en 1993, con el propósito de preservar un área cuya importante proporción permanece inalterada ó poco intervenida, forma parte del Sistema Nacional de Areas Protegidas SNAP y está situada entre los 5600 y 1100 msnm abarcando grandes pisos ecológicos: desierto helado ó Periglaciario. Piso altoandino, bosque nublado y bosque yungueño (Ribera, 1995).

La región de explotación de oro abarca la naciente del río Chairo entre los 3200 y 2900 msnm. La zona minera aurífera se encuentra ubicada a 58,3 km. de la ciudad de La Paz (Quispe, 1995) sobre la carretera troncal La Paz - Nor Yungas. En esta zona se han ubicado tres cooperativas mineras auríferas ocupando una superficie de 637 Ha (Fig. 1).

Según Ribera (1995), el valle del Huarinilla y sus afluentes se caracterizan por ser zonas ricas en depósitos auríferos aluvionales, también existen en la zona filones granodioríticos que se caracterizan por la presencia de vetas cuarcíticas de oro subvolcánicas, muy relacionadas con yacimientos de wolfram, antimonio y bismuto. El oro presente en la zona es de veta, es decir es material de roca

primaria. Los mineros deben abrir tajos y socavones para extraer el mineral aurífero.

Cooperativas en actividad

Las 3 cooperativas estudiadas en el presente trabajo son:

1. Cooperativa Jesús del Gran Poder situada a 3100 msnm.
2. Cooperativa Unión Ideal, se encuentra a 2950 msnm.
3. Cooperativa Cotapata, que se encuentra situada a 2900 msnm.

Considerando que se utilizan 4500 g de mercurio entre las tres cooperativas cada 15 días, se pierden alrededor de 1450 g entre la atmósfera y las aguas del río Chairo. Anualmente se amalgama 24,3 veces el mineral extraído, como consecuencia se pierden aproximadamente 35 Kg Hg/año, solamente en el ecosistema de la cabecera de cuenca.

MATERIAL Y METODOS

Las campañas de muestreo en el terreno fueron realizadas en dos áreas específicas:

POBLACION DE EL CHAIRO y COTAPATA

Muestras de aguas y sedimentos fueron colectadas al final de la época de aguas bajas, es decir en el estiaje, el 12 de octubre en la población del Chairo y el 13 de octubre en Cotapata y los peces el 27 de octubre de 1995 en el río Huarinilla (población del Chairo).

El material de muestreo utilizado para la determinación de concentraciones de mercurio en sólidos suspendidos comprende exclusivamente frascos de Teflón y filtros preparados de acuerdo a protocolos de limpieza denominados ultralimpios (Ahlers et al, 1990).

Se tomaron muestras de agua en los ríos Chairo y Huarinilla (Fig. 1), se tuvo el cuidado de tomar las muestras utilizando guantes nuevos para cada muestra. Los frascos fueron introducidos en bolsas con cierre hermético y conservados a 4° C hasta el momento de la filtración.

Datos de temperatura, pH y conductividad de las aguas fueron medidas in situ, en todos los puntos de muestreo (Tabla N° 2).

Entre 3 a 6 horas después del muestreo, se filtraron las aguas para retener en los filtros la fracción de partículas sólidas conteniendo mercurio. Los filtros fueron puestos en cajas Petri limpias, los sedimentos secados a temperatura ambiente y conservados en bolsas plásticas. Los peces colectados en el río Huarinilla en el lugar de colecta de aguas y sedimentos (S₁), fueron conservados en bolsas plásticas y congelados hasta el análisis químico (Malm et al, 1990).

Análisis químico

El análisis químico de mercurio de todas las muestras se hizo en el Laboratorio de Radioisótopos Eduardo Penna Franca de la Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil, bajo la responsabilidad científica del Dr. Olaf Malm, Director del Instituto de Biofísica. El equipo utilizado fue un espectrofotómetro de absorción atómica Modelo

AA 1475, provisto de generador de vapor frío, (modelo VGA-76), marca Varian.

