



Impactos en el ambiente y la salud por la minería del oro a pequeña escala en el Ecuador (segunda fase)

Informe Técnico Final



Escuela Politécnica
del Ecuador



Instituto de Investigación
para el Desarrollo



Universidad Nacional
de Loja



Universidad Mayor
San Andrés de Bolivia

con el apoyo de:



Quito, octubre del 2007

Proyecto No. 101415-001

ENVIRONMENTAL AND HEALTH IMPACTS OF SMALL-
SCALE GOLD MINING IN ECUADOR (PHASE 2)

INVESTIGACIÓN E INTERVENCIÓN EN EL CAMPO DE LA
SALUD HUMANA Y DEL AMBIENTE, CUENCA DEL
PUYANGO

FUNDACIÓN SALUD AMBIENTE Y DESARROLLO (FUNSAD)

PAÍS: Ecuador

INFORME TÉCNICO FINAL

INVESTIGADORES

Óscar Betancourt *
Alberto Narváez *
Marlene Tapia *
Marc Roulet **
Sebastián Betancourt *
Bolívar Vera *
Edwin Cueva *
Ramiro Barriga ***
José Sandoval ****
Carlo Magno Chamba *****
Antonieta García *****
Lisímaco Velasco *
Eulalia Narváez *

CONSULTORES

Donna Mergler
Jean Remy Guimaraes
Yajaira Vázquez

* FUNSAD

** IRD

*** Escuela Politécnica Nacional

**** Universidad San Andrés, Bolivia

***** Universidad Nacional de Loja

Quito, octubre de 2007

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a los niños y padres de familia de las comunidades de Gramadal-Las Vegas, Puyango Viejo y de la ciudad de Portovelo, para quienes se encuentra dirigido este estudio. No hubiera sido posible cumplir nuestra tarea sin el apoyo decidido de las maestras y maestros de las escuelas de esas comunidades. De manera particular nuestro agradecimientos para las directoras y directores de las escuelas 24 de Mayo, Río Amarillo, Federico Froebel y Jhon Dewey de la ciudad de Portovelo, Luis Pasteur y Hideyo Noguchi de la ciudad de Guayllabamba. Apoyo valioso resultó el ofrecido por el Departamento Médico del Instituto Nacional Mejía y por el Consultorio de Psicopedagogía “Toledo-Tapia” de la ciudad de Quito.

Se debe reconocer a las juntas pro-mejoras y comités de padres de familia de Gramadal-Las Vegas y Puyango Viejo por la decidida participación en el estudio y en la consecución de mejores condiciones sanitarias para sus comunidades. Igual sentimiento tenemos para los responsables de las UGAMs de Zaruma y Portovelo y para las autoridades municipales de esos dos cantones.

Anhelamos con esperanza que continúe esa motivación por el cuidado del ambiente y de la salud de los clubes ecológicos de Zaruma y Portovelo; para esos niños y jóvenes que participaron activamente en las distintas actividades del Proyecto, nuestro sentido reconocimiento.

Un gran esfuerzo tuvieron que hacer Jaime Chincheros y Vania García, del Laboratorio de Calidad Ambiental, LCA de la Universidad Mayor de San Andrés de la Paz Bolivia, para realizar el análisis de las muestras ambientales y de cabello.

Este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo del IDRC y de la oportuna presencia de los profesionales de las oficinas en Montevideo.

A LA MEMORIA DE MARC ROULET

RESUMEN

Esta segunda fase del proyecto se inscribe en un proceso que vincula la investigación con las intervenciones, estas últimas, descritas en el informe narrativo final y en los anexos.

El componente de investigación ofrece importantes resultados que dan más luces a la relación ambiente y salud, abordado desde una perspectiva ecosistémica. Se comprueba que la pequeña minería del oro, con la descarga de relaves y efluentes al río Puyango, es la principal responsable de las elevadas cantidades de plomo, manganeso, mercurio y arsénico. Contrariamente a lo que se pensaba luego de haber concluido la primera fase, los tributarios del Puyango (microcuencas) no aportan con esos elementos a la contaminación.

