

INFORME DE AVANCE No	FINAL
PERIODO DEL INFORME :	DEL 10/10/98 AL 10/12/2000

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Titulo del Proyecto : Contaminación por mercurio desechado al medio ambiente por las actividades auríferas, en la cuenca del rio Beni
Institución ejecutora : UMSA-IIQ y IRD (ex-ORSTOM, cooperación francesa)
Responsables del Proyecto: Dra. Laurence MAURICE-BOURGOIN (parte técnica), IRD ☎: 772459 Lucia ALANOCA (parte técnica) y Jorge QUINTANILLA (parte administrativa) - UMSA-IIQ
Presupuesto Total Aprobado : 253711,50 Bs
Linea de financiamiento : Cuenta Ambiental “ Iniciativas para las Americas ”

II. ASPECTOS GENERALES

El objetivo general es : **Determinar el impacto del uso masivo de mercurio sobre el medio acuático y la salud humana, en la cuenca del río Beni hasta Rurrenabaque.**

Como está previsto en la metodología y en el plan de ejecución del proyecto, hemos realizado las **campañas** de muestreos de agua, sedimentos, peces y cabellos siguientes :

➤ **En el area de Rurrenabaque del 10 al 19 de diciembre de 1998**

Esta primera campaña nos ha permitido coleccionar :

- 8 muestras de agua para hacer las analisis de mercurio y de los aniones y cationes.
- 8 muestras de sedimentos en los puntos de muestreos de agua.
- 31 muestras de peces del río Beni en la zona de Rurrenabaque (19 carnivoros).
- 64 muestras de cabellos : 30 de comunidades Essejas, 7 de ribeñeros del Beni alrededor de Rurrenabaque y 27 de los mineros en contacto regulario con el mercurio (inorganico).

➤ **En el area del Yani, en las cabeceras andinas, del 11 al 13 de junio de 1999**

Esta segunda campaña realizada en el marco del financiamiento de la Cuenta ambiental: «Iniciativa para las Américas», nos ha permitido coleccionar :

- 1 muestra de agua en el rio Yani, aguas abajo de la zona minera para hacer análisis de mercurio y de los aniones y cationes.
- 1 muestra de sedimentos en el punto de muestreo de agua.
- 8 muestras de cabellos coleccionadas en mineros de la mina La Suerte, una de las más importantes de la zona aún en actividad.

No se ha podido pescar porque no existen peces en el río Yani (el agua es muy turbia y es de color plomo).

➤ **En el área de Rurrenabaque del 11 al 21 de octubre de 1999**

Esta segunda campaña realizada en el marco del financiamiento de la Cuenta Ambiental: “Iniciativa para las Américas”, nos ha permitido coleccionar :

- 8 muestras de agua para hacer análisis del mercurio en la fracción disuelta y en las suspensiones.
- 8 muestras de sedimentos en los puntos de muestreos de agua.
- 45 muestras de peces del río Beni en la zona de Rurrenabaque (17 carnívoros).
- 59 muestras de cabellos : 24 de comunidades Essejas, 25 de ribereños del Beni alrededor de Rurrenabaque y 10 de los mineros en contacto regular con el mercurio (inorgánico).

➤ **En el área del Illimani, en las cabeceras andinas del río La Paz, el 13 de diciembre de 1999**

Esta campaña realizada en el marco del financiamiento de la Cuenta ambiental: “Iniciativa para las Américas”, nos ha permitido coleccionar :

- 4 muestras de agua en los ríos Apacheta, Challiri y La Paz, aguas arriba, a dentro y abajo de una zona minera importante, la Cooperativa « 15 de Agosto », para hacer análisis de mercurio en la fracción disuelta y en las suspensiones.
- 4 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo de agua.
- 2 muestras de cabellos coleccionadas en mineros de la mina « 15 de Agosto », una de las más importantes de la zona aún en actividad. Pero por falta de cooperación de parte de los mineros y de sus familias, no hemos podido coleccionar más muestras.

No se ha podido pescar porque no viven peces en los ríos mostrados (el agua es muy turbia y poco caudalosa).

➤ **En el área del Illimani, en las cabeceras andinas del río La Paz, el 22 de mayo de 2000**

Esta campaña nos ha permitido coleccionar :

- 4 muestras de agua en los ríos Apacheta, Kheluluni, Chiquilake Muriyaqui y La Paz, aguas arriba, a dentro y abajo de una zona minera importante, para hacer análisis de mercurio en la fracción disuelta y en las suspensiones.
- 4 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo de agua.
- 15 muestras de cabellos coleccionadas en mineros de la mina « Pentecostes », una de las más importantes de la zona aún en actividad.

No se ha podido pescar porque no viven peces en los ríos mostrados (el agua es muy turbia y poco caudalosa).

➤ **En el área del Yani, en las cabeceras andinas, del 23 al 26 de mayo de 2000**

Esta segunda campaña realizada en la zona nos ha permitido coleccionar :

- 5 muestras de agua en el río Yani y uno de sus afluentes, el río San Silvestre, aguas arriba y abajo del río Ancohuma, y en la zona minera para analizar el mercurio en la fracción disuelta y en las suspensiones.
- 5 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo de agua.
- 14 muestras de cabellos coleccionadas en mineros de la mina « Nueva Fortuna » que extraen el oro aluvial.

Todas las minas de la zona, 20 por lo menos, desechan sus aguas y el mercurio directamente al río Yani.

No se ha podido pescar porque no existen peces en el río Yani (el agua es muy turbia y es de color plomo).

En total, hemos coleccionado :

- **76 muestras de peces en el río Beni, alrededor de Rurrenabaque**

- **162 muestras de cabellos**
- **30 muestras de agua**
- **30 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo de agua**

Los análisis de mercurio fueron realizados en triplicado, en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IE-UMSA y realizados de nuevo en caso de cualquier duda o problema experimental (resultados en los materiales de referencia por debajo del valor recomendado, por ejemplo). Los resultados fueron aprobados por el análisis en paralelo de una muestra de referencia enviada por el IAEA (International Atomic Energy Agency, in Vienna) y otra comprada al NIST (National Institute for Reference and Standard) sobre financiamiento del IRD.

Hasta la fecha, tenemos los resultados de las concentraciones en mercurio en todos los peces, cabellos y sedimentos colectados, analizados por nosotras (Irma Quiroga, Lucia Alanoca, Lizshet Flores y yo) en el LCA del Instituto de Ecología de la UMSA.

Hasta la fecha del 21 de marzo de 2001, no podemos todavía comparar nuestros resultados con todos los realizados en el Laboratorio de Radioisótopos de la Universidad Federal de Río de Janeiro para su validación. Seguimos esperando sus resultados y informes de trabajo.

Considerando los objetivos del proyecto, hemos respondido a todos los objetivos planteados para los 2 años.

- **Hemos respondido al objetivo 1 :**
 ‘Adaptación del equipo del Laboratorio de Calidad Ambiental para los análisis de mercurio’. Este proyecto ha permitido completar el Espectrómetro de Absorción Atómica del LCA con accesorios adecuados para el análisis del mercurio, en gamas finas de lectura.
 ‘Capacitación en las técnicas de análisis del Hg’. El curso se realizó del 5 al 8 de julio 1999, fué dictado por el Prof. Olaf MALM de la Univ. Federal de Rio de Janeiro (Brasil) y por yo, la Dra Laurence Maurice-Bourgoin de l’IRD-Bolivia. El programa está detallado en el triptico que figura en anexo del informe técnico 3. Participaron del curso quince alumnos de la UMSA, y de INLASA; las mañanas fueron dedicadas a la parte teórica (cf. policopiado distribuido) y las tardes a las practicas en el laboratorio (mineralización de las muestras y lecturas en el Espectrómetro de Absorción Atómica).
- **Hemos respondido al objetivo 2 y 3** ‘Cuantificar la contaminación mercurial en los compartimientos bióticos del ecosistema acuático y sobre la salud humana’, en la zona de Rurrenabaque y en la cabecera del rio Tipuani, con los **objetivos C-1, C-2, D, E y F cumplidos.**
- **Hemos respondido al objetivo 4** ‘Cartografía de la contaminación mercurial’. Tenemos resultados de mercurio en los sedimentos de los ríos principales desde las cabeceras del río Tipuani, hasta el río Beni en Rurrenabaque, pasando por la zona de Guanay (ríos Tipuani, Mapiri, Coroico, Challana y Kaka). Hemos realizado 3 mapas donde zonificamos la contaminación por mercurio en la cuenca del rio Beni con relación a peces, cabellos, aguas y sedimentos.
- **Hemos respondido al objetivo 5** ‘Información y sensibilización’. Hemos realizado un video de 20 minutos (actividad H) y hemos realizados ya 2 campañas de información y sensibilización (actividad I) en las zonas de Guanay y de Rurrenabaque. Este video fue difundido por lo menos 3 veces a través del canal de televisión local (Red Uno de Bolivia) en la población de Rurrenabaque, llegando a cubrir una población de unos 13.000 personas que llegaron a conocer sobre el trabajo desarrollado por el proyecto. Fue también publicado un artículo en la prensa nacional (El Diario del domingo 28 de enero de 2001) y otro en una revista científica internacional, “The Science of Total Environment”.

Campañas de concientización fueron realizadas durante la celebración del 5^{to} aniversario del Parque Madidi, organizado por Conservación Internacional, haciendo uso de medios de comunicación de la zona como el canal de televisión (Red Uno de Bolivia) y la Radio Proyección FM. Hemos sensibilizado las autoridades locales (alcaldes) de Rurrenabaque y San Buenaventura a través de entrevistas y también las comunidades indígenas Essejas estudiadas gracias a la traducción simultánea de nuestras explicaciones y recomendaciones en el idioma Essejas.

Debido al retraso que ha tenido todos los desembolsos del proyecto, se ha podido hacer las campañas en el terreno en las cabeceras andinas con dinero prestado por el IRD, para evitar de trabajar en época de lluvias donde esta zona se hace inaccesible por falta de caminos seguros.

La tabla siguiente presenta un resumen de lo planteado y lo ejecutado en los dos años del proyecto.

Tabla 1. Análisis sucinto sobre lo planteado (en gris) y lo ejecutado (X) en los 2 años.

1^{er} año – 1998-1999

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 - Capacitar a técnicos Bolivianos a las técnicas analíticas del mercurio	A - Adaptación del equipo de AA y de las ambientes del Laboratorio de Calidad Ambiental del IE		X										
	B - Capacitación a las técnicas de análisis del Hg										X		
Quantificar la contaminación por el mercurio 2 - en el ecosistema acuático y 3 - sobre la salud humana	C - Campañas de muestreos al terreno C.1- Cabeceras andinas									X			
	C.2- Cuenca del Beni en el área de Rurrenabaque			X									
	D - Análisis del Hg				X	X	X	X	X	X		X	X
	E - Validación de la confiabilidad de los resultados										X	X	
	F - Interpretación de los datos						X					X	X
	G - Cartografía de la contaminación												
4 - Zonificación de la contaminación mercurial	H - Elaboración de un vídeo												
5 - Información y sensibilización	J - Entrega de los informes técnicos						X						X

2^{ndo} año – 1999-2000

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quantificar la contaminación por el mercurio 2 - en el ecosistema acuático y 3 - sobre la salud humana	C - Campañas de muestreos al terreno C.1- Cabeceras andinas								X	X			
	C.2- Cuenca del Beni en el área de Rurrenabaque	X											
	D - Análisis del Hg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	E - Validación de los resultados										X	X	X
	F - Interpretación de los datos	X					X	X	X		X	X	X
	G - Cartografía de la contaminación											X	X
5 - Información y sensibilización de las poblaciones ribereñas y mineras de las zonas	H - Elaboración de un vídeo	X			X								
	I - Campañas de información y sensibilización									X		X	
	J - Publicaciones en revistas internacionales				X	X							
Informes	K - Entrega de los informes técnicos						X					X	

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

La descripción de todas las actividades realizadas durante el primer periodo de financiamiento del proyecto se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 2. Desarrollo y cumplimiento de las actividades cumplidas durante los 2 años del proyecto.