RESULTADOS E INTERPRETACION

Resultados en aguas

TABLA N° 2
PARAMETROS FISICOQUIMICOS PARA
MUESTRAS DE AGUAS

| Muestra | Río | Fecha | pH | Conduc-tividad (µS/cm.) | Tempe-ratura (°C) |
|----------------|-----------------------|----------|-----|-------------------------|-------------------|
| S ₁ | Huarinilla | 12-10-95 | 7,3 | 22,0 | 17,1 |
| S ₂ | Chairo | 12-10-95 | 7,0 | 21,9 | 17,6 |
| S ₃ | Chairo | 12-10-95 | 6,9 | 22,5 | 17,9 |
| S ₄ | Chairo Cotapata | 13-10-95 | 4,0 | 21,9 | 13,1 |
| S ₅ | Vertiente Cotapata | 13-10-95 | 6,0 | 22,0 | 14,2 |

El perfil fisicoquímico de los 3 primeros puntos de muestreo es similar: El pH es neutro (de $7,0 \pm 0,2$), la conductividad es baja y representativa de agua poco mineralizada ($22,1 \pm 0,4 \mu\text{S/cm}$). Por el contrario, aguas muestreadas en la mina Cotapata son ácidas especialmente en el punto S₄. Ese punto recibe los afluentes de la mina Unión Ideal y es localizado en un área rica en piritas, esto explica el valor de pH 4. En cambio, las actividades mineras no afectan a la conductividad de las aguas superficiales ($22 \mu\text{S/cm}$).

Resultados en sólidos suspendidos

TABLA N° 3
RESULTADOS DE ANALISIS DE MERCURIO EN SOLIDOS SUSPENDIDOS

| Muestra | Ubicación | Río | Sólidos suspendidos (mg./l) | Mercurio ($\mu\text{g/g}$) |
|----------------|---|----------------------|-----------------------------|---|
| S ₁ | 2 Km. abajo de la confluencia con el Chairo | Huarinilla | 2,4 | $16,9 \pm 7,0 \%$ (Precisión del método) |
| S ₂ | 20 m arriba de la mina Esperanza | Chairo | 7,1 | $< 0,16$ límite de detección |
| S ₃ | 30 m abajo de la mina Esperanza | Chairo | 7,6 | $2,2 \pm 0,2 (8,0\%)$ |
| S ₄ | 10 m arriba de la mina Cotapata | Chairo (Cotapata) | 14 031,0 | $3,9 \pm 2,0 (13,0\%)$ |
| S ₅ | Plataforma de la mina Cotapata | Chairo Cotapata | 702,4 | $15,1 \pm 7,0\%$ (precisión del método) * |
| | Valor recomendado OMS/OPS | | | 1 |

* El valor corresponde al análisis químico de la muestra sin duplicado.

Interpretación

El contenido de mercurio en sólidos suspendidos es representativo de la contaminación instantánea debido a las actividades mineras en curso en la zona de estudio, mientras que los valores obtenidos en los sedimentos representan una integración en el tiempo de las actividades mineras, evolución en la historia de la explotación y beneficio del oro.

Los resultados obtenidos en los puntos río arriba

de la zona de estudio S₄ y S₅, presentan valores de $4 \mu\text{g Hg/g}$ arriba de la mina hasta $15 \mu\text{g Hg/g}$ a la salida de la plataforma de amalgamación. Esos valores sobrepasan ampliamente hasta 15 veces los límites recomendados por la OMS.

No se pueden tomar en cuenta los valores obtenidos en el punto S₂ por inadecuación del método a bajas concentraciones de mercurio en sólidos suspendidos. Considerando los tres puntos de muestreo en la cabecera del río Chairo, se puede observar una disminución de

la contaminación del agua en el río Chairo a su confluencia con el Huarinilla. Esto se explica debido a una dilución progresiva por los afluentes no contaminados y por la deposición progresiva de los sólidos suspendidos en el curso del río.

Considerando que el mercurio total disuelto contenido

en las aguas del río Chairo es despreciable frente al mercurio total en sólidos suspendidos, se puede calcular que las concentraciones de mercurio de las aguas de los puntos S1, S3, S4 y S5 son respectivamente de 0,014; 0,035; 56 y 8,5 $\mu\text{g/l}$, es decir que únicamente para la cabecera del río Chairo, los valores sobrepasan los límites permisibles.

