

INFORME DE AVANCE No	3
PERIODO DEL INFORME :	10/10/1999 AL 10/04/2000

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)
Responsable del Proyecto : Laurence MAURICE-BOURGOIN (parte técnica) – Telefono : 77 24 59 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 Américas ”

Nota : este informe fue entregado tarde por que esperábamos la aceptación del segundo informe administrativo (que llegó al final de julio del 2000).

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 además de las campañas del primer año de trabajo, **tres campañas** de muestreos de agua, sedimentos, peces y cabellos 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).

➤ **El área del Illimani, en las cabeceras andinas del rio 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).

Hasta la fecha del 10 de abril 2000, hemos colectado :

- **76 muestras de peces en el río Beni, alrededor de Rurrenabaque**
- **116 muestras de cabellos**
- **21 muestras de agua**
- **21 muestras de sedimentos en los puntos de muestreo de agua**

Nos quedan pendiente una campaña en el área del Illimani, y otra en el área del Yani. Esas salidas están previstas para las fechas del 22 de mayo y del 23 al 26 de junio, 2000 respectivamente.

Los análisis de mercurio se realizan en triplicado, en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IE-UMSA y son realizadas de nuevo si hay cualquier duda o problema experimental. Los resultados son 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 of Standard and Technology) .

Hasta la fecha, tenemos los resultados de las concentraciones en mercurio en todos los peces, cabellos y sedimentos colectados, analizados en el LCA del Instituto de Ecología de la UMSA. Ahora podemos comparar nuestros resultados con los realizados enviados por el Laboratorio de Radioisótopos de la Universidad Federal de Río de Janeiro para su validación.

Hemos recibido también los informes técnicos del laboratorio del UQAM, en Canada, con los resultados de mercurio en las muestras de agua y suspensiones.

Considerando los objetivos del proyecto, hemos respondido a todos los objetivos planteados para los primeros 18 meses hasta la elaboración de un vídeo.

Por las épocas hidrológicas, hemos tenido que intercambiar las actividades C-2 y C-1 del 2^{ndo} año, es decir que hemos ya realizado la 2^{nda} campaña al campo en la zona de Rurrenabaque y que nos quedan pendiente para el último semestre las últimas campañas en las cabeceras andinas.

Con los dos primeros desembolsos :

• **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, fue dictado por el Prof. Olaf MALM de la Univ. Federal de Río de Janeiro (Brasil) y por la Dra Laurence Maurice-Bourgoin de l’IRD-Bolivia. El programa está detallado en el tríptico que figura en anexo de este informe. 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 prácticas 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 compartimentos bióticos del ecosistema acuático y sobre la salud humana’, en la zona de Rurrenabaque y en la cabecera del río Tipuani, con los **objetivos C-1, C-2, D, E y F cumplidos.**

• **Hemos empezado a responder 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 respondido al objetivo 5** ‘Información y sensibilización – Elaboración de un vídeo’. Este vídeo fue realizado durante la tercera campaña FONAMA, en las áreas de Rurrenabaque y de

Guanay, del 11 al 21 de octubre de 1999 a partir de un préstamo del IRD, Cooperación Francesa. Esta campaña en el terreno no ha podido ser retrasada por la espera del 2^{ndo} desembolso de FONAMA, se debe trabajar en época seca para coleccionar peces y sedimentos en número suficiente.

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 18 primeros meses del proyecto.

Tabla 1. Análisis sucinto sobre lo planteado (*en gris*) y lo ejecutado (X) en los 18 primeros meses del proyecto FONAMA.

1^{er} año - Oct. 1998 / Oct. 1999 y primer semestre del 2^{ndo} año – hasta abril, 2000.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MESES																	
		1 O.	2 N.	3 D.	4 E.	5 F.	6 M.	7 A.	8 M.	9 J.	10 J.	11 A.	12 S.	13 O.	14 N.	15 D.	16 E.	17 F.	18 M.
1 - Capacitar a técnicos Bolivianos en 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 en las técnicas de análisis del Hg									X									
Cuantificar la contaminación por el mercurio 2 - en el ecosistema acuático y 3 - sobre la salud humana	C - Campañas de muestreos en el terreno																		
	C.1- Cabeceras andinas									X									
	C.2- Cuenca del Beni en el área de Rurrenabaque			X										X					
	D - Análisis del Hg				X	X	X	X	X	X		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	X					
4 - Zonificación de la contaminación mercurial	G - Cartografía de la contaminación											X							X
5 - Información y sensibilización	H - Elaboración de un vídeo												X	X					
	I - Campañas de información y sensibilización													X					
	J - Publicaciones en revistas internacionales									X				X					
	K - Entrega de los informes financiero y de avance					X						X							

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

La descripción de todas las actividades realizadas durante los tres primeros periodos de financiamiento del proyecto se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 2. Desarrollo y cumplimiento de las actividades cumplidas durante los 18 primeros meses.

ACTIVIDADES PROGRAMADAS	CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES	INDICADORES VERIFICABLES
OBJETIVO ESPECIFICO No 1 :		
Capacitar a técnicos Bolivianos en las técnicas analíticas del mercurio		
Actividad 1 : 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 2 : 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 1 : 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 - En las cabeceras del rio La Paz, en el area del Illimani, el 13 de Diciembre, 1999.	<ul style="list-style-type: none"> • Viáticos, facturas de gasolina, facturas de material (equipo), etc ... • Muestras colectadas
Actividad 2 : Campañas de muestreos en el área de Rurrenabaque Campañas de muestreos en las cabeceras andinas	Actividad cumplida (100%) - Campaña realizada del 10 al 19 de diciembre 1998 - Campaña realizada del 11 al 21 de octubre 1999 Actividad cumplida (50%) - Campaña realizada del 11 al 13 de junio 1999 - Campaña realizada el 13 de diciembre 1999	<ul style="list-style-type: none"> - Viáticos, - presupuestos de los pescadores, - facturas de gasolina, - facturas de material (equipo), etc ...
Actividad 3 : 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 99 – abril 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados presentados en el parágrafo 3.2 • Facturas de reactivos

Actividad 4 : 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 5 : Interpretación de los datos	Actividad en curso Estamos preparando publicaciones en castellano y en inglés de alto nivel científico	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados presentados en el párrafo 3.2 • Publicaciones
OBJETIVO ESPECIFICO No 4 : Zonificación de la contaminación mercurial		
Actividad 1 : Cartografía de la contaminación	Actividad en curso de realización	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de contaminación de los sedimentos de la cuenca del río Beni desde las cabeceras del río Tipuani
OBJETIVO ESPECIFICO No 5 : Información y sensibilización a la contaminación mercurial		
Actividad 2 : Elaboración de un video	Actividad cumplida Durante la campaña de octubre, 1999 a Rurrenabaque	<ul style="list-style-type: none"> • El vídeo mismo • La factura de elaboración de este vídeo
Actividad 3 : Publicaciones en revistas nacionales e internacionales	Actividad cumplida a 50% - artículo en la revista Boliviana de Ecología y de Conservación Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Malm O., and Chincheros J., 1999. Contaminación por mercurio en agua, peces y cabellos humanos debido a la minería aurífera en la cuenca Amazónica Boliviana. <i>Revista Boliviana de Ecología y de Conservación Ambiental</i> (Fund. Patiño Ed.), N° 6, pp. 239-245

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 y de la UMSA-IIQ pueden manejar el equipo del SAA y hacer análisis de mercurio con el FIMS y la nueva lámpara.

3.2.2 *Optimización del protocolo analítico - Obj. 2-1*

Después de haber revisado la bibliografía, hemos realizado durante diciembre y enero, 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).

De esta manera, 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 las omnívoros

- + 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.

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

- 4 a 5 soluciones patrones para calibrar el SAA (1,5 ; 3 ; 5 ; 10 y 15 µg/l)
- 3 blancos de química (digestión de los reactivos) cuyos resultados se sustraen de los resultados que dan las muestras
- 1 muestra de referencia (IAEA-142, a 127 ng/g Hg)
- 2 blancos relativos al protocolo de digestión del material de referencia
- 3 muestras de pez en triplicado (9 tubos)

Se comienzan por la lectura de los blancos de química, luego la de los patrones para realizar la curva de calibración del SAA, y finalmente se leen las concentraciones de las muestras digeridas de peces. Durante el proceso de optimización del protocolo analítico con el SAA del LCA, habíamos notado una deriva importante del aparato para valores de mercurio superiores a 10 µg/l ; para corregir esta deriva, verificamos las soluciones patrón después de haber pasado cada muestra en triplicado.

3.2.3 Resultados de las campañas 3 y 4 de muestreo en la cuenca del río Beni y en las cabeceras andinas del río La Paz - Obj. 2 y 3

➤ **La segunda campaña de muestreo en la cuenca del río Beni (figura 1), en el área de Rurrenabaque,** fué realizada del 11 al 21 de octubre de 1999.

Esta primera campaña ha permitido coleccionar:

- 8 muestras de agua para hacer los análisis de mercurio y de los aniones y cationes.
- 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).