ACTIVIDADES PROGRAMADAS	CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES	INDICADORES VERIFICABLES
OBJETIVO ESPECIFICO No 1 : Capacitar a técnicos Bolivianos en las técnicas analíticas del mercurio		
Actividad A : Adaptación del equipo de AA y de los ambientes del Laboratorio de Calidad Ambiental del IE	Actividad cumplida El Espectrómetro del LCA esta equipado de un FIMS + lámpara de Hg nuevos	<ul style="list-style-type: none"> • Facturas PERKIN ELMER (FIMS, mangueras, lámpara, ...) • Destreza en el manejo del SAA por técnicos de la UMSA
Actividad B : Capacitación en las técnicas de análisis del Hg	Actividad cumplida Del 5 al 8 de julio de 1999 en el LCA de la UMSA	<ul style="list-style-type: none"> • Recibos de inscripción de los alumnos • Certificados de capacitación distribuidos • El policopiado del curso teórico • Copia del boleto de avión del Prof. O. Malm
OBJETIVOS ESPECIFICOS No 2 y 3 : Cuantificar la contaminación por el mercurio en el ecosistema acuático y sobre la salud humana		
Actividad C1 : Campañas de muestreos en el terreno en las cabeceras andinas	Actividad cumplida (50%) En la cabecera del rio Tipuani, en el rio Yani del 11 al 13 de junio de 1999	<ul style="list-style-type: none"> • Viáticos, facturas de gasolina, facturas de material (equipo), etc ... • Muestras colectadas
Actividad C2 : Campañas de muestreos en el área de Rurrenabaque	Actividad cumplida Campaña realizada del 10 al 19 de diciembre 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Viáticos, presupuestos de los pescadores, facturas de gasolina, facturas de material (equipo), etc ... • Informe de misión en anexo del informe I
Actividad D : Análisis del mercurio en las muestras de peces, sedimentos y cabellos humanos	Actividad cumplida - Optimización del protocolo analítico del LCA : dic. - ene. 99 - Realización de los análisis en los peces, sedimentos y cabellos : febrero - septiembre 99	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados presentados en el parágrafo 3.2 • Facturas de reactivos

Actividad E : Validación de los resultados	Actividad cumplida Para las muestras colectadas	<ul style="list-style-type: none"> • Factura de pago del Lab. De Radioisótopos de la UFR (Brasil) • Informes de resultados obtenidos por la UFR (Brasil) • Comparación de los resultados de la UMSA con los de la UFR en el párrafo 3.2
Actividad F : Interpretación de los datos	Actividad cumplida Estamos preparando publicaciones en castellano y en inglés de alto nivel científico	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados presentados en el capítulo 3 • Publicaciones en revistas nacionales (<i>Rev. Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, n°6</i>) e internacionales (<i>The Science of Total Environment</i>) • Comunicaciones a congresos Ver al final de este informe en el párrafo « Artículos publicados »
OBJETIVO ESPECIFICO No 4 : Zonificación de la contaminación mercurial		
Actividad G : Cartografía de la contaminación	Actividad cumplida Las mapas fueron establecidas a partir del SIG ArcView y de la digitalización de mapas temáticos de Bolivia en el marco del programa IRD BIOCAB.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de contaminación de las aguas y de los sedimentos de la cuenca del río Beni desde las cabeceras de los ríos Tipuani y La Paz, • Mapa de contaminación de los peces en el río Beni • Mapa de contaminación en los cabellos de las poblaciones ribereñas de los ríos estudiados <p>Esas mapas están presentadas en el capítulo 3 de este informe</p>
OBJETIVO ESPECIFICO No 5 : Información y sensibilización de las poblaciones ribereñas y mineras de las zonas		
Actividad H : Elaboración de un video	Actividad cumplida Durante la campaña de octubre 1999 a Rurrenabaque	<ul style="list-style-type: none"> • El video mismo • La factura de elaboración de este video
Actividad I : Campañas de información y sensibilización	Actividad cumplida Durante una visita en Guanay el 21 de agosto 2000 Y otra visita a Rurrenabaque y San Buenaventura del 20 al 23 de septiembre 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Mi informe de misión • El informe del Lic. Rafael Tornero • Fotos de Rafael Tornero y más

Actividad J : Publicaciones en revistas nacionales e internacionales	Actividad cumplida	<ul style="list-style-type: none"> • Articulo en la <i>Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental</i>, n°6 • Articulo en la revista internacional <i>The Science of Total Environment</i> • Articulo en la prensa nacional <i>El Diario</i>
--	---------------------------	--

3.2 RESULTADOS GENERALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

3.2.1 HABILITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL - OBJ. 1-1

La compra de un FIMS, Flow Injection Mercury System, de una lámpara de mercurio y de mangueras nuevas ha permitido especializar el Espectrómetro de Absorción Atómica del LCA (UMSA-IE).

Ahora, los técnicos del LCA (Jaime Chincheros principalmente) y de la UMSA-IIQ (Irma Quiroga, Lucía Alanoca, Vania García y Lizshet Flores) pueden manejar el equipo del SAA y hacer análisis de mercurio con el FIMS.

3.2.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROTOCOLO ANALÍTICO - OBJ. 2-1

Después de haber revisado la bibliografía, hemos realizado entre diciembre de 1998 y enero de 2000 numerosas pruebas de digestión de varias muestras de peces cuyos valores de mercurio son certificados por el Laboratorio de Radioisótopos de la Univ. Fed. De Rio (Brasil), en muestras de sedimentos y organismos certificadas por el AIEA y el NIST.

Así, hemos podido optimizar el programa de mineralización de las **muestras de peces** :

- Homogeneización de la carne de cada filete
- Se pesa 200 mg de filete para las especies carnívoras y 400 mg para los omnívoros
- + 1,5 ml H₂O₂ (45 minutos)
- + 8 ml HNO₃ :H₂SO₄ (2/1)
- Mineralización en un digestor a 70 °C durante 3 horas
- + 5 ml KMnO₄
- Mineralización en un digestor a 70 °C durante 1 hora
- Neutralización con hydroxylamina
- Aforar hasta 25 ml

Lecturas al SAA.

Hemos optimizado el protocolo de mineralización de las **muestras de cabellos** :

- Piquar y lavar los cabellos al EDTA – enjuagar con agua Milli-Q y dejar secar a 50°C
- Pesar 30 mg de cabellos
- + 5 ml HNO₃ :H₂SO₄ (2/1)
- Mineralización en un digestor a 70 °C durante 3 horas
- + 5 ml KMnO₄
- Mineralización en un digestor a 70 °C durante 1 hora
- Neutralización con hydroxylamina
- Aforar hasta 25 ml

Lecturas al SAA.

El protocolo de mineralización de las **muestras de sedimentos** es lo siguiente (para evitar la pérdida de vapores de Hg durante la mineralización, hemos utilizado tubos con tapas para permitir la recirculación de los vapores) :

- Secar a 50°C
- Tamizar y homogeneizar bien la muestra
- Pesar 300 mg de sedimentos
- + 0,5 ml HCl + 5 ml HNO₃
- Mineralización en un digestor a 100 °C durante 3 horas
- Aforar hasta 25 ml

Lecturas al SAA.

Tenemos 20 tubos de digestión en cuales, para cada serie de muestras, se analiza :

- 4 a 5 soluciones padrones para calibrar el SAA (1,5 ; 3 ; 5 ; 10 y 15 µg/l)
- 3 blancos de química (digestión de los reactivos) a sostreer de los resultados
- 1 muestra de referencia (IAEA-142, NIST San Joaquin soil)
- 2 blancos relativos al protocolo de digestión del material de referencia
- 3 muestras de pez, cabellos o sedimentos en triplicado (9 tubos)

Así, empezamos las lecturas por los blancos de química, luego por los padrones para realizar la curva de calibración del SAA, y leemos las concentraciones en las muestras de peces digeridas.

Durante el proceso de optimización del protocolo analítico con el SAA del LCA, habíamos anotado una deriva importante del aparato para valores de mercurio superiores a 10 µg/l ; así, para corregir esta deriva, verificamos las soluciones padrones después de haber pasado cada muestra en triplicado.

3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mapas siguientes (Figura 1 y 2) presentan los puntos de muestreo de aguas, sedimentos, cabellos y peces colectados durante las 6 campañas realizadas en el marco de este proyecto.

3.2.3.1 Contaminación por mercurio en las aguas y suspensiones

Las análisis de mercurio contenido en las aguas y sus suspensiones (tabla 3) colectadas fueron realizadas por Espectrometría de Fluorescencia Atómica, en Canadá, en la Universidad del Quebec en Montreal, en el laboratorio GEOTOP. Los informes, escritos en francés, están presentados en anexo.

En lo que concierne las cabeceras andinas, se puede observar que las concentraciones en mercurio arriba de las zonas mineras no es muy fuerte (5 ng l⁻¹), es del nivel promedio mundial ; pero si, aguas debajo de una mina, como la de las cooperativas “15 de Agosto” o “Pentecostes” o en la zona del Yani, las concentraciones en el agua son multiplicadas por 8 a 20. Lo que es extremadamente fuerte.

Cada campaña fue realizada en época de aguas bajas, es decir en época de alta actividad minera y sin posibilidad natural de auto-epuración o dilución.

A varias decenas de kilómetros aguas abajo, en el río La Paz, se puede observar que los valores de Hg disuelto vuelven a un nivel ‘normal’ en junio 1999 pero en el muestreo de mayo 2000, las concentraciones seguían muy fuertes (Fig. 3).

La contaminación por mercurio de los arroyos y ríos al pie de las minas auríferas localizadas en las faldas de los Andes es evidente y tremenda. Las concentraciones de mercurio analizados en estas aguas superficiales superan hasta más de 20 veces el valor promedio mundial.

Figura 1. Localización de los puntos de muestreo de agua, sedimentos, peces y cabellos de las campañas FONAMA en la zona de Rurrenabaque y en las cabeceras andinas.

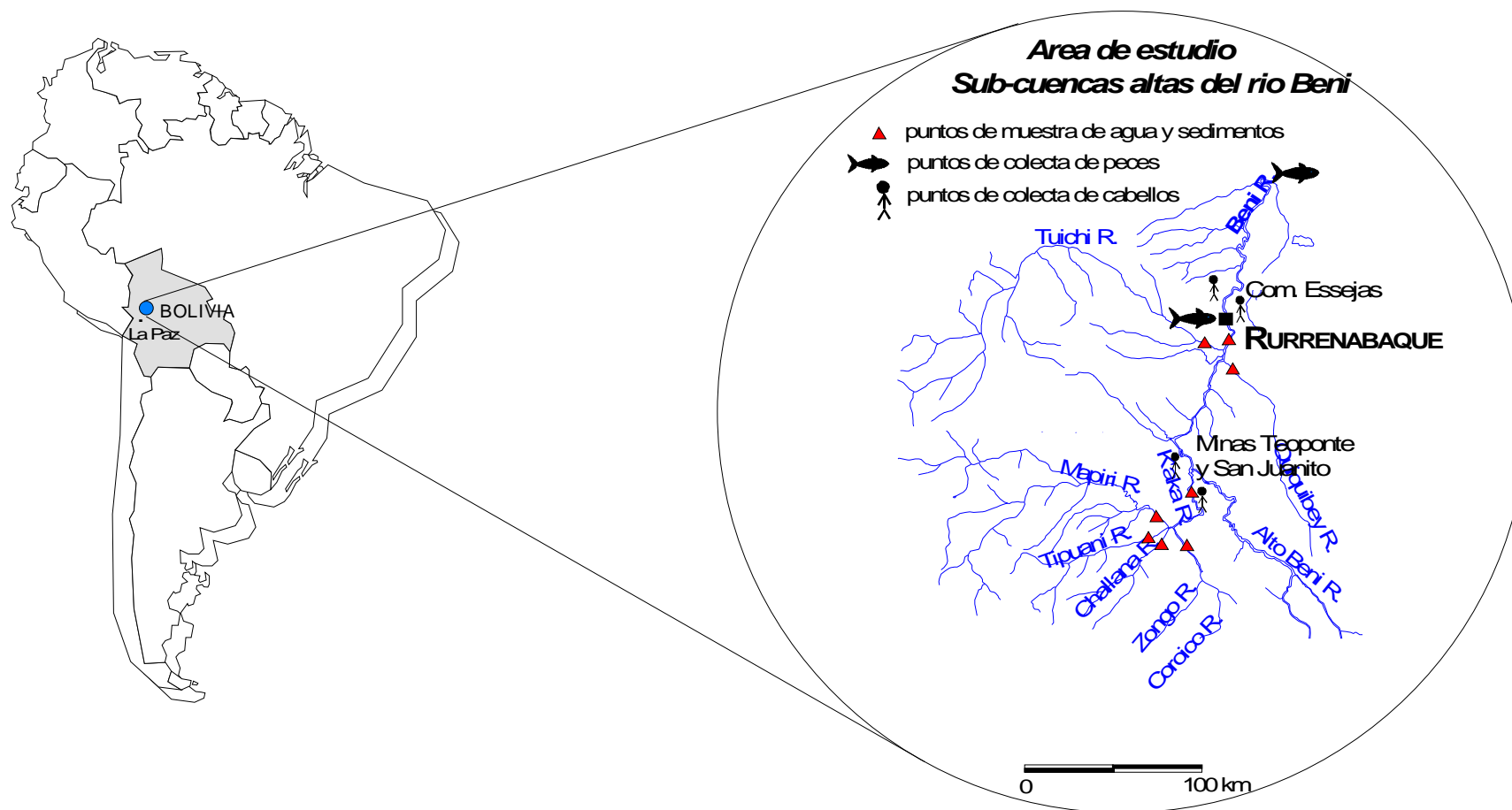
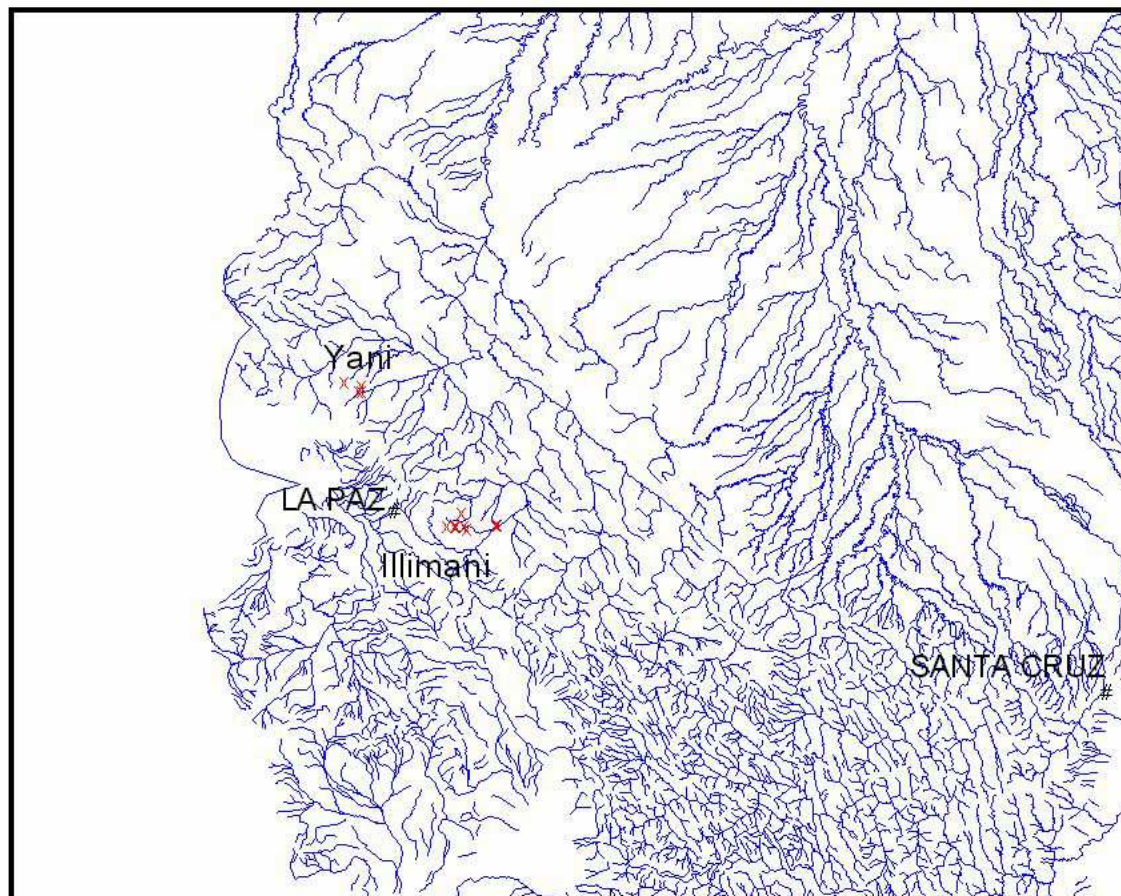