Un hallazgo que contrasta con todos los estudios hechos sobre mercurio en América, se relaciona con la ausencia de metilmercurio (MeHg) en el eje central del río, a pesar de la presencia de niveles importantes de mercurio inorgánico en los distintos sustratos del río. La compleja situación de las bacterias sulfato reductoras, la presencia de otros niveles de contaminación con sulfatos, cianuro y otros metales, a más de las características de un río de montaña explican de alguna manera este extraño fenómeno, sin embargo, quedan algunas interrogantes para ser aclarados con estudios futuros. Este interesante fenómeno de la contaminación se convierte paradójicamente en un protector de la salud y vida de los seres vivos, entre ellos las del ser humano. Se explica con ello, la ausencia de mercurio en el cabello de los adultos y niños, estudiados en la primera y segunda fase del proyecto.

Al integrar en el análisis los diferentes procesos que suceden en un ecosistema, se observa que el factor antropogénico ocasiona la contaminación por metales que de manera natural de encuentran en los suelos de la zona minera, esta contaminación impacta en los peces y otros seres que habitan en el río. Con el estudio se encontró metales pesados en su organismo, especialmente plomo y en menor cuantía manganeso.

Los niños de la cuenca del Puyango se encuentran expuestos a los contaminantes de distinta manera. Los de la cuenca alta, de manera directa o indirecta por la actividad minera, especialmente de las plantas de procesamiento mineral. En cambio, los niños de la cuenca baja por el consumo del agua del río con metales en el material particulado, consumo de peces con metales y consumo de alimentos cocidos en ollas que se comprobó contienen plomo. Varios niños estudiados tienen niveles altos de esos metales en el organismo, principalmente manganeso. Todos tienen plomo en el cabello y, aunque no se encuentran por encima de los niveles de referencia, consideramos que están subvalorados por el tipo de sustrato utilizado para el estudio. Con la aplicación de una batería de pruebas neuroconductuales, BPNC, para niños se encontró que existe compromiso de algunas funciones del sistema nervioso, en los dominios cognitivo, motor, emotivo-afectivo y conductual. Se ha visto también que en algunas pruebas utilizadas tienen alta influencia la edad, el sexo, en nivel de escolaridad y el tipo de escuela (pública o privada). Estos hallazgos son de mucha importancia para el intercambio con otros grupos de investigación en América que se encuentran en la búsqueda de las pruebas más adecuadas para descubrir manifestaciones tempranas de neurotoxicidad en los niños.

Con la aplicación del enfoque ecosistémico en el Proyecto, fue posible sacar a la luz la importancia de los aspectos políticos y sociales en los procesos de gestión ambiental y de salud. El Proyecto pudo determinar la posición de los actores sociales más importantes en las acciones para controlar la contaminación y sus impactos en la salud humana. Vinculando la investigación con las acciones fue posible cambiar la posición de los actores sociales, especialmente de los tomadores de decisiones, cambios que se han expresado en decisiones políticas para la gestión ambiental, aporte de recursos, (aunque escasos), ordenanzas municipales para el control de la actividad minera, etc. Sin embargo, todavía hay mucho camino por recorrer, el compromiso tienen todavía sus dificultades. Por lo contrario, la respuesta de los habitantes de la cuenca baja ha sido estimulante. Respaldados por los resultados de los estudios y apoyados en su capacidad de organización y movilización han podido conseguir obras y acciones para la defensa de la salud y vida (agua potable para Puyango Viejo, filtros de agua para las familias de Gramadal Las Vegas). Lo importante es que esos pobladores tienen una actitud estimulante pro-activa hacia el cuidado del ambiente y de la salud, a pesar de ser los más depauperados.

El estudio pudo dilucidar las percepciones y posiciones que existen sobre el rol de los géneros en la minería, dentro de los cuales el poder se concentra en los hombres y se soslaya el trabajo duro de la mujer.

El Proyecto ha permitido establecer vínculos sólidos con múltiples instituciones, organizaciones y personas preocupadas por proteger el ambiente y la salud, sería frustrante para ellos y poco ético para todos una ruptura absoluta de las relaciones, haremos cualquier esfuerzo para eso no suceda. La ciencia tiene que ir de la mano de los más necesitados.