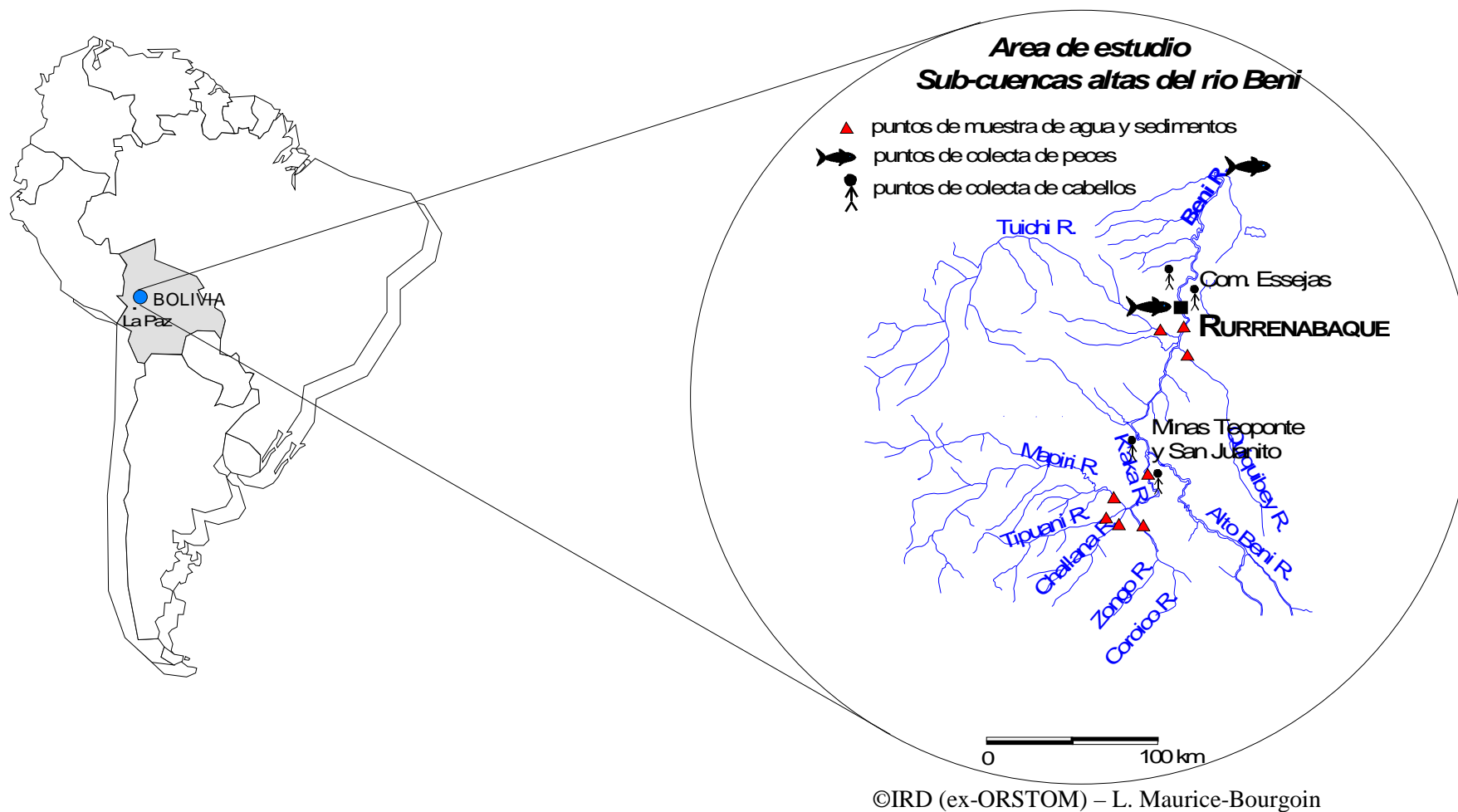
➤ **la primera campaña de muestreo en el área del Illimani, en las cabeceras andinas del río La Paz, fue realizada el 13 de diciembre de 1999**

Esta campaña 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 colectadas 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.

En lo que concierne la colecta de cabellos, hemos realizado una entrevista con cada persona mostreada, se le ha preguntado sobre su historia personal (profesión de los padres, lugares de estadía en el país, profesión propia, ...) y sobre su salud en general.

Figura 1. Localización de los puntos de muestreo de agua, sedimentos, peces y cabellos de la campaña FONAMA I - Oct. 1999.



3.2.3.1 Contaminación por mercurio en los peces

Todos los resultados de mercurio contenido en los peces colectados durante la tercera fase del proyecto están presentados en detalle en la tabla siguiente.

Como conclusión de la tercera fase del proyecto realizada **en la zona de Rurrenabaque, se puede afirmar que todos los peces omnívoros (Pacu, Sabalo y Tambaqui) son consumibles ; por el contrario, los peces carnívoros (ictiófagos) no son aptos para el consumo** ya que la mayor parte de todos los peces analizados sobrepasa el valor límite de Hg en la carne ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Los peces más contaminados son : los **surubis** (*Pseudoplatystoma tigrinum*), **dorados de piel** (*Brachyplatistoma flavicans*) y **palometas** (*Pygocentrus nattereri*).

Pero de todos los resultados que tenemos, no se puede correlacionar para una especie carnívora, los pesos y el contenido de mercurio en la carne. Se puede observar que esos últimos resultados obtenidos en los peces carnívoros, solo 18% de las especies colectadas sobrepasan el valor límite permisible por el OMS ; esto, por el hecho de que los peces son de peso inferior a los colectados durante la primera campaña, que migran en la zona, y cambian de hábitat alimentario en función de los lugares de estadía y la estación.

Clasificación de peces carnívoros por orden creciente de peso

Nombre científico	Sexo	Long. (cm)	Peso (g)	Río de proceden	Régimen aliment.	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/M) %
Sciaenidae, <i>Plagioscion squamosissimus</i>	?	21,5	200	Beni(Limón)	carnívoro	0,069	69,202	0,007	10,116
Sciaenidae, <i>Plagioscion squamosissimus</i>	F	25	260	Beni(Limón)	carnívoro	0,076	75,771	0,001	1,319
Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	24	250	Beni(Limón)	carnívoro	0,079	79,290	0,0004	0,500
Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	29	350	Beni(Limón)	carnívoro	0,184	183,791	0,004	1,468
Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	31	450	Beni(Limón)	carnívoro	0,142	141,831	0,043	1,614
Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	?	32	530	Beni(Limón)	carnívoro	0,099	98,860	0,003	3,030
Erythrinidae, <i>Hoplias malabaricus</i>	F	34	834	Beni(Limón)	carnívoro	0,126	125,620	0,004	3,180
Pimelodidae, <i>Bracyplatystoma flavicans</i>	?	98	1190	Beni(Salinas)	piscívoro	0,288	287,794	0,009	2,259
Pimelodidae, <i>Bracyplatystoma flavicans</i>	M	111	19300	Beni(Salinas)	piscívoro	0,887	887,132	0,206	16,389
Pimelodidae, <i>Pseuplatystoma tigrinum</i>	M	59	200	Beni(Salinas)	piscívoro	0,216	215,579	0,005	0,322
Pimelodidae, <i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	F	114	17500	Beni(Salinas)	piscívoro	0,343	343,276	0,051	10,512
Auchenipteridae, <i>Auchenipterus nuchalis</i>	?	24	200	Beni(Limón)	piscívoro- omnívoro	0,115	114,610	0,018	15,710
Characidae, <i>Rhophiodon vulpinus</i>	?	39,5	960	Beni(Limón)	piscívoro- omnívoro	0,219	218,861	0,011	3,610
Ageneiosidae, <i>Ageneiosus dentatus</i>	?	25	160	Beni(Limón)	carnívoro	0,130	130,167	0,003	1,785
Pimelodidae, <i>Pimelodina flavipinnis</i>	F	51	1550	Beni(Salinas)	piscívoro- omnívoro	0,780	779,755	0,083	7,492
Pimelodidae, <i>Leiarius marmoratus</i>	M	51,5	1775	Beni(Salinas)	piscívoro	0,360	359,901	0,037	0,996
Pimelodidae	M	86	9850	Beni(Salinas)	piscívoro	0,525	525,167	0,021	2,862