Resultados en sedimentos

Tabla N° 4
RESULTADOS DE LOS ANALISIS
DE MERCURIO EN SEDIMENTOS

| Muestra | Ubicación | Río | Mercurio ($\mu\text{g/g}$ peso seco) |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--|
| S1 | 2 Km abajo de la confluencia con el río Chairo | Huarinilla | $0,28 \pm 0,09$ |
| S2 | 20 m arriba de la mina Esperanza | Chairo (población) | $0,41 \pm 0,08$ |
| S3 | 30 m abajo de la mina Esperanza | Chairo (población) | $0,58 \pm 0,18$ |
| S4 | 10 m arriba de la mina Cotapata | Chairo (Cotapata) | $11,49 \pm 0,13$ |
| S5 | Plataforma de la mina Cotapata | Chairo Cotapata | $2,24 \pm 0,13$ |
| Valor recomendado OMS (OMS, 1978) | | | 0,8 |

Interpretación

De acuerdo a la Tabla N° 4, podemos observar que la región de Cotapata cabecera del río, estudiada a través de los puntos de muestreo S₄ y S₅ cuyos valores de mercurio total son respectivamente 11,5 y 2,2 µg Hg/g peso seco, constituye la zona de mayor influencia minera.

En esta región se efectúan las actividades mineras de forma intensiva, por lo menos dos de las cooperativas desechan los productos de la amalgamación al medio acuático a través del río. La pendiente del río es bastante pronunciada, por lo menos de 40%, lo que contribuye a transportar muy rápidamente los sólidos suspendidos y sedimentos contaminados.

Los sedimentos fueron recogidos al final de la época seca, la poca cantidad de agua limita el transporte de sedimentos de la cabecera de la subcuenca andina estudiada. El régimen hidrológico puede explicar el decrecimiento de los valores de mercurio obtenidos en los sedimentos de la parte baja del río Chairo, en ambas partes de la confluencia con el río Huarinilla (S₂).

La concentración de mercurio obtenida en el punto S₂ (0,407 µg/g) representa la cantidad de

mercurio acumulada en los sedimentos debido a las actividades mineras localizadas en la cabecera de la cuenca. La diferencia de los valores obtenidos en S₃ y S₂, es decir 0,171 µg/g, es representativa de la contaminación debido a las actividades de recuperación de oro por algunos habitantes de la población del Chairo.

La pendiente menor en la confluencia de los ríos Chairo y Huarinilla favorece en aguas bajas la deposición de sedimentos contaminados que vienen de la cabecera. En comparación con el valor obtenido en Araras (LIDEMA, 1992) sobre el río Madera, caracterizada por un caudal muy importante y una dilución significativa, el valor en S₁ es menos importante que el obtenido en los sedimentos contaminados del río Madera. Por otro lado, a medida que el caudal de las aguas aumenta por los afluentes de la serranía, en el río Huarinilla, donde la pendiente es mucho menor (2%), los sedimentos se depositan en las riberas de estos ríos a través del tiempo.

La explotación de oro en la población del Chairo contribuye sobre el contenido de mercurio en los datos obtenidos. Estos depósitos son el resultado de más de 10 años de acumulación. No existen estudios anteriores al presente con los que se pueda comparar los datos obtenidos en este trabajo.

Resultados en peces

Tabla N° 5 RESULTADOS DE LOS ANALISIS
DE MERCURIO EN PECES

| Lugar | Fecha | Especies colectadas | Mercurio (µg/g) |
|------------------------------------|----------|---------------------|--------------------------|
| R. Huarinilla (S ₁) | 27-11-95 | Characidae sp | 0,122 ± 0,120 (± 9,8%) |
| R. Huarinilla (S ₁) | 27-11-95 | Trichomycteridae sp | 0,109 ± 0,038 (± 3,5%) |
| R. Huarinilla (S ₁) | 27-11-95 | Trichomycteridae sp | 0,167 ± 0,030 (± 1,8%) |
| R. Huarinilla (S ₁) | 27-11-95 | Trichomycteridae sp | 0,169 ± 0,057 (± 3,4%) |
| Valor permisible (OMS, 1978) | | | 0,5 |
| Araras- R. Madera LIDEMA (1992) | | Characidae sp | 0,210 ± 0,135 (± 63,6%) |
| R. Madera (Malm,1990) | | Dourada sp | 2,1 |

Interpretación

Las especies colectadas son de tamaño pequeño, la especie de la familia *Characidae* mide en promedio 7 cm y la especie de la familia *Trichomycteridae*, 12 cm.

Los resultados de la tabla N° 5 muestran valores bajos comparados con el valor obtenido para el río Madera de la Amazonía brasileña, 2,1 µg Hg/g (Malm, 1990).

El valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS/OPS, 1978), es de 0,2 µg Hg/g y permisible de 0,5 µg/g. El valor permitido por la legislación brasileña para peces de la Amazonía es de 0,5 µg/g. Los valores encontrados en el presente estudio están por debajo de los límites permisibles.