CONTENIDO

ANTECEDENTES	1
COMPONENTE AMBIENTAL	2
Metodología	2
Red de muestreo	2
RESULTADOS	5
Metales pesados en los suelos	6
Material particulado en suspensión en la cuenca del puyango	8
Mercurio en el río: en material particulado y en fracción disuelta en el agua	9
Mercurio en los sedimentos	11
Metil mercurio	12
Presencia y diversidad de subgrupos de bacterias sulfatorreductoras	13
HG en agua de consumo humano en la cuenca alta	14
Los peces de la cuenca del puyango	15
Metales pesados en los peces	16
Manganeso en material particulado, fracción disuelta y sedimentos	17
Plomo en material particulado, fracción disuelta y sedimentos	20
Arsénico en material particulado, fracción disuelta y sedimentos	23
IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA	25
Metodología	25
Determinación de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad	27
Universo y muestra	28
Recolección de los datos	29
Procesamiento de la información	29
RESULTADOS	30
Características de la población de estudio	30
Sexo	30
Escolaridad	31
Eventos de exposición	31
Trabajo de los niños	32
Trabajo de los padres	33
Consumo de peces	35
Uso de ollas con plomo	36
Otros factores que influyen en el desarrollo psicomotriz	38
Escolaridad de los padres	38
Características del embarazo y parto	39
Rendimiento escolar	40
Exposición a otros neurotóxicos	40
Manifestaciones tempranas de neurotoxicidad	40
Metales en organismo de niños y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad	42
Eventos de exposición de niños y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad	45
Influencia de variables socio-económicas (co-variables) en el rendimiento de las pruebas neuroconductuales	47
BPNC y variables demográficas	48
BPNC y variables socio-económicas	52
COMPONENTES SOCIO-POLÍTICOS Y DE GÉNERO	54
Mapeo político: posición de actores sociales en la gestión ambiental	54
RESULTADOS	55
Análisis de los resultados del primero y segundo mapeo	58
Roles de género en la pequeña minería del oro en Portovelo y Zaruma	63
CONCLUSIONES (DISCUSIÓN)	70
RECOMENDACIONES	74
CITAS BIBLIOGRÁFICAS	76

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Red de muestreo de la cuenca del Puyango	3
Mapa 2. Red de muestreo, matriz para el sistema de información geográfica, SIG del componente ambiental, cuenca del Puyango)	5

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores promedio de metales en suelos de la cuenca del río Puyango 2006	6
Tabla 2. Concentraciones de metales en muestras de mineral trabajado (ug/g), antes y después del procesamiento del mineral, sociedades mineras, Portovelo-Zaruma, 1994	6
Tabla 3. Concentraciones de metales pesados (ug/g) en material procesado (relaves de molienda y colas de cianuración), Portovelo-Zaruma, 2004	7
Tabla 4. Familias encuestadas por comunidad.....	26
Tabla 5. Batería de pruebas neuroconductuales (BPNC) aplicada en los niños de la cuenca del Puyango	28
Tabla 6. Distribución de niños en las poblaciones del estudio	29
Tabla 7. Edad, años de residencia y número de hermanos	31
Tabla 8. Problemas en el momento del parto de los niños, cuenca del Puyango	39
Tabla 9. Rendimiento de los niños en las pruebas neuroconductuales, por regiones	40
Tabla 10. Rendimiento de los niños en las pruebas neuroconductuales, por regiones	41
Tabla 11. Resultados del análisis de regresión múltiple para los eventos de exposición y metales en el cabello.....	43
Tabla 12. Resultados del análisis de regresión múltiple para mercurio en el cabello y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad.....	44
Tabla 13. Resultados del análisis de regresión múltiple para plomo en el cabello y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad.....	44
Tabla 14. Manifestaciones tempranas de neurotoxicidad por eventos de exposición, cuenca del Puyango	46
Tabla 15. Posición general de los actores claves registrada en el Primer mapeo:	58
Tabla 16. Estrategias de gestión ambiental con los actores sociales de Potovelo y Zaruma	59
Tabla 17. Posición general de los actores claves registrada en el Segundo mapeo	60
Tabla 18. Actividades relacionadas con la minería de hombres y mujeres en las horas del día	65
Tabla 19. Percepción de roles y ordenamiento jerárquico en fases de la actividad minera (1) .	68
Tabla 20. Percepción de roles y ordenamiento jerárquico en fases de la actividad minera (2) .	69