Clasificación de peces no carnívoros por orden creciente de peso

Nombre científico	Sexo	Long. (cm)	Peso (g)	Río de proceden	Régimen aliment.	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/M) %
Anostomidae, <i>Schizodon fasciatum</i>	?	20,5	150	Beni(Limón)	herbívoro	0,039	39,170	0,004	6,314
Anostomidae, <i>Schizodon fasciatum</i>	?	23	200	Beni(Salinas)	herbívoro	0,032	31,780	0,005	4,630
Anostomidae, <i>Schizodon fasciatum</i>	F	23	200	Beni(Limón)	herbívoro	0,039	39,010	0,002	5,130
Pimelodidae, <i>Pimelodus maculatus blochii</i>	F	21	125	Beni(Limón)	omnívoro	0,101	101,403	0,009	6,127
Pimelodidae, <i>Pimelodus maculatus blochii</i>	F	19,5	125	Beni(Limón)	omnívoro	0,144	143,928	0,015	7,179
Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	?	70,5	9050	Beni(Salinas)	herbívoro	0,026	26,322	0,004	10,146
Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	?	75	10800	Beni(Salinas)	herbívoro	0,065	64,846	0,004	4,398
Serrasalmidae, <i>Colossoma brachyponum</i>	F	77	11950	Beni(Salinas)	herbívoro	0,063	63,128	0,003	3,622
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	?	23	160	Beni(Limón)	herbívoro	0,046	45,790	0,001	1,310
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	?	24	160	Beni(Limón)	herbívoro	0,091	91,400	0,004	4,490
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	18	225	Beni(Limón)	herbívoro	0,020	20,289	0,001	3,538
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	29,5	975	Beni(Limón)	herbívoro	0,017	16,891	0,002	7,195
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	30	1000	Beni(Limón)	herbívoro	0,021	21,109	0,001	1,933
Serrasalmidae, <i>Mylossoma duriventre</i>	F	31	1175	Beni(Limón)	herbívoro	0,010	10,001	0,001	9,401
Characidae, <i>Triportheus angulatus</i>	?	15	80	Beni(Limón)	omnívoro	0,051	51,128	0,004	4,843
Characidae, <i>Triportheus angulatus</i>	?	20,8	150	Beni(Limón)	omnívoro	0,072	71,780	0,002	1,724
Characidae, <i>Triportheus angulatus</i>	?	20,5	150	Beni(Limón)	omnívoro	0,075	74,565	0,006	5,593
Characidae, <i>Triportheus angulatus</i>	F	22,5	210	Beni(Limón)	omnívoro	0,047	46,786	0,002	3,267
Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	39,5	120	Beni(Salinas)	herbívoro	0,025	25,162	0,013	2,479
Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	34	775	Beni(Salinas)	herbívoro	0,021	20,678	0,0004	1,360
Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	?	35,5	820	Beni(Salinas)	herbívoro	0,034	34,206	0,002	3,515
Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	F	42,5	1750	Beni(Salinas)	herbívoro	0,025	25,197	0,001	3,694
Curimatidae, <i>Prochilodus nigricans</i>	F	35	1775	Beni(Salinas)	herbívoro	0,031	31,143	0,013	2,261
Sternopygidae, <i>sternopygus</i>	F	38,5	210	Beni(Limón)	omnívoro	0,138	138,428	0,006	3,046
Curimatidae, <i>Igenmannina melanopogon</i>	?	31	350	Beni(Limón)	omnívoro	0,049	49,380	0,012	17,198
Loririidae, <i>Pterygoplichtys multiradiatus</i>	F	30,3	415	Beni(Salinas)	omnívoro	0,029	29,281	0,006	14,021
Serrasalmidae, <i>Colossoma macroponum</i>	?	57,5	5200	Beni(Salinas)	herbívoro	0,010	9,680	0,001	4,181

3.2.3.2 Contaminación por mercurio en los cabellos

De los resultados obtenidos en los cabellos colectados durante las campañas en Rurrenabaque, Guanay, Yani y Illimani (tabla 4), 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 río Kaka, Tipuani, Yani y Challiri (cabeceras del río La Paz) con concentraciones incluidas entre 0.046 y 3.220 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$
2. Los ribereños pescadores y consumidores regular de pescado que viven cerca del río Beni y del Kaka (población de Teoponte), con concentraciones incluidas entre 0.0871 y 31.499 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$; este último valor corresponde a una viejita de 75 años que fue baranquillera durante su juventud.
3. Las comunidades indígenas, las más contaminadas con valores entre 2.985 y 12.914 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (promedio de 7.78 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$) ; valores menos elevadas que en las primeras comunidades estudiadas (informe técnico 2).

La OMS ha propuesto 3 valores límite 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 la salud humana

Tabla 4. Concentraciones en mercurio analizados en los cabellos humanos colectados durante las campaña FONAMA 3 y 4 (Octubre y Dic. 1999).

POBLADORES RIBEREÑOS

Cuadro 1 Rurrenabaque (Río Beni) Posición: S ; W

Fecha de colecta	Código	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de procedencia	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
14/12/98	B37	GuillermoBEDREGAL	5		nieto de B35	5 años en Rurrenabaque	peces 1 a 2 veces por día (pacu,dorado)	7,124		0,315	
12/10/99	B65	Ulvia BEDREGAL	17	estudiante	hija de B66	Rurrenabaque	consume pescado de cualquier especie, todos los días.	2,818	2818,000	0,116	2,915
14/12/98	B34	Maria LindauraBEDREGAL	19	estudiantey cocinera	cocinera en el restaurante "la Chocita"	19 años en Rurrenabaque(nervosa)	peces 1 a 2 veces per día (Surubi, Pacu)	2,896	0.179	0,179	
14/12/98	B35	GuillermoBEDREGAL	58	dueño delrestaurant e "La Chocita"	dueño de "la Chocita", minero en GuanayPadre de B34	58 años en Rurrenabaque	peces 3 a5 veces por semana (pacu, surubi, sabalo, bagre)	5,018		0,104	

Cuadro 2 San Juanito Puerto Yumani Posición: S 14°22' 06,3" ; W 67°32' 13,9" (Río Beni)

Fecha de colecta	Código	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
12/10/99	B71	Maguín HUAJNA	0,75	bebé	hijo de B67-68	Nacido en Puerto Yumani	leche más pedazos de carne.	3,971	3971,280	0,034	0,602
12/10/99	B70	Eddy HUAJNA	2	niño	hijo de B67-68	Nacido en Puerto Yumani	consume pescado al igual que su familia.	13,499	13499,113	0,335	1,754
12/10/99	B72	Juana HUAJNA	12	niña	hija de B67-68	Nacida en Puerto Yumani	consume pescado.	4,541	4541,028	0,038	0,586
12/10/99	B69	Jesús BEYUMA	24	estudiante	de padres aymaras	Radica en Yucumo	consume carne de res y pollo.	1,108	1107,652	0,028	1,792
12/10/99	B67	Victoria CARTAGENA	32	ama de casa	de padres en San Buenaventura	San Buenaventura. Vive en Puerto Yumani desde hace 10 años.	entre otros alimentos se alimenta de peces: pintado dorado, tujuno, bagre pacú, cachorro, surubí.	8,136	8136,201	0,488	6,000
12/10/99	B68	Florenzo HUAJNA	47	pescador	esposo de B67	Proveniente de Puerto Linares (Alto Beni). Vive en Puerto Yumani desde hace 10 años	pollo, carne del monte, pescado de variadas especies una vez a la semana.	7,549	7549,482	0,746	9,887

Cuadro 3 Serranía Charque (Río Beni) Posición: S 14°40' 32,3" ; W 67°34' 02,5"

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
13/10/99	B85	Elena TAYO	15	estudiante y ama de casa	hija política de B83-84	Covendo. Vive en Serranía Charque desde hace 3 años.	consume pescado, con preferencia sábalo.	9,886	9886,390	0,314	2,244
13/10/99	B84	Seferina CHAIRIQUE	43	ama de casa	esposa de B83	Covendo. Vive en Serranía Charque desde hace 3 años.	consume pescado: pacú, surubí, dorado.	1,385	1385,066	0,112	5,527
13/10/99	B83	Antonio NATE	53	agricultor y pescador		Covendo. Vive en Serranía Charque desde hace 3 años.	consume pescado de vez en cuando.	1,385	1385,287	0,040	2,032
13/10/99	B86	Pabla TORENA	70	abuela		Covendo. Vive en Serranía Charque desde hace 4 años.	consume pescado (tujuno), carne del monte.	1,264	1263,992	0,007	0,365

Cuadro 4 Comunidad Rial Beni (Río Beni) Posición: S 14°30' 38" ; W 67°28' 52,6"

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
13/10/99	B89	Eliana CAMPOS	2	niña	hija de B88	nació en Rial Beni	lactó leche materna hasta los 1,8 años de edad. Consume pescado.	1,732	1731,743	0,092	3,758
13/10/99	B91	Leydy CAMPOS	11	escolar	hija de B 88, hermana de B89	nació en Rial Beni	consume pescado: sábalo, cachorro, pintado, dorado.	9,916	9916,459	0,174	1,242
13/10/99	B90	Constansa MAMANI	15	ayuda a su familia en la agricultura	hija de B87, hermana de B88	nació en Rial Beni	consume carne, pescado ncon preferencia.	2,197	2197,272	0,036	1,147
13/10/99	B88	Lida MAMANI	29	agricultora y ama de casa	hija de B87	nació en Rial Beni	pescado una vez a la semana y variedad de carnes.	1,823	1822,816	0,015	0,577
13/10/99	B87	Cupertina CASCERES de MAMANI	45	agricultora	madre de B88-90	Tumupaza. Habita en Rial Beni desde hace 35 años	consume pollo, pescadode vez en cuando.	2,133	2133,001	0,385	18,050

Población de Teoponte (Río Kaka)

Posición: S ; W

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
18/10/99	T107	Ariana CASTILLO	3	niña	hija de T106	Teoponte	pescado durante el mes de agosto.	0,361	360,949	0,038	10,528
18/10/99	T109	Mariset MAMANI CARDOSO SOTO	7	estudiante	hija de T108	Teoponte	consume pescado en el mes de agosto 1 vez por semana.	0,300	299,980	0,015	3,427
18/10/99	T108	Elizabeht CARDOSO SOTO	26	ama de casa, barranquillera	hermana de T106	Teoponte	consume pescado en el mes de agosto 1 vez por semana.	0,210	209,557	0,016	7,635
18/10/99	T106	Pastora CARDOSO SOTO	28	ama de casa	madre de T107	Teoponte	pollo, carne, pescdo durante el mes de agosto.	0,144	143,901	0,040	27,797
18/10/99	T110	Rubén CASTILLO PEREZ	31	minero desde hace 10 años, pescador durante la época de pesca.	esposo de T106, padre de T107	Irupana. Radica en Teoponte desde hace 10 años.	consume carne de vaca, pollo, pescado durante la época de pesca.	0,39007	390,065	0,018	3,303
18/10/99	T114	Teófilo MAMANI	32	minero agricultor	esposo de T108	Apolo. Habita en Teoponte desde 1971	consume pescado durante la época de pesca.	0		0	
18/10/99	T112	Lucrecia SOTO	52	fué barranquillera en su juventud, ama de casa.	hija de T111, tía de T106-108	Teoponte	pollo, carne de vaca, pescado, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto de vez en cuando.	0,4174	417,395	0,028	6,708273937
18/10/99	T111	Isabel TUPA	75	Joven fué barranquillera, ama de casa.	abuela de T106	Teoponte	consume carne de vaca, pollo, pescado de vez en cuando.	31,499	31499,000	0,3332	1,057811359
18/10/99	T113	Eloy SOTO	90	fué minero, pescador y agricultor.	padre de T112, esposo de T108	Challana	pescado, carne del monte.	0,0871	87,095	0,033	37,88966072