La tabla N° 6 resume los valores obtenidos en los 3 tipos de muestras colectadas en los ríos Chairó y Huarinilla en octubre de 1995.

Tabla N° 6
VALORES DE CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN MUESTRAS DE
SOLIDOS SUSPENDIDOS, SEDIMENTOS Y PECES ((g/g).

| Muestra | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | Límites permisibles (O.M.S.) |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Sólidos suspendidos | 16,9 ± 7,5% | | 2,2 ± 8% | 3,98 ± 13% | 15, ± 10% | 1,0 |
| Sedimentos | 0,28 ± 3,1% | 0,4 ± 2,0% | 0,58 ± 8,4% | 11,49 ± 1,1% | 2,24 ± 5,8% | 0,8 |
| Peces | 0,14 ± 31% | | | | | 0,5 |

Comparando todos los resultados obtenidos, se observa que los elementos del compartimiento abiótico están contaminados especialmente en los puntos localizados a la salida de las minas de Cotapata.

Se deduce que la contaminación de aguas a través de los sólidos suspendidos es muy importante y sobrepasa hasta 16 veces los valores recomendados por la OMS

Esta contaminación ambiental se explica por varios factores:

1. El método de amalgamación utilizado en la recuperación y beneficio del oro.
2. La historia de la actividad minera desarrollada por más de 10 años.

3. La localización de las minas en cabecera de una pequeña cuenca andina, influenciada por un caudal débil, río angosto, poca dilución en época de aguas bajas, poco aporte de otros ríos ó vertientes.

4. Muestreo en época de aguas bajas lo que hace evidente con mayor fuerza la contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos a través del análisis químico de las muestras de sólidos suspendidos se observa que la contaminación mercurial es alta en las aguas de los ríos Chairó y Huarinilla, por tanto los peces de la zona son susceptibles de bioacumular concentraciones de mercurio importantes a través del tiempo. El mercurio

analizado en los peces de la cuenca no revelan concentraciones elevadas debido a sus tamaños y a sus hábitos alimentarios.

Considerando que los habitantes de las poblaciones del Chairo, Pacollo y los de aguas abajo tienen como fuente de proteínas a los peces, al consumirlos en gran cantidad podrían ser afectados por la contaminación mercurial.

Se evidenció que las concentraciones de mercurio en sólidos suspendidos y sedimentos sobrepasan ampliamente los límites permisibles fijados por la OMS, por lo que parte del ecosistema del Parque se encuentra seriamente afectado por la actividad minera.

La pendiente menor en la confluencia de los ríos Chairo y Huarinilla, favorece en aguas bajas la deposición de los sedimentos contaminados que vienen de la cabecera.

El río Chairo ha sido receptor de sedimentos contaminados con mercurio por más de 10 años y lo es actualmente. La creciente actividad minera desarrollada en el sector de Cotapata, hace que su influencia se extienda hasta el río Huarinilla y aún hacia las partes más bajas de la cuenca.

RECOMENDACIONES

Esta investigación ha puesto en evidencia tres tipos de problemática ambiental debido a la explotación

de oro en esta zona.

- * Sobre el medio ambiente en general
- * Sobre las condiciones de vida y de trabajo de los mineros y
- * Sobre la salud humana.

Estas recomendaciones se dirigen sobre todo a la Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad, organización gubernamental encargada de las Áreas Protegidas.

A. Para la preservación del medio ambiente.

1. Empezar por un monitoreo ambiental en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado: Cotapata cada cierto tiempo, respecto de las emisiones y afluentes mercuriales provenientes de las actividades mineras. Hacer análisis en diferentes compartimientos del ecosistema del Parque (aire, agua, sedimentos, peces, vegetación).
2. Enfatizar la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para minimizar los impactos ambientales de la minería aurífera.
3. Implantar normas con límites permisibles para mercurio y sustancias tóxicas, en aire, aguas, suelos y peces y verificar que los afluentes de las actividades mineras no sobrepasen esos

valores.

4. Controlar la calidad de las aguas que serán utilizadas en el riego de los sembradíos de las poblaciones bajas.

B. Para el mejoramiento de las condiciones de vida de los mineros.

5. Organizar una campaña de educación y concientización a través de Seminarios, Cursos, entre los mineros y población, con respecto a la incidencia del uso del mercurio sobre la salud. En forma general sobre la preservación del medio ambiente del Parque Nacional COTAPATA.
6. Brindar asesoramiento técnico en diferentes rubros, como por ejemplo, manejo adecuado de sustancias tóxicas y técnicas de recuperación de oro.