Figura 2:

Ubicacion de los puntos de muestreo en las cabeceras andinas
Proyecto FONAMA - IRD - UMSA



100 0 100 Kilometers

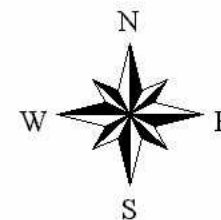


Tabla 3. Concentraciones en mercurio contenido en las aguas y suspensiones de todos los rios estudiados en el marco de este proyecto.

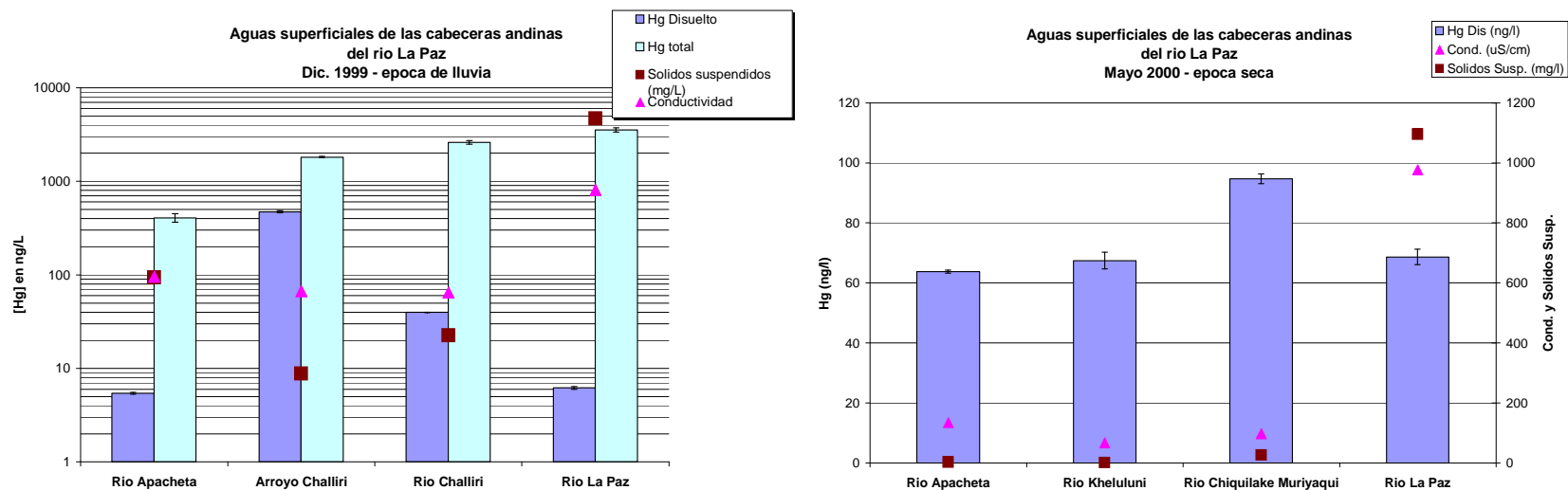
Muestreos FONAMA de los rios Yani, Coroico, Tipuani, Challana, Mapiri, Kaka, Tuichi, Quiquibey y Beni en epoca seca (junio 1999, oct. 1999, nov. 1997) y epoca de lluvias (dic. 98).

Rio	Longitude	Latitude	Muestreo	Temp (°C)	Cond (µS/cm)	pH	TDS (mg/l)	MES (mg/l)	Mat. Org. (% MES)	HgD moy. (ng/l)	Des. Est. (ng/l)	HgP moy. (ng/g)	Des. Est. (ng/g)	HgTot moy. (ng/l)	Des. Est. (ng/l)
Yani R.	W 68°24' 59,9"	S 15°40' 20,0"	12-juin-99	11,5	36,5		18,7	485,06	1,52	56,57	1,09	728,00	361,74	409,69	176,56
Coroico R.	W 67°50' 27,6"	S 15°30' 56,6"	17-nov-97	24,8	35,3	6,89	17,8	125,23	1,86	4,66	0,35	132,00	32,16	21,19	4,38
Mapiri R.	W 67°53' 07,2"	S 15°29' 14,4"	17-déc-98	26	66,9	6,99	33	817,12	0,69	4,93	0,24	171,00	29,82	144,66	69,67
Challana R.	W 67°52' 11,6"	S 15°30' 43,4"	18-déc-98	20,9	17,59	6,12	8,85	445,98	1,54	15,71	0,19	50,00	29,54	38,01	11,27
Tipuani R.	W 67°53' 13,4"	S 15°30' 17,3"	18-déc-98	21,7	18,62	5,98	9,14	230,60	1,07	7,12	0,23	63,00	28,04	21,65	7,45
Kaka R.			17-déc-98	23,6	35,4	6,44	17,7	1146,98	0,73	5,89	0,25	46,00	5,27	58,65	26,47
Tuichi R.	W 67°31' 39,0"	S 14°35' 25,1"	12-déc-98	23,9	59,7	7,43	33,5	691,39	1,06	26,10	0,76	53,00	7,28	62,74	18,97
Quiquibey R.	W 67°32' 08,6"	S 14°38' 11,2"	12-déc-98	26,6	88,1	7,55	44,2	870,86	1,10	19,81	0,05	56,00	6,37	68,57	24,28
Beni R.			12-déc-98	23,9	74	7,4	36,7	2246,55	1,55	13,23	0,18	45,00	18,13	114,32	50,41
Coroico R.	W 67°50' 27,6"	S 15°30' 56,6"	16-oct-99	26,3	33,8	8,06	16,8	5,40	12,18	8,36	0,22	700,50	260,92	12,14	1,63
Mapiri R.	W 67°53' 07,2"	S 15°29' 14,4"	17-oct-99	26,2	110,1	7,25	55,2	222,02	9,20	33,41	0,72	246,00	77,78	88,03	17,99
Challana R.	W 67°52' 11,6"	S 15°30' 43,4"	17-oct-99	23,3	21,8	6,65	11,1	6,87	17,57	5,04	0,28	1100,50	120,92	12,60	1,11
Tipuani R.	W 67°53' 13,4"	S 15°30' 17,3"	17-oct-99	23,7	22,1	6,24	11,2	1323,38	7,21	3,48	0,21	47,50	2,12	66,34	3,02
Kaka R.			17-oct-99	26,4	90,4	7,19	45,4	136,45	8,80	35,52	0,04	370,50	60,10	86,07	8,24
Tuichi R.	W 67°32' 42,4"	S 14°35' 30,3"	13-oct-99	28,5	75,8	7,7	38	57,22	6,45	4,64	0,25	197,00	59,40	15,91	3,65
Quiquibey R.	W 67°31' 37,5"	S 14°37' 14,2"	13-oct-99	32,6	233	8,31	116	35,47	8,48	4,83	0,11	84,00		7,81	0,11
Beni R.	W 67°29' 45,2"	S 14°31' 36,9"	13-oct-99	25	137,7	7,81	68,7	103,71	7,11	8,36	0,22	248,50	3,54	34,13	0,59

Muestreos FONAMA de los rios y arroyos localizados en las cabeceras andinas, al pie de minas auríferas importantes, en epoca de lluvia (dic. 1999) y en epoca seca (mayo 2000).

Rio	Longitude	Latitude	Muestreo	Temp (°C)	Cond (µS/cm)	pH	TDS (mg/l)	MES (mg/l)	MVS (% MES)	HgD moy. (ng/l)	Des. Est. (ng/l)	HgP moy. (ng/g)	Des. Est. (ng/g)	HgTot moy. (ng/l)	Des. Est. (ng/l)
Rio Apacheta	67°48'32,0"	16°37' 18,6"	13-déc-99	10,1	96,1	7,59	48,1	94	11	5,43	0,12	4270,0	449,7	407,35	42,45
Arroyo Challiri	67°45'03,2"	16°37' 18,6"	13-déc-99	10,6	67	8,26	33,5	9	27	472,23	12,82	152814,5	1936,8	1819,78	29,90
Rio Challiri	67°44'58,0"	16°37' 15,8"	13-déc-99	9,8	64,9	7,42	32,6	23	5	39,79	0,18	113692,0	5228,3	2604,14	118,11
Rio La Paz	67°27'48,5"	16°36' 48,3"	13-déc-99	25,9	814	8,43	408,0	4708	5	6,20	0,22	751,5	38,9	3544,26	183,32
Rio Apacheta	67°42'55,5"	16°31' 19,4"	22-mai-00	7,2	133,9	8,09	67,2	2	52	63,76	0,49	57,88	45,94	134,39	65,97
Rio Kheluluni	67°41'15,0"	16°37' 21,8"	22-mai-00	10,8	66,7	7,84	33,5	1	62	67,42	2,78	64,48	22,82	69,48	72,32
Rio Chiquilake Muriyaqui	67°40'29,8"	16°38' 07,4"	22-mai-00	12,6	97,3	8	48,8	26	10	94,72	1,64	52,28	16,35	98,94	60,28
Rio La Paz	67°27'44,2"	16°36' 47,5"	22-mai-00	19,6	977	8,52	490	1096	5	68,64	2,58	36,92	428,17	979,58	45,44

Figura 3. Concentraciones de mercurio en las aguas y suspensiones del río La Paz y sus afluentes andinos, al pie de minas, y de los tributarios del río Tipuani, en el área del Yani. Campañas de diciembre 1999 y mayo 2000.



3.2.3.2 Contaminación por mercurio en los sedimentos

Debido a la composición mineralógica y la heterogeneidad de los sedimentos, hemos optimizado el protocolo de mineralización de los sedimentos haciendo una comparación metodológica con la bibliografía a partir de un material de referencia de suelos disponible en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IE (UMSA) y comprados a NIST. El material de Environmental Resource Associates, no es muy adecuado para el mercurio ya que la desviación estándar es muy elevada, de 25.3%.

Se puede notar que durante la primera fase de análisis, los valores leídos en el LCA, en cada jornada de análisis, es inferior al valor recomendado (Figura 5) ; eso quiere decir que los valores de Hg analizados en los sedimentos pueden ser subestimados.

Para mejorar el método de mineralización de las muestras de sedimentos, hemos conseguido en el Laboratorio de Suelos, de la UMSA-IE, un digestor con recirculación parcial de los vapores de ácido que usamos para digerir las muestras. Se observa que este equipo ha mejorado las digestiones de las muestras de sedimentos (Fig. 5) ya que los valores leídos entran en el rango de los valores recomendadas.

Quisieramos agradecer todo el personal del Instituto de Ecología, de los Laboratorios de suelos y de Calidad Ambiental para su gentil colaboración y su comprensión.

Figura 4. Calibración de los análisis de mercurio en los sedimentos con lecturas de un material de referencia calibrado.