COMUNIDAD INDÍGENA ESSEJA
Villa Copacabana (Río Beni)

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
12/10/99	B75	Miguel SERRATO	6	escolar	hijo de B25 (Juana Valdivia)	Habitante de Villa Copacabana	consume pescado todos los días.	8,745	8745,145	0,012	0,098
14/10/99	B97	Sinelia PARADA	6	niña	hija de B96	Portachuelo (cerca de Riberalta)	fué amamantada hasta 1 año de edad, consume pescado.	8,813	8812,969	0,491	3,936
14/10/99	B101	Rosa ESTERA	6		esposa de B93	Puerto Salinas	consume frutas, pescado.	8,781	8781,350	0,123	0,988
14/10/99	B103	Silvia PARADA	6	niña	hija de B102	Nació en Capaina	consume pescado.	6,017	6016,679	0,084	0,987
14/10/99	B104	Jaqueline PARADA	7	escolar	hija de B102, hermana de B103	Nació en Capaina	consume pescado.	7,533	7532,744	0,314	2,952
12/10/99	B79	Roberto MONJE	8	niño	hijo de B77-80, hermano de B78	Nacido en Capaina (Isla en el Río Beni)	consume frutas, pescado (mucho más)	6,639	6639,267	0,187	1,990
12/10/99	B76	Florentina SERRATO	9	escolar	hermana de B75, hija de B25	Nacida en Capaina, habita en Villa Copacabana	consume pescado y demás alimentos.	6,316	6316,237	0,202	2,265
12/10/99	B74	Elba ROCA	10	estudiante	hija de B18 (Adela Valdivia)	Habitante de Villa Copacabana	consume pescado todos los días.	5,580	5579,986	0,051	0,643
12/10/99	B78	Romerito MONJE	10	niño	hijo de B77-80, hermano de B79	Nacido en Capaina (Isla en el Río Beni)	consume pescado al igual que su familia.	9,385	9384,646	0,707	7,531
14/10/99	B92	Bernard PARADA	10	escolar		Enapurera (comunidad sobre el Río Beni)	consume pescado: sábalo, surubí.	4,701	4700,764	0,620	13,194
12/10/99	B81	Francisca SOSSA	15		sobrina de B80	San Marcos (Abajo del Río Beni)	pollo, pescado todos los días.	5,919	5919,494	0,024	0,288
14/10/99	B95	Simón BIRSEL	15	escolar	hijo de B94	Cavina (Puerto cerca de Riberalta, sobre el Río Beni)	consume pollo, pescdo (pacú) de vez en cuando	7,220	7219,580	0,033	0,320
14/10/99	B98	Kajita TORREZ	21	ama de casa		Laguna Moa (sobre el Río Beni)	consume pescdo y otras comidas.	8,509	8508,530	0,606	5,034
14/10/99	B96	Angela BIRSEL	25	agricultora y ama de casa	hija de B94	Puerto Salinas (sobre el Río Beni)	consume pescado.	8,922	8921,654	0,332	2,631
14/10/99	B100	Viviana TORREZ	25		hija de B99	Nació en Rurrenabaque	consume pescado.	2,985	2985,383	0,207	4,913
14/10/99	B102	Elinda TORREZ	25	ama de casa	madre de B103	Puerto Salinas	conssume pescado, carne.	10,687	10686,898	0,730	4,827
12/10/99	B77	Andrés Monje	28	pescador	padre de B78-79, esposo de B80	Villa Copacabana	consume pescado 2 veces a la semana	6,594	6593,857	0,260	2,791
12/10/99	B80	Malvina SOSSA	30	ama de casa	madre de B78-79, esposa de B77	Capaina	pescado cada día, frutas.	9,354	9353,878	0,435	3,292
12/10/99	B82	Florinda TORREZ>30	30	ama de casa	madre de B81	Angosto del Bala (Río Beni)	pescado cada día.	12,914	12913,745	0,190	1,039
14/10/99	B105	Dominga CUAJERA	30	ama de casa y agricultora		Fonbeni (sobre el Río Beni)	consume pescado.	8,909	8908,571	0,056	7,685
14/10/99	B93	Rubén PARADA	40	agricultor, pescador		Villa Nueva (sobre el Río Beni)	consume carne, pescado de todas las variedades cuando pesca.	8,421	8421,161	0,147	1,231
14/10/99	B99	Alberto TORREZ	43	agricultor y pescador	hermano de B98	Puerto Salinas	consume pescado.	11,135	11134,922	0,087	0,550

14/10/99	B94	Abelardo BIRSEL	46	pescador, agricultor	Suse (alrededor de Rurrenabaque)	arroz, pescado (pacú)	7,555	7554,628	0,058	0,538
12/10/99	B73	Agustina TAVIN	50	ama de casa	Villa Copacabana	consume pescado	4,437	4436,572	0,145	2,310

MINEROS

Mina Aurífera Tomachi Pobladores de Asilahuara (Río Kaka)

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
18/10/99	T116	José CARTAGENA	40	minero (participa en el proceso de amalgamación)		Tomachi. Actualmente trabaja en Asilahuara.	consume carne, pescadode vez en cuando.	0,61703	617,027	0,032	3,673
18/10/99	T115	Daniel DURAN	43	minero (participa en el proceso de amalgamación)		Rurrenabaque, habita en Asilahuara desde hace 16 años.	consume pollo,carne de res, pescado de vez en cuando.	0,952	952,000	0,06353	6,673319328

Mina Aurífera Rosario California LTDA. (Río Tipuani)

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
19/10/99	B117	Humberto ZEBALLOS	36	minero (piloto civil antes)		Guanay	Mezcla con las manos el oro aluvional. quema la amalgama al aire libre	1,87202	1872,024	0,0743	3,968966634
19/10/99	B118	Enrique FREZCO	52	antes minero, ahora agricultor,soldador		Reyes (Beni)	Trabajó en el azogue en la mina	0		0	

Mina Aurífera de veta 15 de Agosto Bajo Ocobaya (arriba de la población de el Totoral)

Fecha de colecta	Códi-go	Nombre	Edad	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
13/12/99	FI120	Juana APAZA	57	barranquillera, ama de casa	esposa de b	Sud Yungas	comida variada	3,2203	3220,300	0,118	2,59
13/12/99	FI119	Mauricio MAMANI	60	minero		Habita en Totoral desde hace 12 años,se abserva en la persona temblores	consume fideos, papasy otros alimentos.	1,57409	1574,094	0,105	4,707

**Mina Aurífera La Suerte
Localidad de YANI**

Fecha de colecta	Código	Nombre	Edad Sexo	Profesión	Parientes	Lugar de proceden	Habitad alimentario, otros riesgos de contaminación	Hg tot. ug/g	Hg tot. ug/kg	SD	(SD/MOY) %
13/06/99	FY1	Romualdo MARCA	27	minero		Chulumani/ Bolsa Negra frente al Illimani.	No come pescado. Trabaja en la mina desde hace 1 año, quema retorta al aire libre, ha mezclado amalgama sin guantes durante 1 año y despues utilizó guantes. De 1986 a 1993 trabajó en la mina aurífera Bolsa Negra, mezclaba y quemaba amalgama al aire libre	0,246	246,000	0,04221	17,15853659
13/06/99	FY8	Primo CLAURE	30	minero desde 1992 (socabón)	concubino, 2 hijos, de padres mineros en la mina Viloco	Nació en Viloco	Consumo arroz, charque y carne de res. No quema amalgama, ha mezclado con guantes. Desde 1972 a 1992 trabajó en la mina Viloco (Sn-W). No tiene problemas de salud, le duele un poco el estómago.	0,292	292,000	0,01698	5,815068493
13/06/99	FY2	Basilio MARCA	40	minero		Nació en Callapa (Yungas ,La Paz)	Ha procesado con Hg sin precauciones de 1981 a 1995. Quemaba y mezclaba con las manos 1vez/mes. Sacan 800 a 1000g/mes de oro para 96 socios, y utilizan 1 kg de mercurio/mes. De 1980 a 1981 trabajó como minero en la mina Bolsa Negra durante 1 año.	0,941	941,000	0,01028	1,092454835
13/06/99	FY3	Julian BAUTISTA	49	Albañil 1980. De 1980 a 1999 minero en la mina La Suerte	Casado 5 hijos en La Paz		Ha quemado y manejado Hg 2 veces/mes, mezclaba con las manos, desde hace 2 años usan guantes. De 1981 a 1982 quemaba es su casa. Tiene dolor de estómago por tumor en el estómago, calambres, pérdida de visión.	0,141	141,000	0,04527	32,10638298
13/06/99	FY7	Eduardo LIMACHI QuispeM	53	minero desde los 15 años minero desde 1981 en la mina La Suerte. Trabajó	Viudo 7 hijos	Nació en Viloco	Rara vez come pescado en La Paz (pejerrey). Quemaba amalgama en su cuarto 1 vez/semana (1984). Ha mezclado mineral con Hg durante 1995. Sigue quemando al aire libre. Tiene problemas de salud: el corazón, riñones,	0,198	198,000	0,03434	17,34343434