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Material particulado en suspensión en la cuenca del Puyango	8
Gráfico 2. Hg en el material particulado en suspensión (MPS) por unidad de volumen (ug/L)	9
Gráfico 3. Hg en el material particulado en suspensión (MPS) por unidad de peso (ng/g).....	10
Gráfico 4. Hg en fracción disuelta en el agua de la cuenca del Puyango (ng/L)	11
Gráfico 5. Hg en sedimentos en la cuenca del Puyango (ng/g).....	11
Gráfico 6. Metilmercurio (MeHg) en sedimentos, cuenca del Puyango.....	12
Gráfico 7. Porcentaje de MeHg del Hg total en los sedimentos de la cuenca del Puyango.....	12
Gráfico 8. Porcentaje de distribución de bacterias sulfatoreductoras, cuenca del Puyango.....	14
Gráfico 9. Concentraciones de plomo en los peces, cuenca del río Puyango, época de verano 2004.....	16
Gráfico 10. Concentraciones de plomo en los peces, cuenca del río Puyango, época de invierno (lluvias), 2006	17
Gráfico 11. Manganeso en material particulado por unidad de volumen, cuenca del Puyango.	18
Gráfico 12. Manganeso en material particulado por unidad de peso, cuenca del Puyango.....	19
Gráfico 13. Manganeso en sedimentos en la cuenca del Puyango.....	19
Gráfico 14. Manganeso en la fracción disuelta en agua, cuenca del Puyango	20
Gráfico 15. Plomo en material particulado por unidad de volumen, cuenca del Puyango	20
Gráfico 16. Plomo asociado al material particulado, expresado en unidad de peso, cuenca del Puyango	21
Gráfico 17. Plomo en la fracción disuelta en el agua, cuenca del Puyango	22
Gráfico 18. Plomo en los sedimentos, cuenca del Puyango.....	22
Gráfico 19. Arsénico en material particulado por unidad de peso, cuenca del Puyango	23
Gráfico 20. Arsénico en la fracción disuelta en el agua de la cuenca del Puyango	24
Gráfico 21. Arsénico en sedimentos, cuenca del Puyango	24
Gráfico 22. Distribución de los niños por sexo.....	30
Gráfico 23. Tipo de escuela al que asisten los niños.....	31
Gráfico 24. Trabajo de los niños en minería por comunidad	32
Gráfico 25. Niños que viven cerca a una planta de beneficio, Portovelo.....	32
Gráfico 26. Ocupación actual del padre, cuenca del Puyango y Quito.....	33
Gráfico 27. Ocupación actual de la madre, cuenca del Puyango y Quito	34
Gráfico 28. Padres trabajaban en minería mientras concebían, Puyango Viejo.	34

Gráfico 29. Padres trabajaban en minería mientras concebían al niño, Gramadal-Las Vegas..	35
Gráfico 30. Padres trabajaban en minería mientras concebían al niño, Portovelo.....	35
Gráfico 31. Frecuencia del consumo de peces de los niños, por comunidad.	36
Gráfico 32. Uso actual de ollas de hierro por comunidad	37
Gráfico 33. Escolaridad de los padres, cuenca del Puyango y Quito	38
Gráfico 34. Embarazo: control y problemas de salud	39
Gráfico 35. Hg en cabello de los niños, por comunidad	42
Gráfico 36 Pb en cabello de los niños, por comunidad.....	43
Gráfico 37. Mn en cabello de los niños, por comunidad	45
Gráfico 38. Rendimiento en la prueba de Santa Ana por edad	48
Gráfico 39. Rendimiento en la prueba de Santa Ana por sexo.....	48
Gráfico 40. Rendimiento en la prueba de estabilidad 9 agujeros por sexo	49
Gráfico 41. Rendimiento en la prueba de tablero y clavijas por edad	50
Gráfico 42. Rendimiento en la prueba de dígitos por grado de escolaridad.....	50
Gráfico 43. Rendimiento en la prueba de habilidades verbales (lo fonológico) por edad	51
Gráfico 44. Rendimiento en la prueba de dígitos por tipo de escuela	52
Gráfico 45. Rendimiento en la prueba de habilidades verbales por tipo de escuela.....	52
Gráfico 46. Posición de los actores sociales en el primer mapeo y proyección futura.....	61
Gráfico 47. Posición: actores sociales luego de estrategias implementadas (segundo mapeo)	61
Gráfico 48. Mapa de coaliciones y alianzas actual (Segundo mapeo)	62
Gráfico 49. Valoración del trabajo y de la ayuda, relación hombre/mujer	67