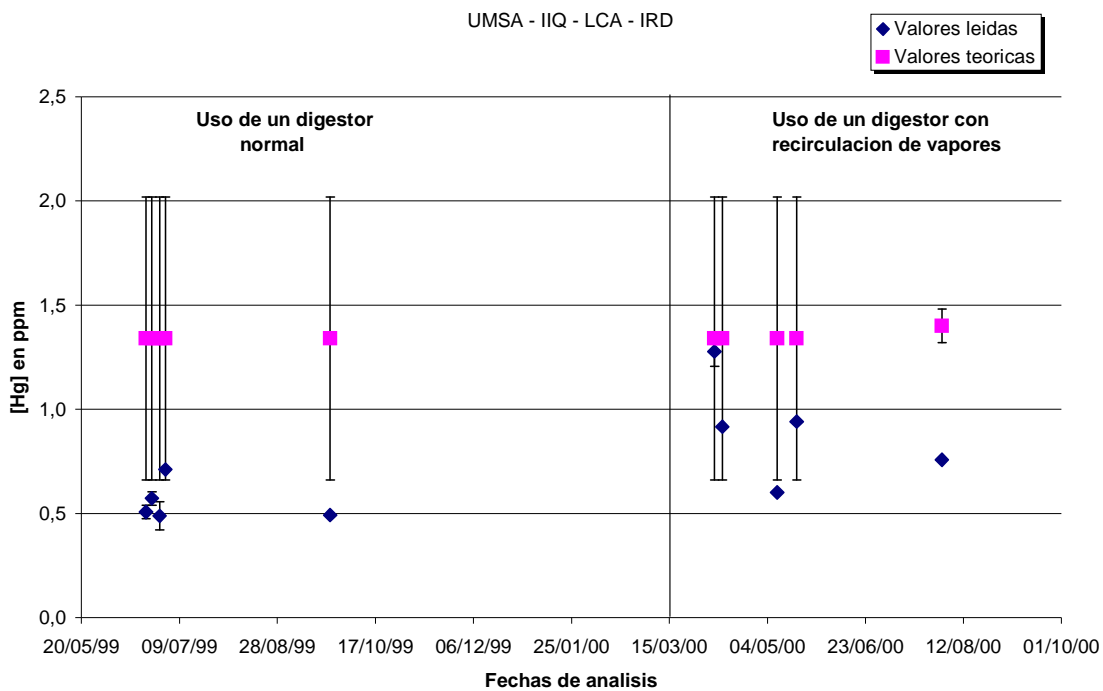


Tabla 4. Resultados de las analisis de mercurio en las muestras de sedimentos colectados en el marco de este proyecto FONAMA

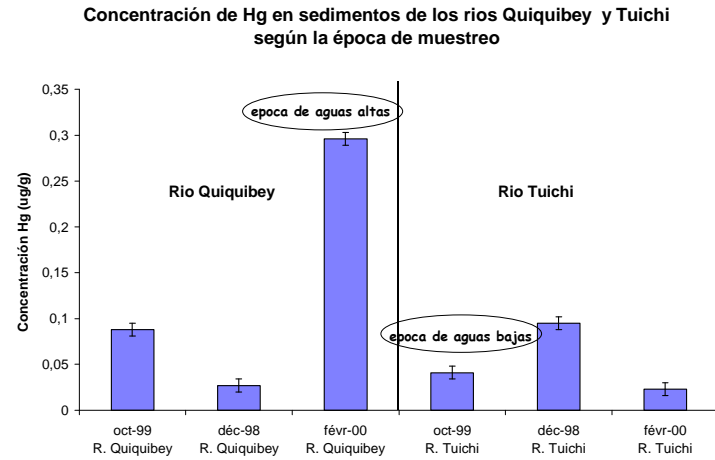
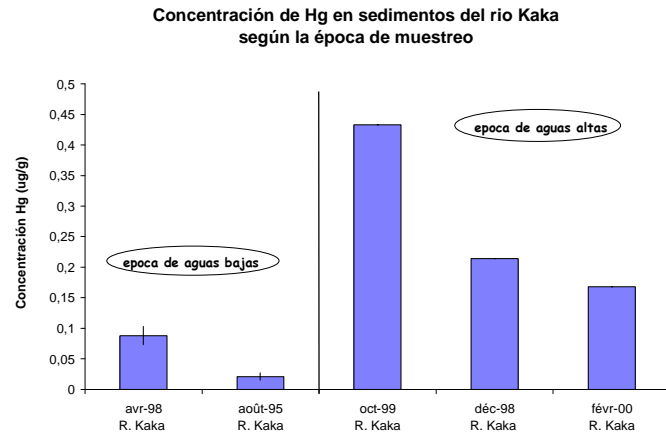
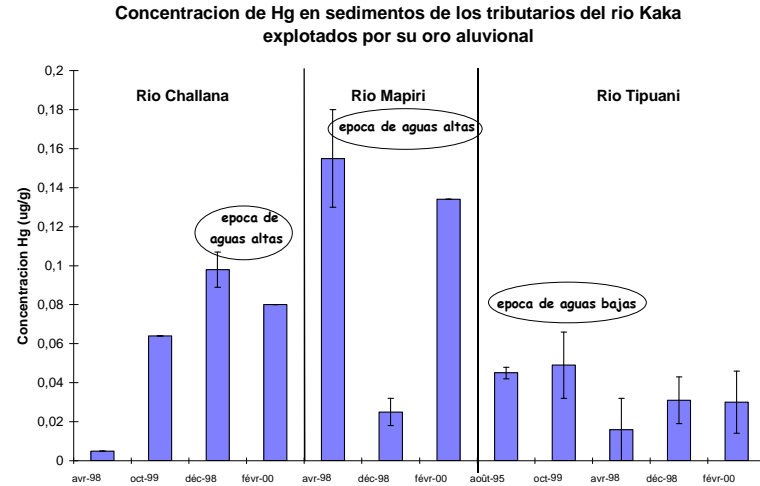
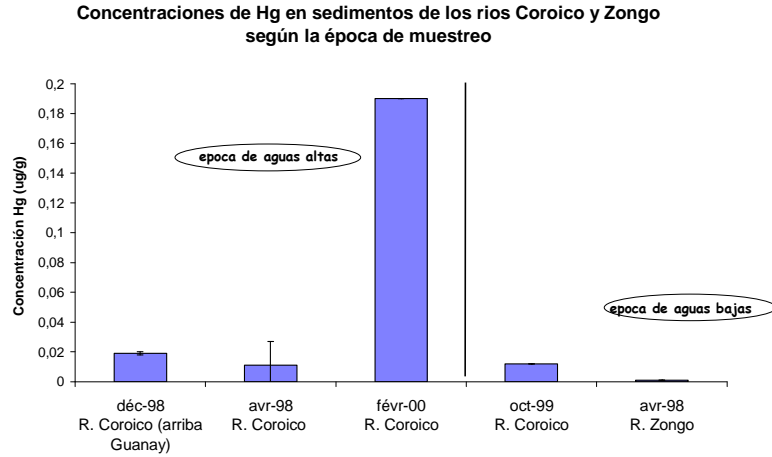
Río de muestreo	Fecha de muestreo	Fecha de análisis	Identificación	Conc. Hg (ug/g)	Desv. Estándar (ug/g)
R. Apacheta	déc-99	09/05/00	FI1	0,150	0,015
Arroyo Challiri	déc-99	09/05/00	FI2	35,457	2,374
R. Challiri	déc-99	09/05/00	FI3.2	4,944	0,000
La Paz	déc-99	09/05/00	FI4	0,133	0,013
R. Yani	Juin-99	24/09/99	FY1	0,171	0,010
R. Yani	Juin-99	09/05/00	16'	0,194	0,015
R. San Silvestre	Mai-00	01/08/00	FY2	1,581	0,456
R. San Silvestre afluente	Mai-00	01/08/00	FY3	0,942	0,053
R. San Silvestre	Mai-00	01/08/00	FY4	5,695	0,593
R. Yani arriba R. Ancohuma	Mai-00	01/08/00	FY5.2	0,322	0,000
R. Yani abajo R. Ancohuma	Mai-00	01/08/00	FY6	0,124	0,016
R. Tipuani	oct-99	11/04/00	12'	0,049	0,017
R. Tipuani	déc-98	25/06/99	FTIP1	0,031	0,012
R. Mapiiri	déc-98	22/06/99	FMAP	0,025	0,007
R. Challana	déc-98	22/06/99	FCHA1	0,098	0,009
R. Challana	oct-99	07/04/00	7.1'	0,064	0,000
R. Coroico (arriba Guanay)	déc-98	22/06/99	FC1	0,019	0,001
R. Coroico	oct-99	07/04/00	1.2'	0,012	0,000
R. Kaka	déc-98	22/06/99	FK1-1	0,214	0,000
R. Kaka	oct-99	19/05/00	10.1	0,433	0,000
R. Quiquibey	déc-98	22/06/99	FQ1	0,027	0,007
R. Quiquibey	oct-99	07/04/00	6.1'	0,088	0,018
R. Tuichi	déc-98	25/06/99	FT1	0,095	0,033
R. Tuichi	oct-99	07/04/00	4.1'	0,041	0,010
R. Beni	déc-98	25/06/99	FB1	0,210	0,066
R. Beni (Rurrenabaque)	oct-99	19/05/00	15.1	0,134	0,000
<i>Para comparar</i>					
Limite permisible en Bolivia				0,80	
En Brasil					
R. Madeira (Malm, et al., 1995)				0,04	
R. Tapajós (Roulet et al., 2000)				0,21	
En los Andes Bolivianas					
R. Zongo , al pie del glaciar (Maurice-Bourgoin, com. personal)				0,001	

Se puede observar que (Tabla 4) :

- **Los sedimentos de los ríos de las cabeceras andinas están muy contaminados al pie de las minas. Las concentraciones sobrepasan hasta 44 veces el límite permisible en Bolivia. Las áreas las más contaminadas conciernen los arroyos localizados al pie de las minas situadas en las faldas de los Andes.**
- **Los sedimentos de los ríos subandinos explotados por su oro aluvial, es decir Tipuani, Mapiri, y Kaka, no están tan contaminados como el río Beni, más abajo, en Rurrenabaque.** Estos resultados se pueden explicar por el régimen hidrológico y la geomorfología de los ríos. En efecto, la pendiente fuerte de los ríos subandinos favorece el transporte aguas abajo de los sedimentos ; mientras, al pie del piedemonte, en la zona de Rurrenabaque, la pendiente es mucho más reducida, el lecho del río más ancho, lo que favorece el depósito de los sedimentos. Este depósito es favorecido además por una subsidencia observada en la zona (Baby *et al.*, 1999).
- De campañas complementarias realizadas por el IRD en el marco del proyecto HiBAM, **las concentraciones en mercurio aumentan en los sedimentos durante las crecidas** (Fig. 5), debido al proceso de erosión de los suelos, más fuerte durante la época de lluvias.

La zonificación de la contaminación de la cuenca amazónica boliviana por mercurio en las aguas y los sedimentos está presentada en la Figura 6.

Figura 5. Resultados de mercurio total en los sedimentos de los ríos de la cuenca del río Beni hasta Rurrenabaque (fechas de colecta entre dic. 1998 y mayo 2000).



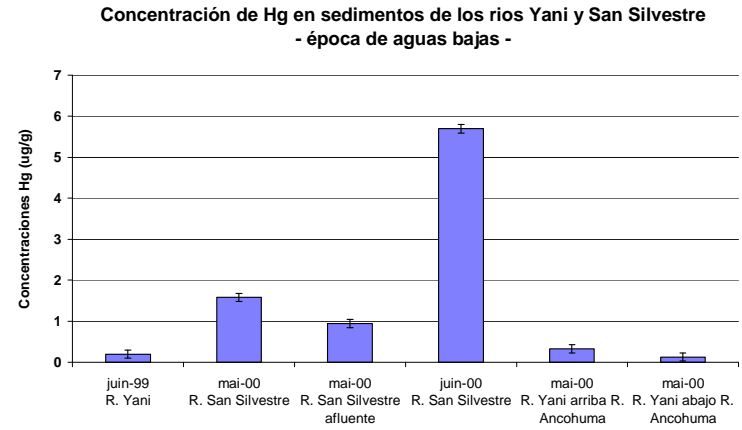
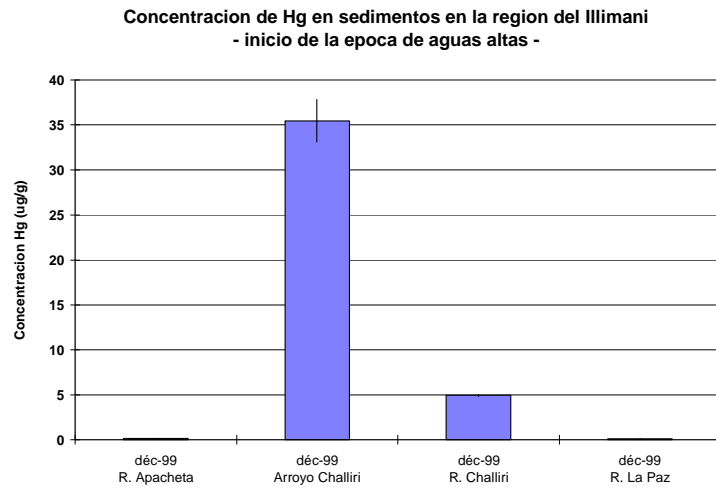