				durante 8 años en la mina Milluni (1973-1981), y en la mina Viloco (1969-1973)			pérdida de visión.				
13/06/99	FY6	Bruno CONDORI CondoriM	55	minero desde 1981 en la mina La Suerte. Antes de 1981 fue agricultor y minero en mina de cobre	Viudo 7 hijos en La Paz	Nació en la provincia Santiago Lahujani del Depto de La Paz	Ha mezclado con las manos y quemado en su cuarto desde 1984. Calambres en las piernas, pérdida de visión pero no usa lentes, problema de audición	0		0	
13/06/99	FY4	Bernardo Hidalgo HINOJOSA TorresM	56	minero desde 1982		Nació en la provincia Pacajes	1982 quemaba amalgama en su casa. Mezclaba con las manos desde 1982 a 1995. Dolor de riñones, calambres en los pies, temblor 1 a 2 veces /semana, dolor de estómago, pérdida de visión	0		0	
13/06/99	FY5	Francisco QUENALLATAM	68	minero desde los 12 años en la empresa minera Viloco (mina de estaño) durante 14 años, 3 años en la Quiluaní		Nació en la provincia Loayza	Trabaja 18 años en la mina La Suerte desde 1980, ha mezclado con las manos y quemaba en su cuarto hasta 1984. Le duelen los riñones, tiene calambres en las piernas, parálisis en la mandíbula, pérdida de visión	0		0	
19/10/99	B117	Humberto ZEBALLOS	36	minero (piloto civil antes)		Guanay	Mezcla con las manos el oro aluvional. quema la amalgama al aire libre	1,87202	1872,024	0,0743	3,968966634
19/10/99	B118	Enrique FREZCO	52	antes minero, ahora agricultor, soldador		Reyes (Beni)	Trabajó en el azogue en la mina	0		0	
13/12/99	F1120	Juana APAZA	57	barranquillera, ama de casa	esposa de b	Sud Yungas	comida variada	3,2203	3220,300	0,118	2,59
13/12/99	F1119	Mauricio MAMANI	60	minero		Habita en Totoral desde hace 12 años, se observa en la persona temblores	consume fideos, papas y otros alimentos.	1,57409	1574,094	0,105	4,707
18/10/99	T116	José CARTAGENA	40	minero (participa en el proceso de amalgamación)		Tomachi. Actualmente trabaja en Asilahuara.	consume carne, pescado de vez en cuando.	0,61703	617,027	0,032	3,673
18/10/99	T115	Daniel DURAN	43	minero (participa en el proceso de amalgamación)		Rurrenabaque, habita en Asilahuara desde hace 16 años.	consume pollo, carne de res, pescado de vez en cuando.	0,952	952,000	0,06353	6,673319328

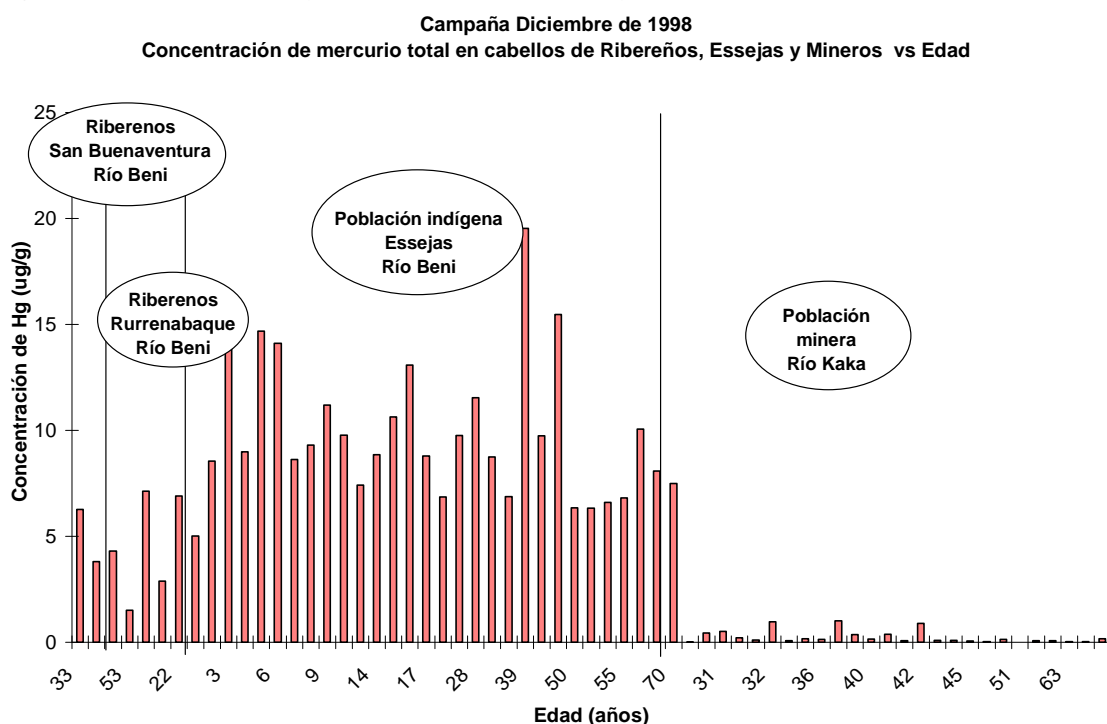
Se puede notar (figura 2) que de los 3 tipos de poblaciones (mineros, ribereños pescadores e indígenas Essejas), **los mineros no están contaminados por el mercurio de manera irreversible**. En efecto, los mineros auríferos están expuestos a 2 formas químicas del mercurio : la forma metálica, que sirve para la amalgama, y la forma vapor cuando queman la amalgama. Esas dos formas, inorgánicas, penetran en el organismo humano, pero es fácilmente y rápidamente eliminado por las vías urinarias. Los síntomas de intoxicación por el mercurio inorgánico son : bronquitis, cefalea, temblores, e insuficiencia renal principalmente.

Por el contrario, **en las comunidades Essejas, los valores de Hg analizados son preocupantes :**

- El valor promedio, de $7.78 \mu\text{g Hg}\cdot\text{g}^{-1}$ ya sobrepasa de 1.3 veces el valor limite de inicio de riesgo de contaminación (OMS).
- Se puede notar un aumento de la contaminación en los niños (Figura 3); el nivel de contaminación en la ultima generación (tercera), especialmente en las niñas de 3 a 5 años, es de 50% más elevado que el de la 1^{ra} generación (gente de 70 años y más).

Estos valores muy elevados se explican por el hábitat alimentario de esas comunidades. Todos los hombres son pescadores, y la principal fuente de proteínas de esa población viene de los peces consumidos. Ya acabamos de ver que la mayoría de los grandes peces carnívoros están contaminados por el mercurio, las poblaciones consumidoras de peces se encuentran al final de la cadena trofica y acumulan de manera irreversible el mercurio desechado al medio ambiente. El mercurio acumulado en los compartimentos de la cadena trofica se encuentra en forma orgánica, (80 a 100% del mercurio total analizado en los peces es en forma metilada), es decir biodisponible para todo tipo de organismo. Esta forma se acumula en el organismo y se transmite de generación en generación. Varios estudios (Barbosa et al., 1998a ; Barbosa and Dórea, 1998b) mostraron que el mercurio se transmite de la madre al feto ; se ha observado una disminución de la concentración en mercurio en las madres en gestación pero regresan al nivel anterior de contaminación unos 3 meses después del parto. Las intoxicación por el mercurio orgánico se manifiesta por síndromes neurológicos múltiples y daño cerebral y físico **irreversible en el feto**.

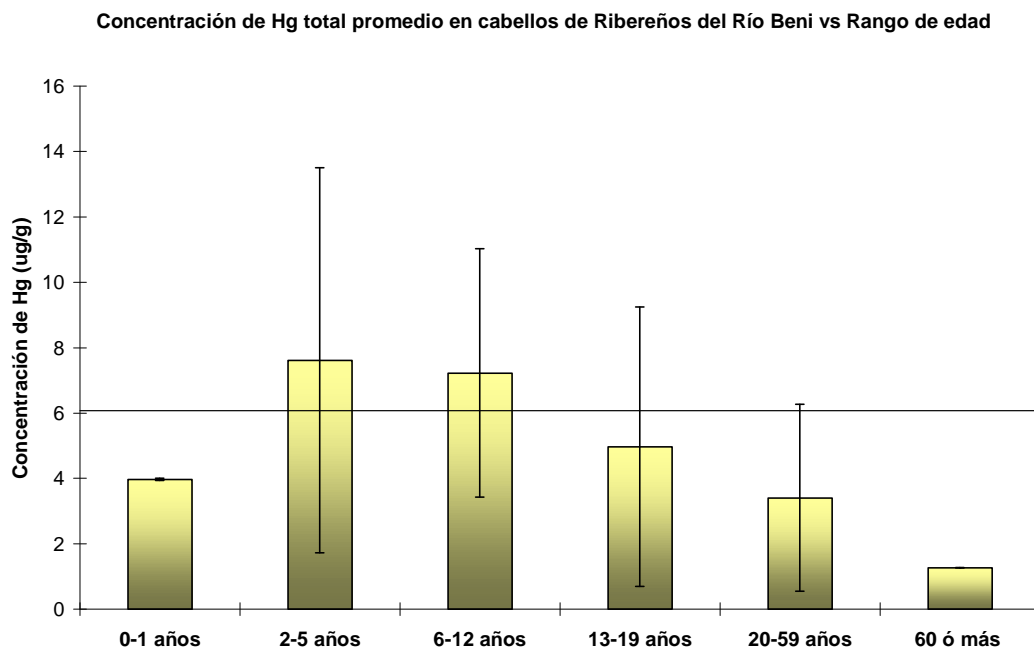
Figura 2. Concentraciones en mercurio analizado en los cabellos humanos de ribereños, mineros y indígenas de los rios Kaka y Beni, Bolivia (Octubre y Diciembre 1999).