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Río Puyango en verano	8
Foto 2. Río Puyango en invierno	
Foto 3. Niño tomando agua del río.....	9
Foto 4. Agua de Filtro	

ANTECEDENTES

Los resultados obtenidos en la primera fase del Proyecto Puyango aportaron conocimientos valiosos y también algunas incógnitas que debían ser resueltos en un segundo momento. Los resultados más relevantes que orientaron la investigación de la segunda fase se puede resumir de la siguiente manera:

1. En el eje central del río del Puyango se encontraron cantidades nada despreciables de metales pesados (mercurio, plomo, manganeso) y no se conocía el aporte de los tributarios, debido a que la red de muestreo en la primera fase solo se concentró en el eje principal del río, no se tenía una idea definitiva sobre el aporte de la minería en la contaminación, con relación al aporte de las microcuencas.
2. Ausencia de metilmercurio en el organismo de los habitantes de la cuenca, a pesar de que existe mercurio total en los distintos componentes del río Puyango.
3. De manera inesperada se encontró presencia de plomo en el organismo de varias personas adultas de la cuenca, muchas de ellas alejadas de la actividad minera.
4. A pesar de que se encontró plomo en los distintos componentes del río, no era factor suficiente para entender que en un amplio grupo de habitantes de la cuenca se presente en valores que superan lo recomendado para evitar impactos en la salud.
5. El escaso número de especies de peces estudiados no permitieron obtener conclusiones integrales para entender la relación del ambiente con la salud humana, dentro de un enfoque ecosistémico.
6. Se detectó una relativa inmovilización de los mineros y de las autoridades locales en la gestión ambiental y de salud, pero no se conocía sus percepciones, poderes y posiciones al respecto.
7. Se vio que en la cuenca alta existe una invisibilización del trabajo de la mujer en la minería pero sin ubicar con claridad los roles de género en este sector.

Estas conclusiones fueron las que orientaron las líneas de investigación que se debía seguir en una segunda fase, dirigida a cubrir los vacíos de conocimiento que quedaba de la fase precedente y que se puede resumir en los siguientes **objetivos**:

1. Incorporar al estudio de los metales pesados a las microcuencas (tributarios) del río Puyango para determinar el aporte que los afluentes podrían dar a la contaminación por esos elementos en las dos épocas del año (verano e invierno o de lluvias).
2. Determinar los factores que favorecen o limitan la metilación del mercurio para que sea biodisponible y alcance a afectar la salud de los seres humanos. Era necesario conocer la dinámica del metilmercurio en los componentes del río (sedimentos, material particulado, agua).
3. Tomar de manera prioritaria como población de estudio a los niños de toda la cuenca, en el supuesto de que el plomo, en asociación con otros contaminantes ambientales estaría comprometiendo su salud, los niños no fueron incluidos en la muestra de estudio de la primera fase.
4. Conocer otras fuentes y eventos de exposición al plomo que no sean las exclusivas de los elementos del río o de los peces.

5. Profundizar el estudio de los peces en tanto vehículos de los metales hacia el organismo de los habitantes de la cuenca, especialmente de los niños.
6. Determinar las posiciones, poderes y percepciones de los principales actores sociales de la cuenca alta, relacionados con la gestión ambiental y de salud.
7. Definir los roles de género en la minería.

COMPONENTE AMBIENTAL

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el proyecto se cumplió en varias etapas las cuales se pueden resumir así:

1. Definición de la red de monitoreo, empleando variables como: vegetación, tipo de suelos, topografía, geología, deforestación, influencia humana, red hídrica.
2. Identificación en el terreno de cada punto establecido en la red de muestreo con el fin de verificar si cumplen con los objetivos propuestos y las vías de acceso.
3. Preparación de equipos para el muestreo ambiental, empleando protocolos establecidos (limpieza de material de muestreo y esterilización en laboratorio) (ver anexos).
4. Muestreo de cada uno de los sustratos empleando los protocolos internacionales establecidos (ver anexos).
5. Procedimientos para estabilizar las muestras, identificación y conservación de las diferentes muestras de acuerdo a las normas establecidas.
6. Post-tratamiento de cada una de las muestras recolectadas previo al envío al laboratorio para el análisis de las mismas, evitando cualquier posible contaminación externa.
7. Análisis de cada uno de los sustratos y de los distintos elementos químicos en el Laboratorio de Calidad Ambiental, siguiendo las normas establecidas a nivel internacional.
8. Procesamiento de los datos e interpretación de resultados.
9. Ingreso de datos en SIG para la elaboración de cada uno de los mapas temáticos.
10. Discusiones con el equipo multidisciplinario para la elaboración del informe final.