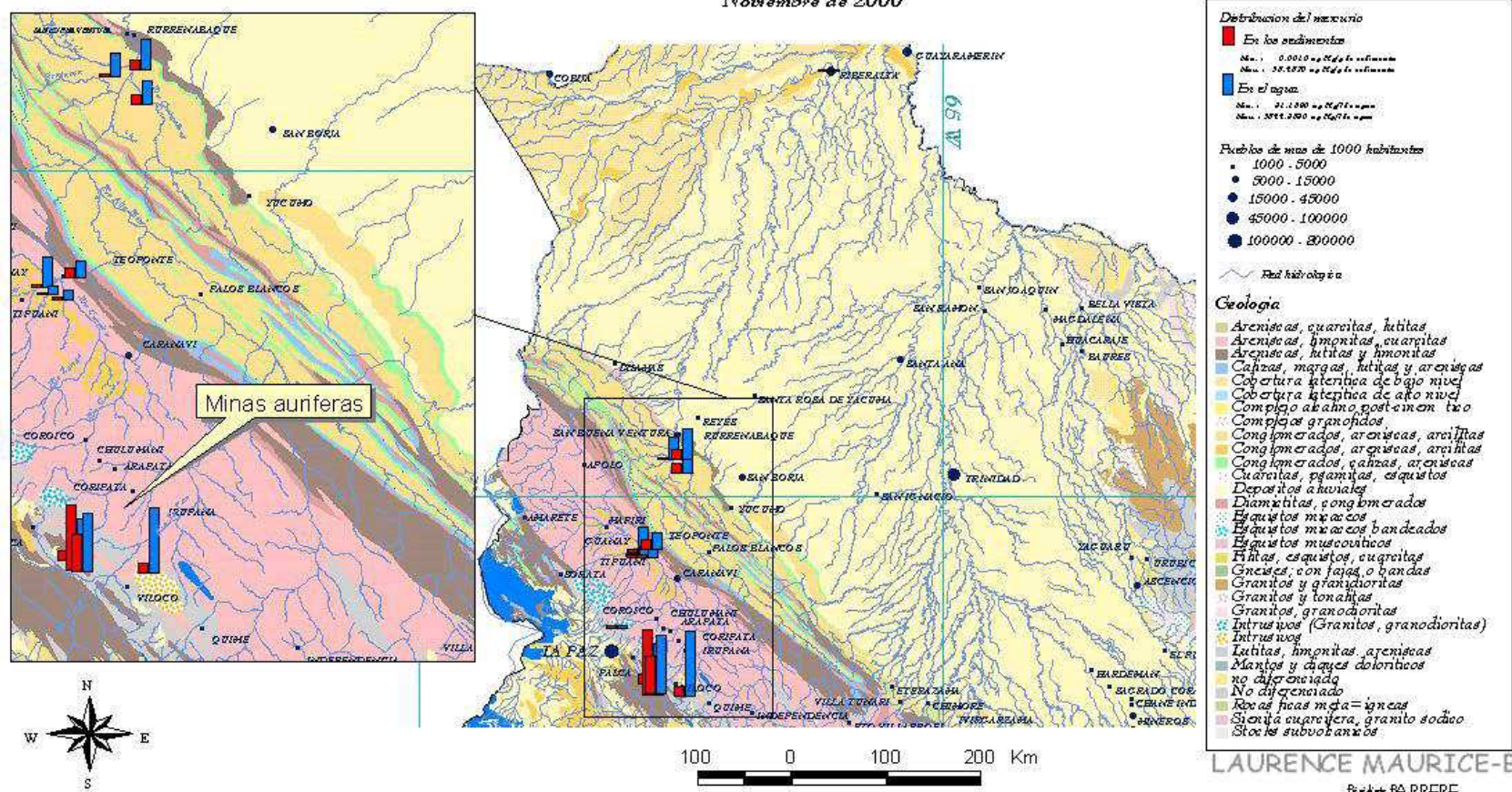
Figura 6. Zonificación de la contaminación por mercurio a partir de las analisis en aguas y sedimentos. Estan representadas los valores promedios por punto de muestreo.



Distribucion del mercurio en las aguas y en los sedimentos de la cuenca amazonica boliviana. Epoca de aguas altas

Proyecto FONAMA - IRD (ex-Orstom) - UMSA

Noviembre de 2000



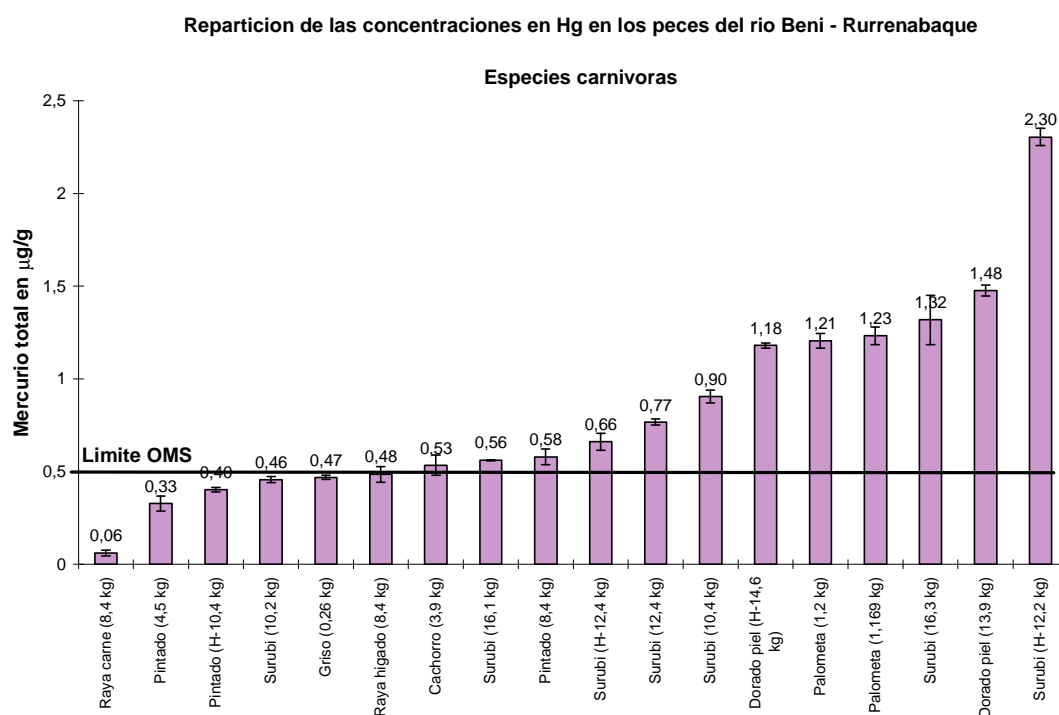
3.2.3.3 Contaminación por mercurio en los peces

La Tabla 5 presenta las características de cada pez colectado aguas abajo de Rurrenabaque (S 14° 06' - W 67° 35') en el lecho del río Beni y en el lago Moa así que su concentración en mercurio total.

1 - Resultados en las especies carnívoras

De los resultados de la primera campaña FONAMA (Dic. 98), se puede notar (Figura 7) que 12 sobre 18 (67 %) de las concentraciones en mercurio analizadas en las **especies carnívoras de peces son superiores o iguales al valor límite permisible por el OMS**, de 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Los valores obtenidos son muy buenas por que la desviación estandar calculada sobre 9 replicados para cada muestra de pez varia entre 0,0068 y 0,1329 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Figura 7. Repartición de las concentraciones en mercurio analizadas en los peces carnívoros de la zona de Rurrenabaque - Campaña FONAMA I.



Las especies las más contaminadas en mercurio son los : **Surubi, Dorado de piel y Palometas.**

Hemos podido constatar que algunos peces (FB-2, 6, 10 y 11 de la Tabla 5) tenían la carne amarilla mientras tanto las otras muestras de las mismas especies tenían la carne sea blanca, sea rosada. Los pescadores nos explicaron que los peces « a carne amarilla » debían provenir de las lagunas donde el biótomo y entonces el tipo de alimento son diferentes. Se puede constatar que los surubis a carne amarilla colectados son más contaminados que los surubis a carne blanca, a iguales peso y sexo. Esta observación se puede explicar por el hecho de que en las lagunas, la comida es más abundante por la riqueza de las aguas en nutrientes, fitoplancton y zooplancton, y que las lagunas pueden ser el sitio de proceso de metilación del mercurio entrando así más rápidamente en la cadena trófica.

Tabla 5. Concentración en mercurio total analizado en los peces colectados en el río Beni durante las campañas FONAMA, en el área de Rurrenabaque (aguas abajo, Salinas y Limón).

Clasificación de peces por especie – Campañas de Oct. 99 y Dic. 98

Fecha de colecta	Código	Nombre común	Nombre científico	Sexo	Long. (cm)	Peso (g)	Río de Procedencia	Régimen alimentario	Hg tot. (µg/g)	SD	SD/MOY (%)
10/10/99	FB51	Curvina	Sciaenidae, <i>Plagioscion squamosissimus</i>	?	21,5	200	Beni(Limón)	carnívoro	0,069	0,007	10,116
10/10/99	FB52		Sciaenidae, <i>Plagioscion squamosissimus</i>	F	25	260	Beni(Limón)	carnívoro	0,076	0,001	1,319
10/10/99	FB72	Benton	Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	24	250	Beni(Limón)	carnívoro	0,079	0,001	0,500
10/10/99	FB71		Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	29	350	Beni(Limón)	carnívoro	0,184	0,004	1,468
10/10/99	FB73		Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	31	450	Beni(Limón)	carnívoro	0,142	0,043	1,614
10/10/99	FB69		Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	?	32	530	Beni(Limón)	carnívoro	0,099	0,003	3,030
10/10/99	FB68		Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	34	834	Beni(Limón)	carnívoro	0,126	0,004	3,180
10/10/99	FB37	Dorado piel	Pimelodidae, <i>Brachyplatystoma flavicans</i>	?	98	1190	Beni(Salinas)	piscívoro	0,288	0,009	2,259
13/12/98	FB-14		Pimelodidae, <i>Brachyplatystoma flavicans</i>		1010	13900	Río Beni	piscívoro	1,476	0,029	1,965
13/12/98	FB-13		Pimelodidae, <i>Brachyplatystoma flavicans</i>	F	1035	14600	Río Beni	piscívoro	1,180	0,015	1,271
10/10/99	FB38		Pimelodidae, <i>Brachyplatystoma flavicans</i>	M	111	19300	Beni(Salinas)	piscívoro	0,887	0,206	16,389
10/10/99	FB42	Pintado	Pimelodidae, <i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	M	59	200	Beni(Salinas)	piscívoro	0,216	0,005	0,322
13/12/98	FB-3		<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>		106	4500	Río Beni	piscívoro	0,327	0,039	11,926
13/12/98	FB-11		<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>		93	8400	Río Beni	piscívoro	0,579	0,042	7,254
13/12/98	FB-10		<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	F	94	10400	Río Beni	piscívoro	0,402	0,011	2,736
10/10/99	FB39		Pimelodidae, <i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	F	114	17500	Beni(Salinas)	piscívoro	0,343	0,051	10,512
10/10/99	FB57	Ganzo	Ageneiosidae, <i>Ageneiosus dentatus</i>	?	25	160	Beni(Limón)	carnívoro	0,130	0,003	1,785
10/10/99	FB54	Griso	Auchenipteridae, <i>Auchenipterus nuchalis</i>	?	24	200	Beni(Limón)	piscívoro-omnívoro	0,115	0,018	15,710
10/10/99	FB53	Cachorro	Characidae, <i>Rhopiodon vulpinus</i>	?	39,5	960	Beni(Limón)	piscívoro-omnívoro	0,219	0,011	3,610
13/12/98	FB-15		<i>Hydrolicus armatus</i> ou <i>scomberoides</i>		85,5	3900	Río Beni	piscívoro-omnívoro	0,534	0,055	10,300
10/10/99	FB43	Blanquillo	Pimelodidae, <i>Pimelodina flavipinnis</i>	F	51	1550	Beni(Salinas)	piscívoro-omnívoro	0,780	0,083	7,492
10/10/99	FB40	Bagre pintado	Pimelodidae, <i>Leiarius marmoratus</i>	M	51,5	1775	Beni(Salinas)	piscívoro	0,360	0,037	0,996
10/10/99	FB41	Bagre común	Pimelodidae	M	86	9850	Beni(Salinas)	piscívoro	0,525	0,021	2,862
13/12/98	FB-4	Surubi	<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>		98	10400	Río Beni	carnívoro	0,905	0,035	3,867
13/12/98	FB-2		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	F	106	12200	Lago Moa	carnívoro	2,304	0,046	1,995
13/12/98	FB-8		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	F	1035	12400	Río Beni	carnívoro	0,660	0,045	6,844