En lo que concierne los ribereños del río Beni, las concentraciones en mercurio en sus cabellos son muy elevadas (Fig. 5), incluidas entre 1.108 y 13.499 $\mu\text{g Hg.g}^{-1}$ debido al hecho de que consumen regularmente pescado de la zona.

Las campañas de sensibilización deberán dirigirse también a esas poblaciones.

Figura 5. Disminución de las concentraciones de mercurio en los ribereños del río Beni en función de la edad.



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 río Beni, es decir son personas que no tienen ninguna relación con las actividades auríferas.**

3.2.3.3 Contaminación por mercurio en los sedimentos

Las análisis de mercurio en los sedimentos de las ultimas campañas ya fueron realizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental (UMSA-IE) pero el tratamiento de los datos en Excel est todavía en curso. Preferimos presentar los resultados globales en el ultimo informe técnico.

Los resultados enviados por el Laboratorio de Radioisótopos (Univ. de Rio, Brasil ; tabla 5) para comparación con los nuestros, no son muy buenos (desviación estándar muy fuerte). Hemos solicitado repetir los análisis en los sedimentos, estamos a la espera de los nuevos resultados.

Tabla 5. Resultados de las concentraciones de mercurio analizadas en muestras de sedimentos por el Laboratorio de Radioisótopos de la Univ. Fed. De Rio, Brasil.

Análise de Sedimento da Bolívia Coletado em 99 - blsd99 Universidade Federal do Rio de Janeiro – Lab. De Radioisotopos

Coletor: Lorance

Análise p/ determinação de Hg/ Tecnica Banho maria FIMS

Data de análise:26/08/99

	VALOR ppb	VALOR ppb	Media	SD
1	0,17	3	0,20	
2	0,14		0,17	0,04

CODIGO LR	TRIP.	Massa (g)	V.FIN .	VF / MASSA	LEIT. (ppb)	DIL.	ppb LIQ	SD%X	Media (ppb)	D.P.
	A	0,67	25	37,31	8,51	1,00	311,19			
APSL-4288A	B	0,62	25	40,32	8,75	1,00	345,97	5	326,88	17,64
REF.INTERNA	C	0,49	25	51,02	6,51	1,00	323,47			
Rio Quiquibet	A	0,46	25	54,35	1,01	1,00	45,65			
BLSD8561	B	0,53	25	47,17	0,78	1,00	28,77	23	36,94	8,45
FQ1	C	0,57	25	43,86	1	1,00	36,40			
Rio Mapiri	A	0,51	25	49,02		1,00				
BLSD8562	B	0,55	25	45,45	1,07	1,00	40,91	27	50,75	13,92
F.MAP1	C	0,59	25	42,37	1,6	1,00	60,59			
Rio Tuichi	A	0,61	25	40,98	0,44	1,00	11,07			
BLSD8563	B	0,49	25	51,02	0,39	1,00	11,22	3	11,33	0,33
F.T1	C	0,47	25	53,19	0,39	1,00	11,70			
Rio Corioco	A	0,51	25	49,02	0,49	1,00	15,69			
BLSD8564	B	0,56	25	44,64	0,53	1,00	16,07	14	17,22	2,33
F.C1	C	0,49	25	51,02	0,56	1,00	19,90			
Rio challana	A	0,51	25	49,02	0,4	1,00	11,27			
BLSD8565	B	0,53	25	47,17	0,4	1,00	10,85	14	10,26	1,41
F.CHA1	C	0,52	25	48,08	0,35	1,00	8,65			
Rio Tipuani	A	0,53	25	47,17	0,43	1,00	12,26			
BLSD8566	B	0,52	25	48,08	0,5	1,00	15,87	21	15,67	3,31

F.TIP1	C	0,49	25	51,02	0,54	1,00	18,88			
Rio Beni	A	0,5	25	50,00	0,49	1,00	16,00			
BLSD8567	B	0,5	25	50,00	0,53	1,00	18,00	13	15,93	2,11
F.B1	C	0,49	25	51,02	0,44	1,00	13,78			
Rio Kaka	A	0,55	25	45,45	0,72	1,00	25,00			
BLSD8568	B	0,51	25	49,02	0,57	1,00	19,61	120	72,18	86,43
F.K1	C	0,49	25	51,02	3,54	1,00	171,94			
Buffalo	A	0,1223	25	204,42	7,2	1,00	1437,04			
River	B	0,1624	25	153,94	9,05	1,00	1367,00	4	1 402,02	49,53

De los primeros resultados (Figura 6), se puede observar que :

- los sedimentos de la cabecera andina del río Tipuani están contaminados
- los de los ríos subandinos explotados por su oro aluvial no están tan contaminados (debido al régimen hidrológico que favorece la dispersión y el transporte de las partículas contaminadas hacia abajo)
- los resultados del río Beni en Rurrenabaque serán confirmados más tarde.

3.2.3.3 Contaminación por mercurio en las aguas y suspensiones

Ya tenemos los resultados de los valores de mercurio contenido en las aguas y sus suspensiones colectadas en octubre y diciembre de 1999 (tabla 6). Esas análisis fueron realizadas por Espectrometría de Fluorescencia Atómica, en Canadá, en la Universidad del Quebec, 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 la cooperativa “15 de Agosto” o en la zona del Yani, las concentraciones en el agua son multiplicadas por 8 a 10. 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 lo que concierne los afluentes directos del río Beni a Angosto del Bala (Figura 6), se puede observar que en época de aguas bajas, las concentraciones en mercurio disuelto varían de 2,87 hasta $35,52 \text{ ng l}^{-1}$, en los ríos Coroico y Kaka respectivamente.

El río Kaka es caracterizado por un número muy importante de cooperativas auríferas instaladas en sus orillas (Maurice-Bourgoin *et al.*, 1999) y un lecho bastante largo lo que facilita el depósito de las partículas contaminadas desechadas por las minas. Las partículas mismas no son muy concentradas en mercurio pero la alta carga turbia y el régimen hidrológico aumentan la contaminación en mercurio de este río.