Red de muestreo

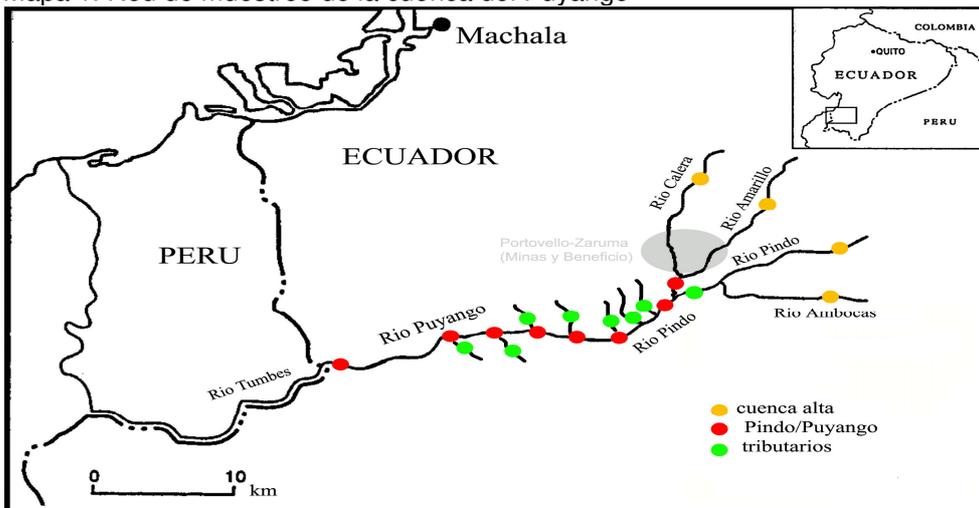
La red de muestreo (mapa 1) incluye veinte puntos para la toma diferenciada de las distintas muestras. La toma de las muestras tenía por objetivo principal lo siguiente:

- Establecer un fondo geoquímico en estado casi natural sin la presencia de actividades antropogénicas (punto blanco o de referencia).
- Caracterizar el aporte de los metales pesados que la actividad minera genera en la zona y a los largo de la cuenca del río Pindo-Puyango (puntos troncales).
- Cuantificación de los aportes de las microcuencas.

La red de muestreo para cada uno de los sustratos se definió de la siguiente manera:

Agua:	20 puntos de muestreo
Sedimentos:	20 puntos de muestreo
Material particulado:	20 puntos de muestreo
Suelos:	12 puntos de muestreo
Agua consumo humano:	6 puntos de muestreo
Peces:	11 puntos de muestreo

Mapa 1. Red de muestreo de la cuenca del Puyango



Fuente: Componente ambiental Proyecto Puyango

Elaboración: Funsad (Marc Roulet)

En cada muestra se analizó la presencia y cantidad de mercurio (Hg), plomo (Pb), manganeso (Mn) y arsénico (As). En algunas muestras, como la de los suelos, se incluyeron otros elementos químicos (zinc, cadmio). También se tomaron muestras en algunas plantas de beneficio, especialmente para conocer las concentraciones de metales en materiales extraídos de las minas y procesadas en esas plantas.

Para el *estudio de los peces* se seleccionó ocho puntos de muestreo distribuidas de acuerdo a un parámetro altitudinal que oscila, entre los 1600 metros en el río Salado que se encuentra a 15 Km al noroeste de Zaruma (puntos blanco) y en el sector de Las Vegas a una altitud de 250 metros sobre el nivel del mar, en el extremo distal de río Puyango, frontera con el Perú.

Se capturaron 61 especímenes en verano y 1120 (época de lluvias). Los peces fueron capturados con redes de arrastre de 2, y 4 metros que tienen diferente tamaño de malla (1 y 2 centímetros). También se emplearon atarrayas de 2.5 metros de radio y 2 cm. de malla. Las redes se utilizaron en pequeñas fosas, playas de cieno y bajo las marchitas. No fue factible utilizarlas entre los troncos y plantas sumergidas. Las redes de agallas fueron ubicadas en los remansos de los ríos. Las líneas de anzuelos de varias longitudes y anzuelos de diferente tamaño se ubicaron en el eje central del río.