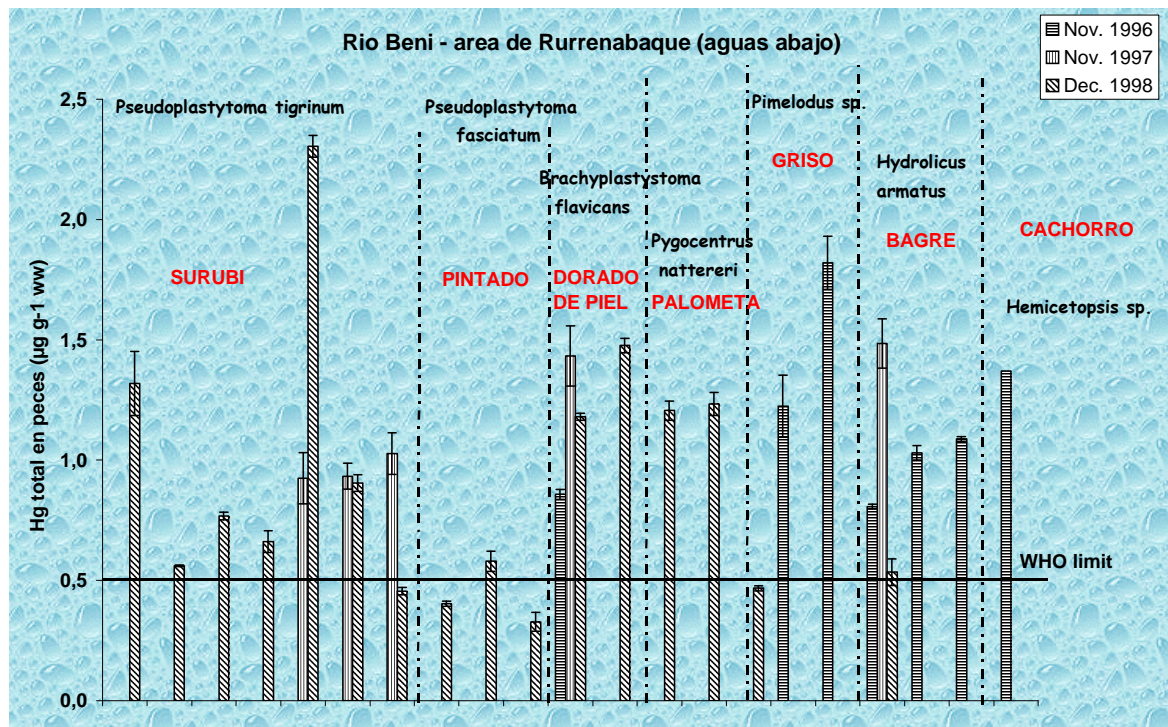
Fecha de colecta	Código	Nombre común	Nombre científico	Sexo	Long. (cm)	Peso (g)	Río de Procedencia	Régimen alimentario	Hg tot. (µg/g)	SD	SD/MOY (%)
13/12/98	FB-7		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>		108	12400	Río Beni	carnívoro	0,767	0,016	2,139
13/12/98	FB-6		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>		112,5	16300	Río Beni	carnívoro	1,318	0,133	10,081
13/12/98	FB-27	Palometa	<i>Pygocentrus nattereri</i>		28	866	Río Beni	carnívoro	0,009	0,002	18,681
13/12/98	FB-19		<i>Pygocentrus nattereri</i>		28	1169	Río Beni	carnívoro	1,233	0,047	3,841
13/12/98	FB-26		<i>Pygocentrus nattereri</i>		28	1200	Río Beni	carnívoro	1,205	0,040	3,321
10/10/99	FB75	Ruta o boga	Anostomidae, <i>Schizodon fasciatus</i>	?	20,5	150	Beni(Limón)	herbívoro	0,039	0,004	8,935
10/10/99	FB59		Anostomidae, <i>Schizodon fasciatus</i>	?	23	200	Beni(Salinas)	herbívoro	0,032	0,005	15,733
10/10/99	FB74		Anostomidae, <i>Schizodon fasciatus</i>	F	23	200	Beni(Limón)	herbívoro	0,039	0,002	5,127
10/10/99	FB67	Griso	Pimelodidae, <i>Pimelodus maculatus blochii</i>	F	21	125	Beni(Limón)	omnívoro	0,101	0,009	8,875
10/10/99	FB70		Pimelodidae, <i>Pimelodus maculatus blochii</i>	F	19,5	125	Beni(Limón)	omnívoro	0,144	0,015	10,422
13/12/98	FB-29		<i>Pimelodus maculatus blochii</i>		23,5	260	Río Beni	omnívoro	0,468	0,011	2,267
13/12/98	FB-25	Pacu	Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>		44	2400	Río Beni	herbívoro	0,147	0,008	5,807
13/12/98	FB-24		Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>		53	2800	Río Beni	herbívoro	0,115	0,018	16,078
13/12/98	FB-18		Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>		48	4200	Río Beni	herbívoro	0,022	0,002	7,436
10/10/99	FB46		Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	?	70,5	9050	Beni(Salinas)	herbívoro	0,026	0,004	15,196
10/10/99	FB45		Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	?	75	10800	Beni(Salinas)	herbívoro	0,065	0,004	6,168
10/10/99	FB60		Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	F	77	11950	Beni(Salinas)	herbívoro	0,063	0,003	4,752
10/10/99	FB55	Jatara	Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	?	23	160	Beni(Limón)	herbívoro	0,046	0,001	1,310
10/10/99	FB56		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	?	24	160	Beni(Limón)	herbívoro	0,091	0,004	4,486
10/10/99	FB50		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	18	225	Beni(Limón)	herbívoro	0,020	0,001	4,929
13/12/98	FB-28		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>		20,5	396	Río Beni	herbívoro	0,086	0,008	10,116
10/10/99	FB49		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	29,5	975	Beni(Limón)	herbívoro	0,017	0,002	11,841
10/10/99	FB47		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	30	1000	Beni(Limón)	herbívoro	0,021	0,001	4,737
10/10/99	FB48		Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	31	1175	Beni(Limón)	herbívoro	0,010	0,001	9,999
10/10/99	FB66	Panete	Characidae, <i>Triporthus angulatus</i>	?	15	80	Beni(Limón)	omnívoro	0,051	0,004	7,824
10/10/99	FB63		Characidae, <i>Triporthus angulatus</i>	?	20,8	150	Beni(Limón)	omnívoro	0,072	0,002	2,786
10/10/99	FB64		Characidae, <i>Triporthus angulatus</i>	?	20,5	150	Beni(Limón)	omnívoro	0,075	0,006	8,047
10/10/99	FB62		Characidae, <i>Triporthus angulatus</i>	F	22,5	210	Beni(Limón)	omnívoro	0,047	0,002	4,275
10/10/99	FB34	Sábalo	Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	39,5	120	Beni(Salinas)	herbívoro	0,025	0,013	52,579
10/10/99	FB32		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	34	775	Beni(Salinas)	herbívoro	0,021	0,001	1,934
10/10/99	FB35		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	35,5	820	Beni(Salinas)	herbívoro	0,034	0,002	5,847

Fecha de colecta	Código	Nombre común	Nombre científico	Sexo	Long. (cm)	Peso (g)	Río de Procedencia	Régimen alimentario	Hg tot. (µg/g)	SD	SD/MOY (%)
13/12/98	FB-21		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>		33	1152	Lago Moa	herbívoro	0,035	0,005	13,154
13/12/98	FB-20		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>		41	1594	Río Beni	herbívoro	0,169	0,002	1,270
10/10/99	FB33		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	F	42,5	1750	Beni(Salinas)	herbívoro	0,025	0,001	3,969
10/10/99	FB36		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	F	35	1775	Beni(Salinas)	herbívoro	0,031	0,013	42,096
13/12/98	FB-22		Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>		43	1830	Río Beni	herbívoro	0,079	0,002	2,571
10/10/99	FB76	Anguila	Sternopygidae, <i>sternopigus</i>	F	38,5	210	Beni(Limón)	omnívoro	0,138	0,006	4,334
10/10/99	FB58		Gymnotidae, <i>Gymnotus carapo</i>	?	38	225	Beni(Limón)	insectívoro	0,082	0,051	62,355
10/10/99	FB61	Sabalina	Curimatidae, <i>Igenmannina melanopogon</i>	?	31	350	Beni(Limón)	omnívoro	0,049	0,012	24,301
10/10/99	FB65	Zapato	Loririidae, <i>Pterygoplichtys multiradiatus</i>	F	30,3	415	Beni(Salinas)	omnívoro	0,029	0,006	20,491
13/12/98	FB-1		Loririidae, <i>Pterygoplichtys multiradiatus</i>	F	290	534	Río Beni	omnívoro	0,018	0,002	9,937
13/12/98	FB-31		Loririidae, <i>Pterygoplichtys multiradiatus</i>		33	610	Río Beni	omnívoro	0,014	0,001	5,072
13/12/98	FB-17	Tambaqui	Serrasalmidae, <i>Colossoma macroponum</i>		36	2670	Lago Moa	herbívoro	0,094	0,011	11,201
13/12/98	FB-23		Serrasalmidae, <i>Colossoma macroponum</i>		53	4200	Río Beni	herbívoro	0,145	0,008	5,328
10/10/99	FB44		Serrasalmidae, <i>Colossoma macroponum</i>	?	57,5	5200	Beni(Salinas)	herbívoro	0,010	0,001	10,331
13/12/98	FB-30	Llorona			30	829	Río Beni	omnívoro	0,034	0,000	0,581
13/12/98	FB-12	Giro	Doradidae, <i>Oxydoras niger</i>		68,5	4200	Río Beni	omnívoro	0,193	0,006	3,265

En lo que concierne la raya, cuyo habitat alimentario es carnívoro también y además vive en el fondo de los rios, su carne no es contaminada pero su hígado, si, se encuentra a la limite del valor OMS. El problema es que las poblaciones pescan específicamente las rayas para tratar la anemia, frecuente en los niños de la zona, consumiendo el hígado enriquecido en hierro. Se sabe que el hígado, en los animales en general, trata los desechos de la comida ; en el caso de los metales pesados y del mercurio en particular, el hígado tiene un papel llave en los procesos de biotransformación y de bioacumulación en el organismo.

Esos nuevos resultados confortan las primeras observaciones en la zona de Rurrenabaque (Maurice-Bourgoin *et al.*, 1999) y en la zona de Araras en 1992 (LIDEMA, 1993). La comparación de todos los resultados obtenidos en la zona es presentada en la Figura 8.

Figura 8. Comparación de las concentraciones de Hg analizado en los peces carnívoros del rio Beni (Rurrenabaque) durante 3 campañas (1996, 1997 y 1998).

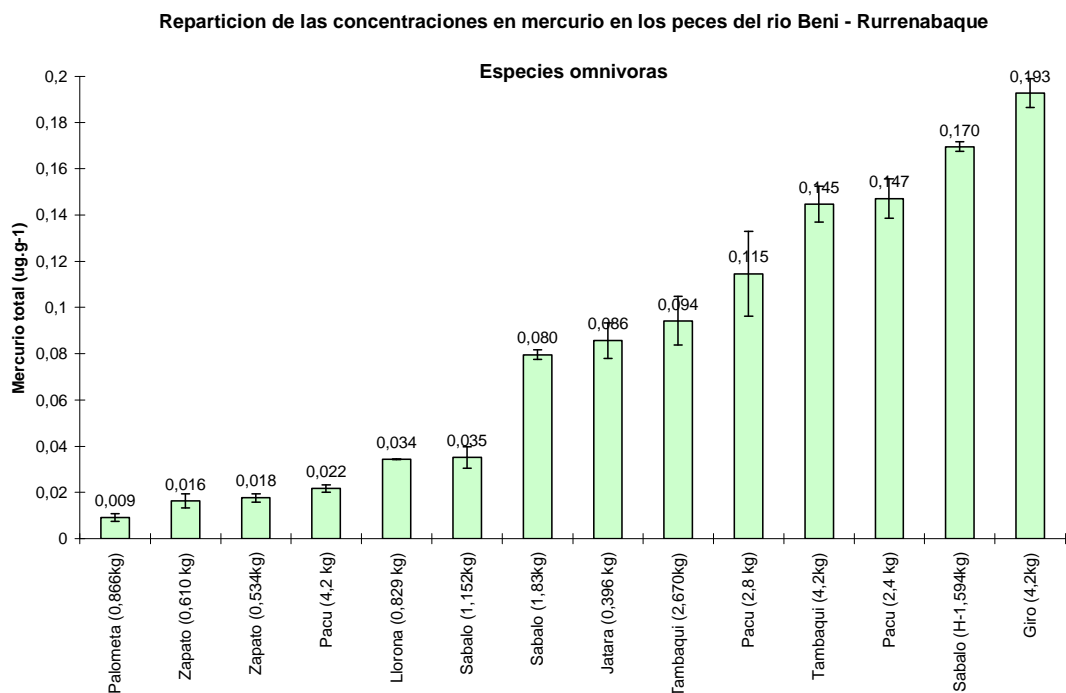


2 - Resultados en las especies omnívoras

Se puede observar (Figura 9) que ninguno de los peces omnívoros colectados son contaminados por el mercurio ; los valores analizadas se encuentran en la gama 0,018 - 0,183 µg.g⁻¹, inferiores al valor limite de 5 µg.g⁻¹.

Esos resultados confortan los obtenidos en 1997 en la misma zona (Maurice-Bourgoin *et al.*, 1999).

Figura 9. Repartición de las concentraciones en mercurio analizadas en los peces omnivoros de la zona de Rurrenabaque - Campaña FONAMA I.



Como conclusión de esta primera fase del proyecto realizada **en la zona de Rurrenabaque, se puede afirmar que todos los peces omnivoros (Pacu, Sabalo y Tambaqui) son consumibles ; por lo contrario, los peces carnivoros (ictiófagos) no son aptos par el consumo** ya que la mayor parte de todos los peces analizados sobrepasa el valor limite de Hg en la carne ($0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$). Los peces los más contaminados son : los **surubis** (*Pseudoplatystoma tigrinum*), **dorados de piel** (*Brachyplatystoma flavicans*) y **palometas** (*Pygocentrus nattereri*). Pero de todos los resultados que tenemos, no se puede correlar para una especie carnivora, los pesos y el contenido en mercurio en la carne ; eso, por el hecho de que los peces migran en la zona, y cambian de habitat alimentario en función de sus lugares de estadía. Las proximas campañas nos permitiran completar esos primeros resultados y tener un numero de muestras más significativa para realizar estadísticas.

La zonificación de la contaminación de la cuenca amazonica boliviana por mercurio en los peces esta presentada en la Figura 10.