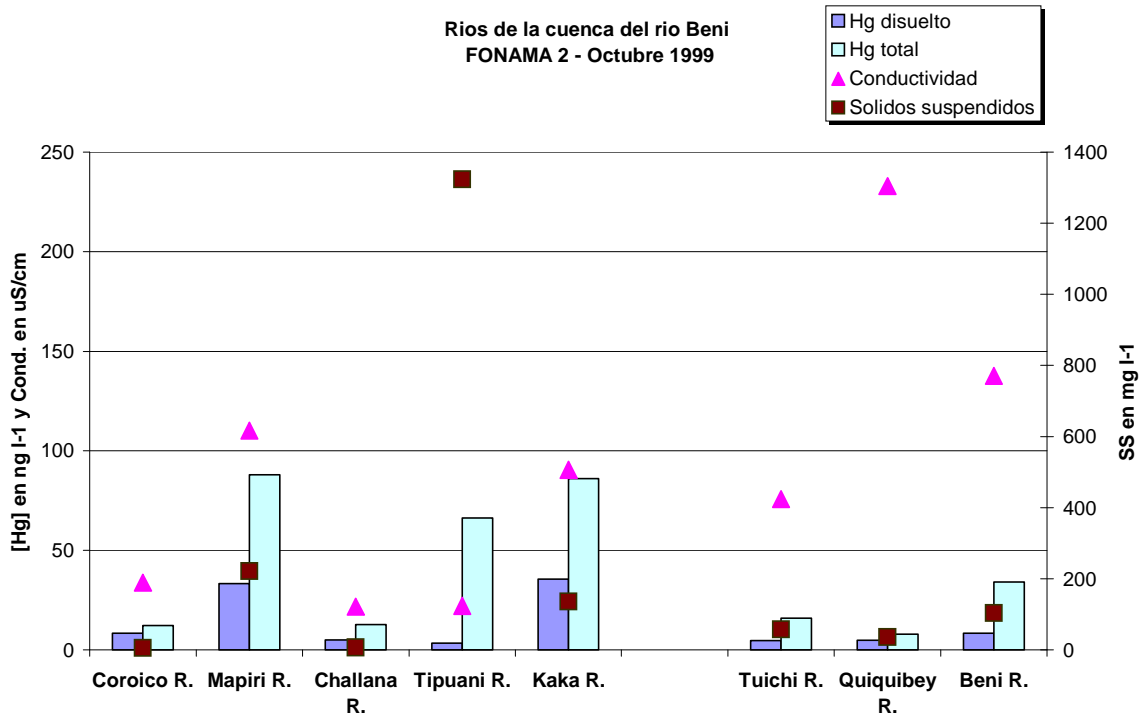
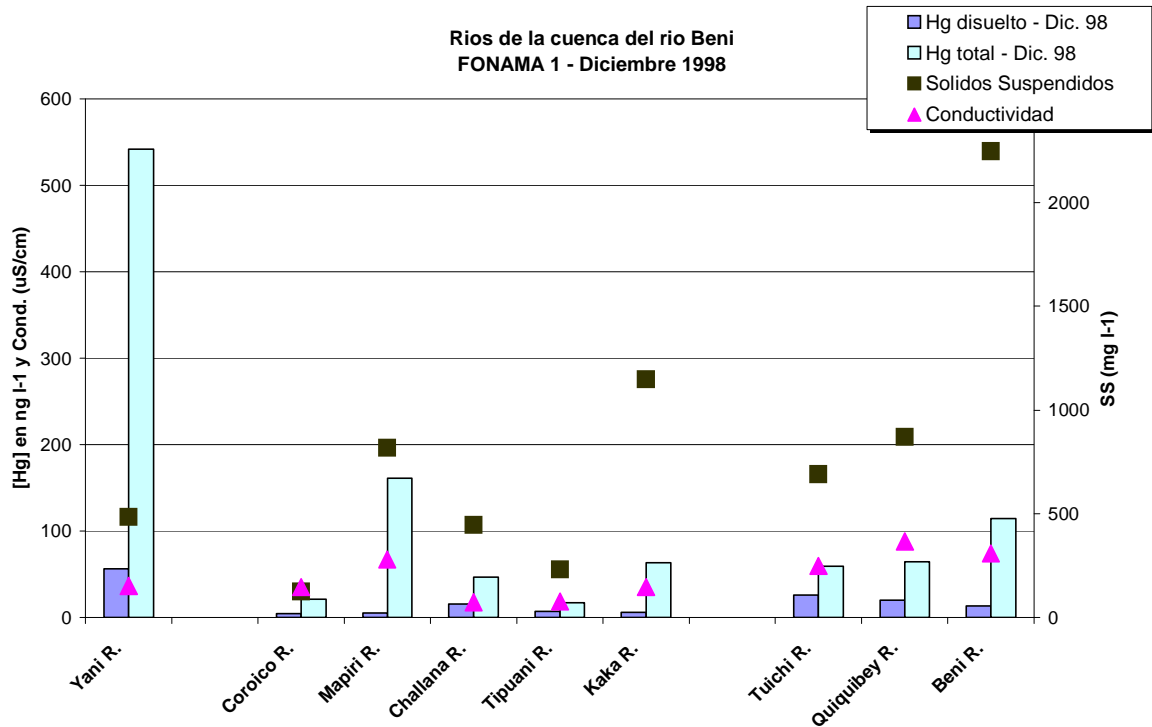
El río Mapiri aparece como el afluente del Beni lo más contaminado. Este resultado se puede explicar por la presencia cercana de una mina aurífera, o por el alto contenido en partículas finas, las arcillas por ejemplo. Se sabe en efecto que el mercurio tiene una gran afinidad para las arcillas sobre las cuales es preferentemente transportado en los ríos, así que sobre la materia orgánica.

Tabla 6. Concentraciones en mercurio contenido en las aguas y suspensiones colectadas en octubre 1998 y diciembre de 1999.

Echantillonnage FONAMA des rios Yani, Coroico, Tipuani, Challana, Mapiri, Kaka, Tuichi, Quiquibey et Beni

Code	Rio	Latitude	Longitude	Fecha de muestreo	Temp (°C)	Cond (µS/cm)	pH	TDS (mg/l)	MES (mg/l)	MVS (% MES)	RESULTATS Hg dans eaux de surface : UQAM			
											HgD moy. (ng/l)	HgP moy. (ng/g)	HgP moy. (ng/l)	HgTot moy. (ng/l)
F-Y1	Yani R.	S 15° 40' 20,0"	W 68° 24' 59,9"	12-juin-99	11,5	36,5		18,7	485,064	1,519	56,40	1000	485,064	541,464
F-COR1	Coroico R.	S 15° 30' 56,6"	W 67° 50' 27,6"	17-nov-97	24,8	35,3	6,89	17,8	125,230	1,856	4,66	132	16,530	21,186
F-MAP1	Mapiri R.	S 15° 29' 14,4"	W 67° 53' 07,2"	17-déc-98	26	66,9	6,99	33	817,121	0,692	4,93	191	156,070	161,004
F-CHA1	Challana R.	S 15° 30' 43,4"	W 67° 52' 11,6"	18-déc-98	20,9	17,59	6,12	8,85	445,980	1,544	15,71	70	31,219	46,929
F-TIP1	Tipuani R.	S 15° 30' 17,3"	W 67° 53' 13,4"	18-déc-98	21,7	18,62	5,98	9,14	230,602	1,065	7,12	43	9,916	17,037
F-K1	Kaka R.			17-déc-98	23,6	35,4	6,44	17,7	1146,980	0,725	5,89	50	57,349	63,242
F-TUI1	Tuichi R.	S 14° 35' 25,1"	W 67° 31' 39,0"	12-déc-98	23,9	59,7	7,43	33,5	691,393	1,065	26,10	48	33,187	59,282
F-Q1	Quiquibey	S 14° 38' 11,2"	W 67° 32' 08,6"	12-déc-98	26,6	88,1	7,55	44,2	870,859	1,102	19,81	51	44,414	64,220
F-BEN1	Beni R.			12-déc-98	23,9	74	7,4	36,7	2246,552	1,555	13,23	45	101,095	114,321
F-COR2	Coroico R.	S 15° 30' 56,6"	W 67° 50' 27,6"	16-oct-99	26,3	33,8	8,06	16,8	5,396	12,177	8,36	724	3,907	12,267
F-MAP2	Mapiri R.	S 15° 29' 14,4"	W 67° 53' 07,2"	17-oct-99	26,2	110,1	7,25	55,2	222,020	9,195	33,41	246	54,617	88,027
F-CHA2	Challana R.	S 15° 30' 43,4"	W 67° 52' 11,6"	17-oct-99	23,3	21,8	6,65	11,1	6,873	17,568	5,04	1100,5	7,564	12,604
F-TIP2	Tipuani R.	S 15° 30' 17,3"	W 67° 53' 13,4"	17-oct-99	23,7	22,1	6,24	11,2	1323,381	7,208	3,48	47,5	62,861	66,341
F-K2	Kaka R.			17-oct-99	26,4	90,4	7,19	45,4	136,446	8,801	35,52	370,5	50,553	86,073
F-TUI2	Tuichi R.	S 14° 35' 30,3"	W 67° 32' 42,4"	13-oct-99	28,5	75,8	7,7	38	57,217	6,446	4,64	197	11,272	15,912
F-Q2	Quiquibey	S 14° 37' 14,2"	W 67° 31' 37,5"	13-oct-99	32,6	233	8,31	116	35,466	8,482	4,83	84	2,979	7,809
F-BEN1	Beni R.	S 14° 31' 36,9"	W 67° 29' 45,2"	13-oct-99	25	137,7	7,81	68,7	103,707	7,112	8,36	248,5	25,771	34,131

Figura 6. Concentraciones de mercurio en las aguas del río Beni y sus afluentes : Yani, Coroico, Mapiri, Tipuani, Kaka, Tuichi y Quiquibey. Campañas FONAMA de diciembre 1998 y octubre 1999.



3.2.3 Validación de los resultados de Hg en peces, cabellos y sedimentos - Obj. 2 y 3-4

1 – Comparación de los métodos de análisis

Los métodos de mineralización de las muestras de peces, cabellos y sedimentos utilizados en el LCA del IE de la UMSA y en el Labo. de Radioisótopos de la Univ. Fed. De Rio (Brasil) están comparados en la tabla siguiente :

Tabla 7. Comparación de los protocolos de mineralización de las muestras de peces, cabellos y sedimentos utilizados en el LCA del IE - UMSA y en el Labo. de Radioisotopos de la Univ. Fed. De Rio (Brasil)

Muestra	LCA, UMSA-IE (Bolivia)	LR, UFRJ (Brasil)
Peces	<ul style="list-style-type: none"> • \pm 200mg de pez (peso húmedo) para especies carnívoras, o \pm 400mg de pez (peso húmedo) para especies omnívoras • 1,0 mL de H₂O₂ • 8,0 mL de H₂SO₄:HNO₃ (1:1) • Baño-Maria a 60°C hasta solubilización completa del material • Después enfriar, adicionar 7,0 mL de KMnO₄ a 5% • Baño-Maria a 60°C por 15 minutos • Neutralizar con Cloridrato de Hidroxilamina al 12%.(HONH₃Cl+NaCl). • Aforar a volumen final a 25 mL con H₂O Milli-Q • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer). 	<ul style="list-style-type: none"> • \pm 200mg de pez (peso húmedo) • 1,0 mL de H₂O₂ • 4,0 mL de H₂SO₄:HNO₃ (1:1) • Baño-Maria a 60°C hasta solubilización completa del material • Después enfriar, adicionar 4,0 mL de KMnO₄ a 5% • Baño-Maria a 60°C por 15 minutos • Neutralizar con Cloridrato de Hidroxilamina al 12%.(HONH₃Cl+NaCl). • Aforar a volume final a 10 mL con H₂O Milli-Q • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer).