Para conocer la dieta alimentaria de la ictiofauna se efectuó el análisis estomacal. Esta información nos ayudó a establecer el estado de la cadena trófica. También se efectuó el análisis gonadal de los peces.

La Abundancia de los peces se obtuvo a través de la metodología de la EPA y se efectuó un ajuste del número de individuos en cada categoría: dominante (más de 20 individuos), abundante (10-19 individuos), escaso (4-9 individuos) y raro (menos que 3 individuos).

La diversidad de peces y macroinvertebrados de los sitios de estudio se lo determinó mediante el índice de Shannon-Weiner:

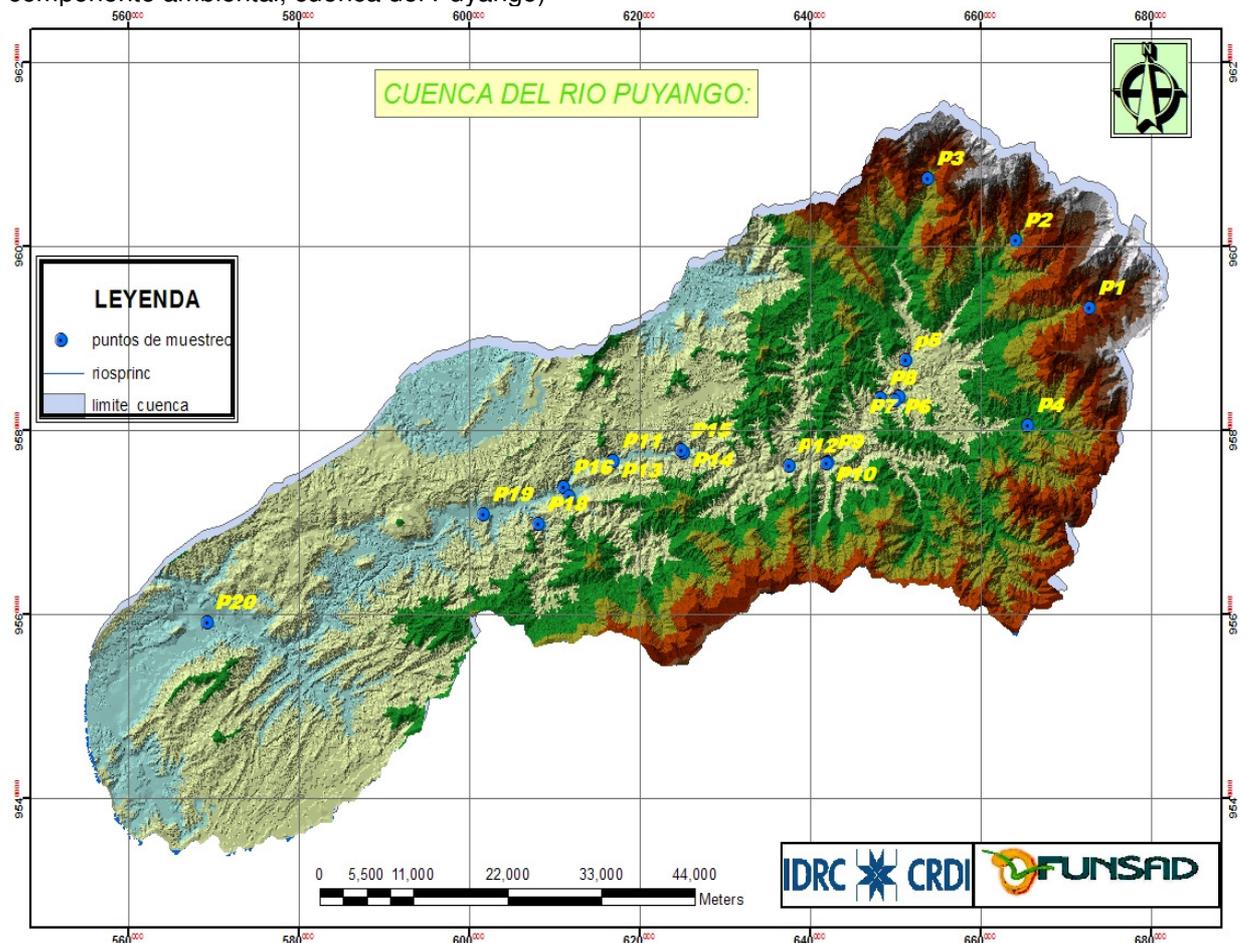
$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Se realizaron análisis de Hg, Mn y Pb en tejido muscular de la mayoría de las muestras de pescado.