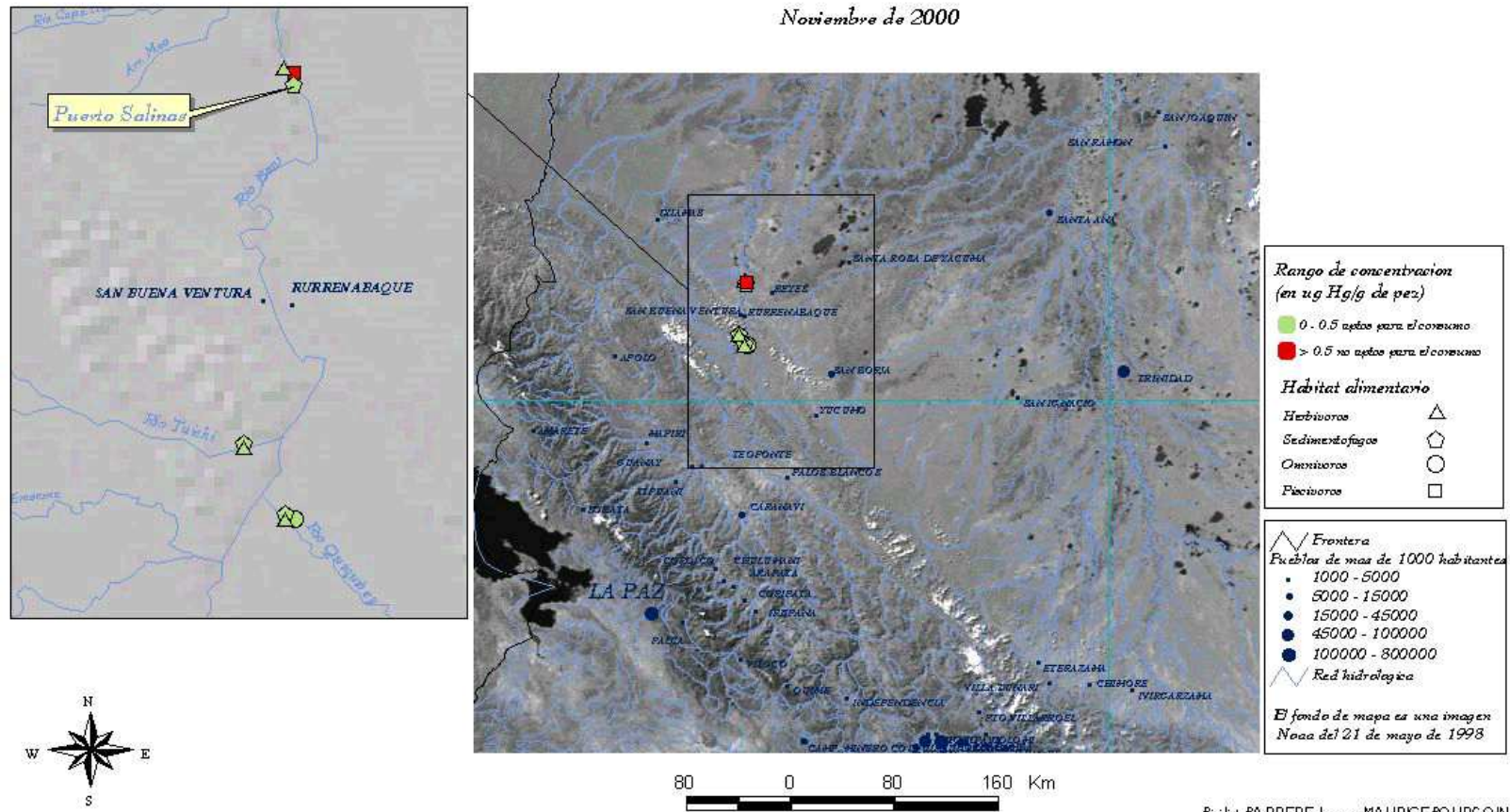
Figura 10. Zonificación de la contaminación por mercurio a partir de las análisis en peces. Están representadas los valores promedio por categoría de pez (según sus habitats alimentarios).



Contaminación por mercurio en la cuenca del Rio Beni via el analisis de los peces

Proyecto FONAMA - IRD (ex-Orstom) - UMSA

Noviembre de 2000



3.2.3.4 Contaminación por mercurio en los seres humanos

De los resultados obtenidos en los cabellos colectados durante las campañas en Rurrenabaque, Guanay, Yani y las faldas del Illimani (Tabla 6), se puede clasificar las poblaciones expuestas en 3 tipos en función de los valores obtenidos, **en orden creciente de contaminación** :

1. **Los mineros** que trabajan en cooperativas instaladas en el **rio Kaka**, con concentraciones incluidas entre 0,046 y 1,020 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (promedio de **0,301** $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$)
Los mineros que trabajan aguas arriba, en el area del **Yani**, con concentraciones incluidas entre 0,05 y 0,21 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (promedio de **0,118** $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$, N=15)
Los mineros que trabajan aguas mucho más arriba, en las **faldas del Illimani**, en las cabeceras del rio La Paz, con concentraciones incluidas entre 0,023 y 1,224 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (promedio de **0,269** $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$, N=14)
2. **Los ribereños** pescadores y consumidores regular de pescado que viven en Rurrenabaque, con concentraciones incluidas entre 1.513 y 19.392 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$
3. **Las comunidades indígenas**, las más contaminadas con valores entre 6.332 y 19.522 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (promedio de **10,00** $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$)

La OMS ha propuesto 3 valores limite de contaminación por mercurio en los cabellos del ser humano :

- 6 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$: valor de inicio de riesgo de contaminación
- 15-20 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ en los cabellos de las mujeres embarazadas : valor tóxico para el feto
- 20 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$: efectos ya perceptibles en las salud humana

La zonificación de la contaminación de la cuenca amazonica boliviana por mercurio en los cabellos esta presentada en la Figura 11.

Se puede notar que de los 3 tipos de poblaciones (mineros, ribereños pescadores e indigenas Essejas), **los mineros están contaminados por el mercurio, especialmente los que trabajan de manera muy artesanal en las faldas del Illimani, y sin precaución nunca** (ver los informes de los medicos que nos han acompañados).

En efecto, los mineros auríferos están expuestos a 2 formas químicas del mercurio : la forma metálica, que sirve para la amalgama, y la forma vapor cuando queman la amalgama. Esas dos formas, inorgánicas, penetran en el organismo humano, pero es facilmente y rápidamente eliminado por las vias urinarias.

Los síntomas de intoxicación por el mercurio inorgánico son : bronchitis, cefalea, temblores, e insuficiencia renal principalmente.

Del informe del Dr. Jose Rodrigo, aparece que : De acuerdo al estudio realizado se ha constatado que existe una alta prevalencia de signos en algo mas del 90 % de los examinados que indican la presencia de algún tipo de enfermedad. Se destaca el alto porcentaje de enfermedades estomatológicas como la caries o la gingivitis, luego se destacan en frecuencia las enfermedades gastrointestinales donde destacan las colecistitis y gastritis, a continuación se encuentran las enfermedades respiratorias y cardiocirculatorias como la bronquitis y la insuficiencia cardiaca.

Como conclusión de esos resultados, **se puede afirmar que las personas que tienen el mayor riesgo de contaminación por mercurio son las personas que están en contacto constante con la forma orgánica del Hg, a través del consumo regular de peces carnívoros del rio Beni, es decir son personas que no tienen ninguna relación con las actividades auríferas.**

Tabla 6. Concentraciones en mercurio total analizados en los cabellos humanos colectados durante las campañas FONAMA.

**Concentración de mercurio total en cabellos
COOPERATIVA MINA: NUEVA FORTUNA**

Zona del YANI

Numero muestra	Fecha de colecta	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de procedencia	Habitad alimentario y/o profesional	Hg tot. µg/g	SD	(SD/Moy.) %
FY-135	25/05/00	Julian ROMERO	20		madre normal	Wañajahuirá	bajo de estatura, deformaciones en espalda y pecho	< Lim. Det.		
FY-136	25/05/00	Santiago PAYE	42	minero desde sus 15 años		Yani	almuerzo cotidiano, mezcla con las manos, quema	0,070	0,023	22,858
FY-137	25/05/00	Marcelo TORREZ	20	minero desde hace 6 años		Tacacoma	almuerzo cotidiano, mezcla con las manos, quema amalgama	0,181	0,025	9,726
FY-138	25/05/00	Roberto COLQUE SUCA	27	minero desde hace 1 año		La Paz		0,020	0,005	18,968
FY-139	25/05/00	Timoteo SUCA	48	minero desde sus 15 años		Yani	mezcla oro con Hg, y también quema	0,098	0,006	4,564
FY-140	25/05/00	Eugenio YANAHUAYA	34	chofer desde 1997		La Paz (Prov. Larecája)	ha quemado amalgama	0,078	0	0,075
FY-141	25/05/00	Alejandro QUITO	42	minero			amalgama con las manos, quema en su cuarto desde 1980	0,085	0,006	4,764
FY-142	25/05/00	Gregorio MAMANI	56	minero desde sus 17 años		Puerto Acosta (Prov. Camacho)	mezcla y quema amalgama	0,060	0,013	15,473
FY-143	25/05/00	Javier LLUZCO	50	minero desde hace 2 años		Provincia Aroma	esta presente durante la quema de amalgama	0,210	0,009	2,918
FY-144	25/05/00	Ramon VILLCA	29	minero desde hace 10 años		Ilabaya (Prov. Larecája)	comida normal, mezcla oro aluvial con Hg	0,132	0,016	8,496
FY-145	25/05/00	Concepción LOZA	40	ama de casa		Sorata (Prov. Larecája)	comida normal, presencia quema de amalgama, mezcla con las manos	0,194	0,005	1,699
FY-146	25/05/00	Nimio LLUZCO	27	minero desde hace 8 años		Mina Chojlla	quema amalgama, ha mezclado mineral con las manos	0,050	0,015	21,472

FY-147	25/05/00	Reynaldo QUISPE	19	minero desde hace 1 año	Yani	quema amalgama, mezcla con las manos	0,169	0,008	3,445
FY-148	25/05/00	Antonio CHONO	35	minero desde hace 14 años	Rurrenabaque	mezcla amalgama a veces	0,160	0,004	1,771
FY-149	25/05/00	Santiago QUISPE	45	minero desde los 15 años	padre de FY- 147	mezcla mineral con las manos, ha quemado amalgama	0,144	0,002	0,797

**Concentración de mercurio total en cabellos
MINA PENTECOSTES- REGION DE LAMBATE**

Zona del Illi mani

# muestra	Fecha de colecta	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de procedencia	Habitad alimentario y/o profesional	Hg tot. µg/g	SD	(SD/Moy.) %
FI-121	22/05/00	Alberto ORTIZ	44	minero desde sus 18 años	padre minero, no utiliza mercurio	Santa Rosa Sud Yungas	quema mercurio en su casa 1 vez/semana	0,249	0,006	1,809
FI-122	22/05/00	Martin TANCARA	25	minero desde sus 14 años	padre minero en Bolsa Negra	Bolsa negra	quema en su casa 3 veces/semana, mezcla a mano	1,224	0,065	3,742
FI-123	22/05/00	Narciso HUALEPA	37	minero desde sus 25 años	padre agricultor	Santa Rosa Sud Yungas	amalgama en la casa y quema en la cocina 1 vez/semana	0,123	0,014	8,211
FI-124	22/05/00	Jorge ROJAS	40	minero (antes agricultor)	padres agricultores	Provincia Pacajes	quema en su casa 1 a 4 veces/semana y mezcla a mano (heridas en las manos)	0,023	0,011	33,007
FI-125	22/05/00	Heriberto ORTIZ	24	minero desde sus 15 años	sobrino de FI-121, padres agricultores	Santa Rosa	quema en su casa 2 veces/semana, mezcla a mano	0,023	0,008	25,263
FI-126	22/05/00	Francisco PARI	25	minero desde sus 13 años	padres agricultores	Provincia Los Andes	mezcla a mano, no quema en su casa	0,187		
FI-127	22/05/00	Valentin COLQUES	30	minero desde sus 10 años	padres agricultores	La Paz, pero siempre vivo en Santa Rosa	mezcla a mano cada dia, quema en su casa 1 vez/semana	0,107	0,014	9,251
FI-128	22/05/00	Alejandro CALLIZAY A	32	minero desde sus 12 años	padres agricultores	Santa Rosa	mezcla en su casa 1 vez/semana, quema en su casa	0,037	0,007	12,596

							1 vez/semana en la cocina			
FI-129	22/05/00	Felix S. CALLISAY A	35	minero desde sus 15 años	hermano de FI-128, padres agricultores	Santa Rosa	mezcla a mano 1 vez/semana, quema en su casa 1 vez/semana	0,177	0,01	4,05
FI-130	22/05/00	Lucia COLQUES	28	agricultora	esposa de FI-128	Santa Rosa, padres agricultores	ama de casa, permanece en su casa durante la quema	0,491	0,047	6,757
FI-131	22/05/00	Monje ORTIZ	38	minero desde sus 15 años	padres agricultores	Santa Rosa	mezcla a mano 1 vez/semana, quema en su casa 1 a 2 veces/semana	0,080	0,01	8,575
FI-132	22/05/00	Eleina AGUILAR	40	ama de casa	esposa de minero de wolfram y oro	Santa Rosa	quema en su casa desde hace 4 años	0,131	0,034	18,29
FI-133	22/05/00	Agustin SIRPA	32	minero desde sus 18 años	padres agricultores	Santa Rosa	mezcla a mano 1 vez/semana, quema en su casa 2 veces/mes	0,738	0,01	0,994
FI-134	22/05/00	Andres ORTIZ	54	minero desde sus 15 años (antes agricultor)	sobrino de FI-13, padres agricultores	Santa Rosa	mezcla a mano 1 vez/semana, quema en su casa	0,181	0,031	12,286