Cabellos	<ul style="list-style-type: none"> • 40 mg de muestra seca previamente lavada • 5,0 mL H₂SO₄:HNO₃ (1:1) • Baño-Maria a 60°C hasta total solubilización • 3,0 mL KMnO₄ a 5% • Baño-Maria a 60° C por 10 minutos • Neutralizar com Hidroxilamina al 12%.(HONH₃Cl+NaCl). • Aforar VF 25 mL • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer). 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 mg de muestra seca previamente lavada • 5,0 mL H₂SO₄:HNO₃ (1:1) • Baño-Maria a 60°C hasta total solubilización • 5,0 mL KMnO₄ a 5% • Baño-Maria a 60° C por 10 minutos • Neutralizar com Hidroxilamina al 12%.(HONH₃Cl+NaCl). • Aforar a VF 10mL • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer).
Sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> • ± 0.4 g de sedimento tamisado y molido (peso seco) • 2,0 mL de H₂O Milli-Q • 5,0 mL de HCl:HNO₃ (10:1) • Digestión a 100°C durante 2 horas en un digestor con tapas que nos permite reciclar las vapores ácidas • Después enfriar, adicionar unos ml de H₂O ultra-pura • Filtrar con papel Whatmann 42 • Aforar volumen final a 25 mL con H₂O Milli-Q • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer). 	<ul style="list-style-type: none"> • ± 0.5 g de la fracción fina del sedimento (peso seco) • 2,0 mL de H₂O ultra-pura • 5,0 mL de HCl:HNO₃ (3:1) • Digestión a 80°C durante 5 min. • Después enfriar, adicionar 20 ml de H₂O ultra-pura y 10,0 mL de KMnO₄ al 5% • Digestión a 80°C durante 30 min. • Neutralizar con Clorhidrato de Hidroxilamina al 12%.(HONH₃Cl+NaCl) • Filtrar con papel Whatmann 42 • Aforar a volumen final a 25 mL con H₂O Milli-Q • Determinación por FIMS-400 (Flow Injection Mercury System-Perkin Elmer).

Nos hemos asegurado, al final de cada mineralización, que :

- Todas las muestras estaban totalmente digeridas, es decir que el color final de las soluciones era transparente.
- El volumen final era exactamente de 25 ml (medidos en matraces de 25 ml, es más exacto que utilizar de 10 ml solamente medidos en tubitos aforados, como son utilizados en Brasil)

Estas verificaciones no podemos asegurarlas en los resultados de los análisis del Labo de Radioisótopos, UFRJ (Brasil).

2 – Verificación de los resultados de mercurio en cabellos y peces

Ya estamos esperando todavía los valores de mercurio en las muestras de las 2 últimas campañas. El Director del laboratorio ha ido a trabajar durante 1 año en un país europeo, y puede explicar el retraso que han tenido sus técnicos a enviarnos los resultados. Pero, ha regresado ahora, y seguimos en contacto regularmente con ellos esperando una respuesta rápida.

Se puede concluir de todos modos que :

- **la mayoría de los peces carnívoros del río Beni de gran tamaño, en la zona de Rurrenabaque, están contaminados por el mercurio y no son aptos para el consumo (sobrepasan hasta 5 veces el valor límite de la OMS) contrariamente a las especies omnívoras.**
- **las poblaciones contaminadas por el mercurio son las que consumen regularmente los peces del río Beni, es decir las comunidades indígenas (Essejas) que tienen como única fuente de proteínas, los peces del río. Las concentraciones obtenidas en sus cabellos son alarmantes y afectan sobre todo a los niños desde su nacimiento ya que están contaminados *in útero* por sus madres.**
- **Los mineros no están contaminados de manera irreversible por el mercurio, ya que están en contacto con su forma inorgánica que se elimina fácilmente del organismo vías urinarias. Pero el proceso de extracción del oro influye mucho sobre los niveles de contaminación de los mineros ; es decir que los mineros que trabajan de manera rudimentaria y sin tomar ninguna precaución básica son más expuestos que los mineros que tratan de recuperar el mercurio, que no mezclan directamente a mano, o peor que no queman en sus casas, ventanas cerradas, acompañados de toda su familia (como se encuentra frecuentemente en las minas de la cordillera).**

Estos primeros resultados de análisis de mercurio en las aguas y los peces de la cuenca del río Beni, ya fueron publicados en una revista nacional de alto nivel científico, la Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, y también comunicados a la Academia de Ciencias de La Paz en junio 2000 (Seminario de restitución del programa IRD – BIOCAD y Seminario sobre los cambios globales) para sensibilizar a la población científica sobre la problemática de la contaminación por mercurio del río Beni.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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 región de Nueva Esperanza, Araras, del departamento de Pando, La Paz, Bolivia. 175 pages + annexes.
- 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.
- Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Malm O., and Chincheros J., 1999. Contaminación por mercurio en agua, peces y cabellos humanos debido a la minería aurífera en la cuenca Amazónica Boliviana. *Revista Boliviana de Ecología y de Conservación Ambiental* (Fund. Patiño Ed.), N° 6, pp. 239-245.

UNIVERSITE DU QUEBEC À MONTREAL

CHAIRE DE RECHERCHE EN ENVIRONNEMENT
HYDRO-QUEBEC/CRSNG/UQAM

Contrat de services professionnels

Suivi environnemental dans le bassin amazonien

**ANALYSES DU MERCURE TOTAL DANS LES MATIERES PARTICULAIRES EN
SUSPENSION RECOLTEES SUR DES FILTRES**

Isabelle Rheault, biochimiste

décembre 1999

TABLE DES MATIERES

	pages
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 MATERIEL ET METHODE POUR LES ANALYSES DE MERCURE PARTICULAIRE.....	1
3.0 RESULTATS DES TENEURS DE MERCURE TOTAL DANS LES ECHANTILLONS.....	3
4.0 COHERENCE DES RESULTATS.....	5

1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre d'un suivi environnemental dans le bassin amazonien Bolivien, des échantillons de matières particulaires en suspension dans l'eau ont été récoltés sur des filtres. Le laboratoire de la Chaire de recherche en environnement Hydro-Québec/CRSNG/UQAM a reçu le mandat d'analyser le contenu en mercure (Hg total) dans ces échantillons.

En plus de présenter les résultats d'analyses, ce rapport décrit brièvement les principales étapes analytiques.

2.0 MATERIEL ET METHODE POUR LES ANALYSES DE MERCURE PARTICULAIRE

Préparation de l'échantillon

Les filtres ont été mis au dessiccateur pendant 18 heures pour s'assurer qu'ils étaient bien secs. Puis ils ont été pesés avec une précision de 0.00001g.

Digestion

Deux protocoles différents peuvent être utilisés lors de la digestion:

1) Pour la digestion des échantillons ayant un poids inférieur à 60 mg:

Un filtre complet est mis dans un tube de verre en présence de 0.5 ml de HNO₃ concentré et de 0.05 ml de HCl 6N. Le tube est mis dans une étuve à 120°C pour 5 heures avec un bouchon vissé.

La digestion terminée, 5 ml d'eau NANOpure® et 0.05 ml de HCl 6N sont ajoutés. Ensuite le digestat est mélangé au vortex et centrifugé. Le mercure est alors mesuré sur un volume du digestat variant de 0.2 à 2 ml, par la méthode de fluorescence atomique lorsque réduit par Sn(II).

2) Pour la digestion des échantillons ayant un poids supérieur à 60 mg:

Un filtre complet est mis dans un tube de verre en présence de 10 ml de HNO₃ concentré et de 1 ml de HCl 6N sur un plaque chauffante à 120°C pendant 5 heures. La partie supérieure du tube est refroidie par un système de ventilation afin de promouvoir la condensation des vapeurs et d'éviter la perte de mercure par évaporation.

La digestion terminée, le digestat est ramené à un volume de 30 ml avec de l'eau NANOpure®. puis un volume de 0.5 ml est analysé par mesure de la fluorescence atomique du mercure libéré lorsque réduit par Sn (II).

L'appareil est calibré par injection de quantités connues de Hg(II) variant entre 400 et 1000 pg Hg. Des blancs d'acide ainsi que des blancs de filtre accompagnent chaque série de digestion.

3.0 RESULTATS DES TENEURS DE MERCURE DANS LES ECHANTILLONS

Tableau 1

Teneurs de mercure des matières particulaires en suspension récoltées sur filtres

#Labo UQAM	Identification du filtre	Poids du filtre (mg)	Poids filtre+MPS (mg)	Poids MPS (mg)	Mercure total (ng/g)	Protocole utilisé *
11	F.Yani Filtre 1	146.19	181.68	35.49	937	1
26	F.Yani 1 Filtre 2	148.69	174.53	25.84	1063	1
25	F.Coroico 1	144.44	178.94	34.50	152	1
12	F.Mapiri 1	144.68	335.42	190.74	191	2
13	F.Tuichi1	143.40	412.45	269.05	48	2
14	F.Challana 1	144.54	202.29	57.75	70	1
15	F.Tipuani 1	144.25	285.74	141.49	43	2
16	F.Quiquibey 1	144.23	349.67	205.44	51	2
17	F.Kaka 1	144.51	412.39	267.88	50	2
18	F-Beni Filtro 2	144.89	441.36	296.47	55	2
19	F-Beni Filtr 1	145.83	416.67	270.84	68	2

*Note: le protocole 1 est une digestion dans l'étuve et le protocole 2, une digestion sur plaque chauffante.

Tableau 2

Poids des filtres vierges

#Labo UQAM	Identification du filtre	Poids du filtre Bolivie (mg)	Poids du filtre UQAM (mg)	Différence de poids (mg)	Protocole utilisé *
10	filtre vierge	143.70	144.30	0.60	1
23	filtre vierge	146.74	147.32	0.58	2
24	filtre vierge	147.23	147.78	0.55	2