C. Para la preservación de la salud de los mineros y de los habitantes vecinos.

7. Hacer un control de contenidos de mercurio en sangre, cabellos y orina de los cooperativistas mineros del sector de Cotapata, así como de los habitantes del Parque para conocer el grado de contaminación.
8. Instalar una posta sanitaria para casos de accidentes, urgencias médicas en el sector de Cotapata. Brindar asistencia médica en las

poblaciones del Chairó y Pacollo.

Esas recomendaciones no son por supuesto "exhaustivas", pero tienen la ventaja de ser propuestas a partir de un trabajo de investigación in situ.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes Eduardo Solís de la Carrera de Metalurgia, Rubén Marín de la Carrera de Biología, Jorge Quintanilla de la Carrera de Ciencias Químicas, Margot Franken del Instituto de Ecología, de la Universidad Mayor de San Andrés, a Thomas Hentzchel de MEDMIN, a todos ellos por sus valiosas observaciones. A FONAMA y al Banco Mundial que financiaron este trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ahlers W.W., Reid M.R., Kim, J. R. and Hunter K.A., 1990. Contamination-free Sample Collection and Handling Protocols for Trace Elements in Natural Fresh Waters, Aust. J. Mar. Freshwater Res., 41, 713-20.
- (2) LIDEMA, PL-480, CORDEPANDO, 1992. Estudio del Impacto Ambiental por la explotación del oro en la región de Nueva Esperanza, Araras del Departamento de Pando.
- (3) Malm O., Pfeiffer W., Souza C., Reuther R.,

1990. Mercury Pollution Due to Gold Mining in the Madeira Basin, Brasil, AMBIO, Vol. 19, N° 1, 11-16.
- (4) Maurice Bourgoïn L. and Quiroga V. S.I. Concentrations of mercury in the Madeira river drainage basin. Congress of International Assembly of Hidrological Science. Rabat, Marroco, 1997
- (5) Organización Mundial de la Salud, 1978. Environmental Health Criteria I, Mercury, 148 p.
- (6) O.P.S./O.M.S., 1978. Criterios de salud Ambiental I -Mercurio p 21-23.
- (7) Quispe R., 1995. Inventariación y Diagnóstico de las Cooperativas Mineras Auríferas asentadas en Cotapata, Programa: Manejo Integrado del Medio Ambiente en la Pequeña Minería, 15 p.
- (8) Ribera A.M.O., 1995. Aspectos Ecológicos del Uso de la Tierra y Conservación del Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado: Cotapata, Ecología en Bolivia, Documentos, 50 p.

BECO INTERNACIONAL LTDA.

Rosendo Gutierrez N° 608 Telf. 327742 FAX: 591 - 2 - 392337 Casilla 3388 La Paz - Bolivia

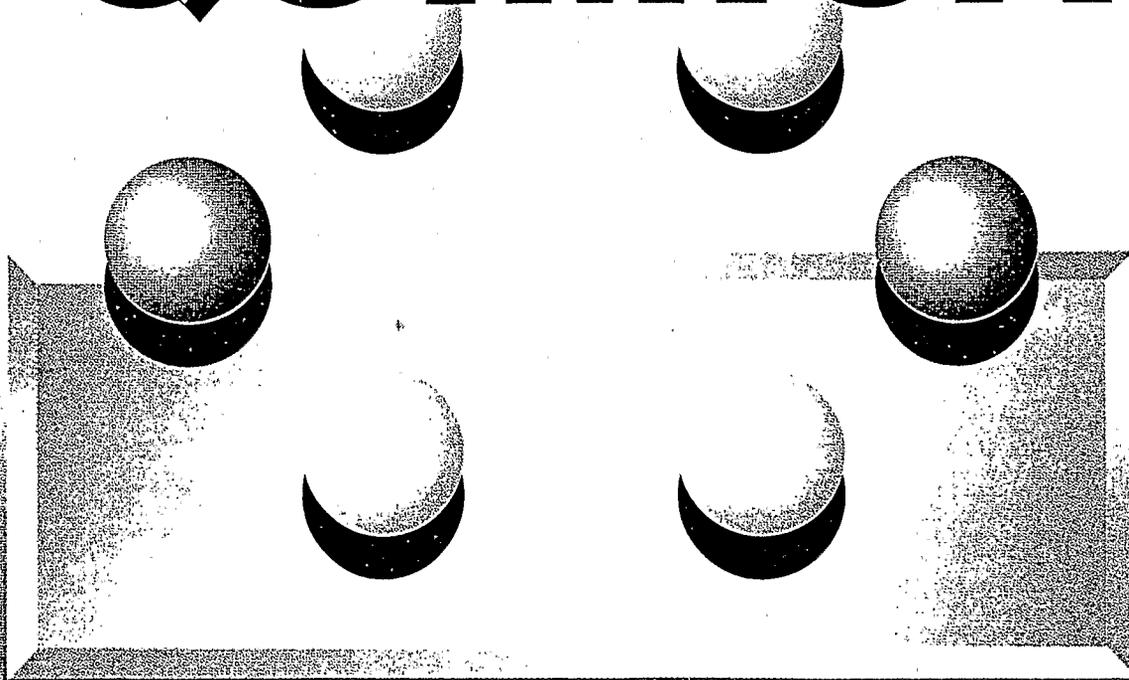
REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA BOLIVIA DE:

PERKIN ELMER

EE. UU. - ALEMANIA FEDERAL - INGLATERRA
Instrumentación analítica

- Equipos y materiales para las Industrias Mineras y Petroleras.
- Equipamiento de laboratorios en general.
- Servicio Técnico Especializado.

**REVISTA BOLIVIANA
DE
QUÍMICA**



Revista Boliviana de Química - Volumen 14 N° 1, 1997

COMITÉ EDITORIAL:

DIRECTOR:

Rómulo René Gemlo Siñani

MIEMBROS:

Luisa B de Jiménez
Waldo Yapu M.

EDICIÓN EN HOMENAJE A:

LOS 20 AÑOS DE LA REVISTA
BOLIVIANA DE QUÍMICA

COLABORADORES:

Jean Olivares
Justino Limachi

REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA

Calle 27 de Cota Cota
Campus Universitario
Casilla 303
La Paz, Bolivia
Telfs. (591-2) 795878 - 770626
Fax (591-2) 792238
e-mail fitoquim@unbol.bo

DIAGRAMACION E IMPRESION :

Imprenta Editorial
EFIGRAF S.R.L.



Av. Ecuador N° 2458
Tel/Fax 410590
Telf. 411325
Casilla 13297
La Paz - Bolivia

Contenido

Pág.

1. José Luis Vila y Luisa B de Jiménez
CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO FITOQUÍMICO DE LA ESPECIE GEOFFROEA DECORTICANS **3**
2. Lucinio G. Sabate y Xabier Tomás
OPTIMIZACIÓN SECUENCIAL EN QUÍMICA MÉTODO SIMPLEX **7**
3. Heriberto Castañeta y Pedro Crespo
SEPARACIÓN DE Li⁺-Na⁺-K⁺-Mg²⁺-Ca²⁺ POR AMALGAMACIÓN ELECTROLÍTICA **22**
4. Javier Linares, Saúl Cabrera y Pedro Crespo
ESTUDIO TEÓRICO DE BASES NITROGENADAS TAUTOMERAS SUSTITUYENTES EN LA REPLICACIÓN DE UN DNA "TIPO SALVAJE" BASADOS EN MAPAS DE ISOPOTENCIAL CERO DE LOS ORBITALES MOLECULARES **29**
5. Rigoberto Choque y Waldo Yapu
ADSORCIÓN DE MERCURIO SOBRE CARBÓN ACTIVADO **36**
6. Laurence Maurice-Bougoin, Phillippe Couray y Jorge Quintanilla
ANÁLISIS DE MERCURIO POR FLORESCENCIA ATÓMICA EN LOS PRINCIPALES RÍOS DE LA CUENCA AMAZÓNICA BOLIVIANA **42**
7. Gabriela Siles y Hans Salm
CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR MINERÍA Y METALURGIA EN LA CIUDAD DE ORURO **52**
8. Kjetil Halvorsen y Ma. Ximena Pozo
ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN LA BÚSQUEDA DE COMPUESTOS QUÍMICOS CON ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y MANUAL DE UN PROGRAMA **59**
9. Irma Quiroga
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO DE LOS RÍOS CHAIRO Y HUARIÑILLA EN EL PARQUE NACIONAL Y NATURAL DE MANEJO INTEGRADO COTAPATA **68**