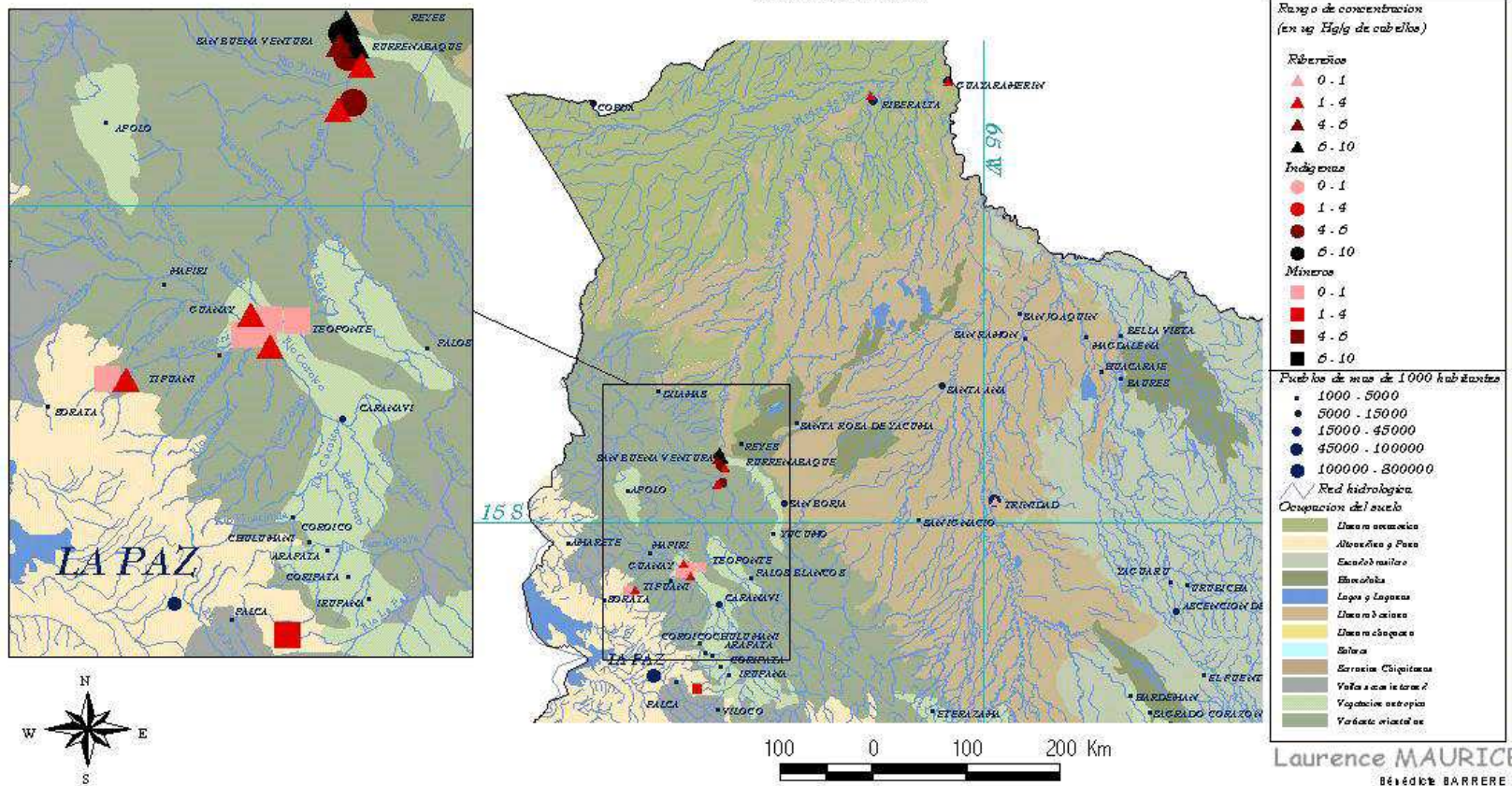
Figura 11. Zonificación de la contaminación por mercurio a partir de las análisis en cabellos. Están representadas los valores promedio por categoría de personas (según sus profesiones y hábitos alimentarios).



Contaminación por mercurio en la cuenca amazónica boliviana vía el análisis de los cabellos

Proyecto FONAMA - IRD (ex-Orstom) - UMSA

Noviembre de 2000



3.2.3 Validación de los resultados de Hg en peces, cabellos y sedimentos

Por falta de respuesta este año, del Laboratorio de Radioisotopos de la Universidade Federal de Rio de Janeiro, no podemos comparar nuestros resultados de Hg obtenidos en las muestras de las 4 ultimas campañas con las analisis de este laboratorio brasileño.

Les he escrito unas cuatro veces ; el Director me ha contestado que habian recibido bien nuestras muestras pero que no tenian tiempo para analizarlas. Me han prometido hacerlo lo mas antes posible.

IV - CONCLUSIONES

En conclusión, esos resultados fueron verificacados varias veces en el LCA de la UMSA, en La Paz. Para asegura la validez de esos resultados hemos tenido que hacer series de analisis en el LCA durante casi todo el año 2000 y quisieramos aprovechar para agradecer al personal del Laboratorio para su comprensión.

Se puede concluir de todos modos que :

- **Las minas situadas en en las cabeceras andinas, al pie del Illimani y en la zona de Yani, contaminan fuertemente las aguas superficiales y los sedimentos de los arroyos y rios cercanos (las concentraciones en mercurio total en estas aguas sobrepasan más de 20 veces el valor promedio mundial) en epoca seca donde no hay mucha agua pero una actividad minera intensa, y tambien en epoca de lluvias.**
- **el 87% de los grandes peces piscívoros del rio Beni, en la zona de Rurrenabaque, están contaminados por el mercurio y no son aptos para el consumo (sobrepasan hasta 5 veces el valor limite de la OMS).**
- **las poblaciones contaminadas por el mercurio son las que consumen regularmente los peces del rio Beni, es decir los ribereños pescadores y las comunidades indigenas (Essejas) que tienen como unica fuente de proteínas, los peces del rio.
Las concentraciones obtenidas en sus cabellos son alarmantes y afectan sobre todo a los niños desde su nacimiento ya que están contaminados *in utero* por sus madres.**
- **Los mineros están tabien contaminados por el mercurio pero de otra manera, ya que están en contacto con su forma inorgánica que se elimina más facilmente del organismo vias urinarias. Tiene mas riesgo de contractar a enfermedades cronicas tipo bronchitis, cefalea, temblores, e insuficiencia renal principalmente.**

Estos resultados de análisis de mercurio en los peces y cabellos de la cuenca del rio Beni fueron publicados en una revista internacional de alto nivel cientifico (*The Science of Total Environment*), y también van a ser publicados en un periodico nacional para comunicar a la población de los riesgos potenciales de consumo regular de especies ictiófagas de peces del rio Beni.

Fueron difundidos en el canal 13 de Rurrenabaque y San Buenaventura, a traves de la difusión regular del video durante los meses de septiembre y octubre 2000.

V. RECOMENDACIONES

Para enfrentar este problema, las principales recomendaciones que podemos formular son :

1. Informar y sensibilizar a los gobernadores
2. Educar y sensibilizar a las poblaciones ribereñas del río Beni
3. Recomendar el consumo regular de peces omnívoros y con menor regularidad de peces carnívoros
4. Proponer técnicas alternativas de extracción del oro con un uso controlado del mercurio
5. Sensibilizar a los mineros respecto al uso masivo de mercurio sobre los efectos sobre su salud y las consecuencias ocasionadas río abajo
6. Sensibilizar a las poblaciones al hecho de que la deforestación y la construcción de carreteras favorecen el proceso de erosión de los Andes y obviamente la contaminación de las aguas por mercurio y otros metales pesados
7. Evitar la construcción en la zona de Rurrenabaque de embalses que retienen el mercurio y contaminan toda la cadena trófica
8. Prever un monitoreo a mediano plazo de esta contaminación en la cuenca Amazónica Boliviana, no tanto en aguas y peces pero también sobre la salud humana de las poblaciones con mayor riesgo

ARTICULOS PUBLICADOS EN EL MARCO DE ESTE PROYECTO

Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Chincheros J. and Courau P., 2000a. Mercury distribution in waters and fishes of the Upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. *The Science of the Total Environment*, 260: 73-86.

Maurice-Bourgoin L., 2000-2001. Total mercury distribution and importance of the biomagnification process in rivers of the Bolivian Amazon. In : *Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands* Book (McClain M. Ed.), UNESCO-IHP's Ecohydrology Programme.

Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Malm O., and Chincheros J., 1999b. Contaminación por mercurio en agua, peces y cabellos humanos en la cuenca Amazónica Boliviana. *Revista Boliviana de Ecología y de Conservación Ambiental* (Fund. Patiño Ed.), N° 6, pp. 239-245.

Comunicaciones a congresos internacionales y nacionales

Maurice-Bourgoin L., I. Quiroga, L. Alanoca, J. Chincheros, and O. Malm, 2000c. Distribución del mercurio en la cuenca Amazónica Boliviana. Importancia del proceso de biomagnificación en la cadena trófica acuática. In : *Seminario de restitución BIOBAB*, La Paz (Academia de Ciencias), Bolivia

Maurice-Bourgoin L., L. Alanoca, I. Quiroga, J. Chincheros, and P. Fraizy, 2000d. Influencia de las actividades humanas sobre el hidrosistema Amazónico y sus implicaciones sobre la salud humana. Caso de la contaminación por mercurio en Bolivia : Conocimientos científicos y recomendaciones. In : *Seminario Cambios Globales – Tema 10 : Mecanismo de Desarrollo limpio*, La Paz (Academia de Ciencias), Bolivia.

Maurice-Bourgoin L., I. Quiroga, O. Malm, and J.L. Guyot, 1999a. - Mercury pollution in the Bolivian Amazonian basin – In : *5th International Conference on Hg as a global pollutant* (Barbosa J.P., Melamed R. and Villas Bôas R., Eds), Rio de Janeiro, RJ, Brazil, pp : 152.

Maurice-Bourgoin L., I. Quiroga, O. Malm, P. Courau, 1999b. - Total mercury distribution in the Bolivian tributaries of the Madeira River. Importance of the biomagnification process in the aquatic food-chain. In : *Manaus 99 – Hydrological and Geochemical Processes in Large-scale River Basins* (HiBAm Project, Guyot J.L. Ed.), Manaus, Brazil (CD-ROM).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baby P., Guyot J.L., Deniaud Y., Zubieta D., Christophoul F., Rivadeneira M. and Jara F., 1999. The high Amazonian basin: tectonic control and mass balance. In : *Manaus 99 – Hydrological and Geochemical Processes in Large-scale River Basins* (HiBAm Project, Guyot J.L. Ed.), Manaus, Brazil (CD-ROM).
- Barbosa, A.C., Silva, S.R.L., and Dórea, J.G. (1998a) Concentration of mercury in hair of indigenous mothers and infants from the Amazon basin. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 100-105.
- Barbosa A.C., and Dórea, J.G., (1998b) Indices of mercury contamination during breast feeding in the Amazon basin. *Toxicol. And Pharmacol.*, in press.
- LIDEMA (Liga de Defensa del medio ambiente), 1993. Estudio de impacto ambiental por la explotación de oro en la region de Nueva Esperanza, Araras, del departamento de Pando, La Paz, Bolivia. 175 pages + annexes.
- Malm O., Pfeiffer W. C., Souza C. M. M. and Reuther R., 1990. Mercury Pollution Due to Gold Mining in the Madeira River Basin, Brazil. *AMBIO*, **19**(1): 11-15.
- Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Guyot J.L. and Malm O., 1999. Mercury pollution in the upper Beni River basin, Bolivia. *AMBIO*, **28**(4): 302-306.
- Roulet, M.; Lucotte, M.; Canuel, R.; Farella, N., Guimarães, J.-R.D.; Mergler, D. and Amorim, M. 2000. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in Central Amazonia. *Chemical Geology*, 165 : 243-266.

ANEXOS

ANEXO 1



INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT

IRD (ex-ORSTOM) Bolivia

Dra. Laurence MAURICE BOURGOIN

CP 9214

LA PAZ - BOLIVIA

TEL : (591 2) 77 24 59

FAX : (591 2) 22 58 46

MÉL : lmaurice@mail.megalink.com

Cite : 2000/10

La Paz, el 5 de octubre de 2000

Señores

Lic. Rafael Tornero J. y Ing. Jaime Guaman

Evaluador del proyecto y Responsable E.-I.A. / Fundación CEIBO

Lic. Jorge Quintanilla

UMSA-IIQ

Presente

Ref. : Proyecto P87/97 "Contaminación por Hg en la cuenca del Rio Beni" Informe de salida a Rurrenabaque del 20 al 23 de sept. de 2000

De mi mayor consideración,

Este informe para informarles de mi salida a Rurrenabaque del 20 (11h00) al 23 (13h00) de septiembre del 2000 en compañía del Lic. Rafael Tornero. Esta salida nos ha permitido llevar a cabo las campañas de información y sensibilización de las poblaciones inmersas al problema de la contaminación por mercurio.

Campañas de difusión y sensibilización

Aprovechando del festejo organizado por el V^{to} aniversario del Madidi (ver carta de invitación del Director del CI), en las localidades de Rurrenabaque y San Buenaventura, del 20 al 22 de septiembre de 2000, se llevarón a cabo las campañas de información y sensibilización de las poblaciones inmersas. Esas campañas de información fueron realizadas por mi persona en compañía del Lic. Rafael Tornero del CEIBO. Para este efecto, se difundió la información sobre los resultados de laboratorio obtenido en el marco del proyecto, a :

- Los pobladores de Rurrenabaque y San Buenaventura
- Las comunidades indígenas Essejas
- Las autoridades municipales

Esta información fue difundida por medio del video de sensibilización realizado en este proyecto, de entrevistas con los alcaldes de Rurrenabaque y San Buenaventura, con las organizaciones que trabajan en la zona también (CI, WCS, SERNAP), y de fichas sintéticas de información en castellano. Se difundió también por radio local una entrevista donde se presentó los aspectos más relevantes del proyecto.

Por otro lado, con el Lic. Rafael Tornero, se chequearón los puntos de muestreo como referencia para la toma de muestras de agua, sedimentos, peces y cabellos.

De mi mayor consideración, le saludo a ustedes muy atentamente.

Dra. Laurence MAURICE-BOURGOIN
Coordinadora técnica por parte del IRD del proyecto