RESULTADOS

Los resultados que se presentan en esta sección corresponden a los elementos químicos encontrados en cada uno de los sustratos de los 20 puntos de muestreo. Éstos y sus resultados han sido ingresados y procesados para ser incorporados a un sistema de información geográfica (SIG), que se entregará posteriormente al IDRC como un producto complementario de esta investigación. Se incluye a continuación la matriz gráfica en la que se ha procesado la información para el SIG.

Mapa 2. Red de muestreo, matriz para el sistema de información geográfica, SIG del componente ambiental, cuenca del Puyango)



Fuente: Componente ambiental Proyecto Puyango
Elaboración: Funsad (Edwin Cueva)

La mayor parte de los resultados que ingresaron a este sistema se describen y analizan en este informe técnico final.

Bajo los principios del enfoque ecosistémico de la salud humana y con la finalidad de entender los orígenes de la exposición a metales pesados de los habitantes de la cuenca del Puyango, es necesario partir del análisis de las fuentes naturales y de los aportes antropogénicos. Se iniciará describiendo los niveles de metales que se encuentran en los suelos de esa región.

METALES PESADOS EN LOS SUELOS

Los metales pesados Hg, Pb y Mn en los **SUELOS** se encuentran en concentraciones más altas en los puntos blancos (nacimiento de los ríos), influenciados directamente por la mineralización polimetálica de la zona. Las concentraciones van bajando a lo largo de la cuenca para tener los valores más bajos en la cuenca baja, a excepción del Mn que vuelve a subir en la cuenca baja, especialmente en la quebrada de Tunima (tabla 1). La presencia de manganeso en la cuenca media-baja puede estar asociada a la composición mineralógica del bosque petrificado de Puyango.

Tabla 1. Valores promedio de metales en suelos de la cuenca del río Puyango 2006

SITIO DE MUESTREO	Hg ug/g	Pb ug/g	Mn ug/g	Zn ug/g	Cd ug/g
Puntos blancos	0,18	37,33	910,75	120,75	0,67
Zona de las plantas de beneficio mineral	0,09	21,70	850,00	43,00	0,19
Cuenca media	0,07	14,18	476,50	75,25	0,28
Cuenca baja	0,05	13,60	798,00	61,00	0,25

Fuente: muestreo ambiental

Elaboración: FUNSAD

Sobre una base de suelos mineralizados y con presencia de metales pesados, la intervención del ser humano potencializa la contaminación ambiental. Estudios realizados en la década pasada ya demostraron esta aseveración. En la tabla 2 se puede ver la concentración de distintos elementos en los materiales extraídos de las minas y procesados en las plantas de beneficio.

Tabla 2. Concentraciones de metales en muestras de mineral trabajado (ug/g), antes y después del procesamiento del mineral, sociedades mineras, Portovelo-Zaruma, 1994

		Pb	Mn	Zn	Cd
Sociedad Minera Pillacela	Mena molida < 40 um	2476	1044	710	4,5
	Escombrera	671	26700	6780	71
Planta Quezada	Mena molida < 40 um	26537	145	288	2,3
	Escombrera	5000	979	6690	43
Sociedad Minera Pachapamba	Material trabajado	34,7	993	38.400	301
	Arenas/relaves finas	45,7	1290	28.100	221
PROMEDIO		5794,07	5181,93	13494,6	107,13

Observaciones: No se determinó Hg

Fuente: Estudio de PMSC-CENDA, 1996

Elaboración: FUNSAD

En el presente estudio, no se tomaron muestras de suelos cerca de los complejos mineralógicos (que a más de metales pesados tienen galena, pirita, calcopirita, esfalerita), pero, con la finalidad de tener un conocimiento integral del proceso, se analizaron varias muestras del material que sale luego de las actividades de trituración y cianuración (tabla 3)

Tabla 3. Concentraciones de metales pesados (ug/g) en material procesado (relaves de molienda y colas de cianuración), Portovelo-Zaruma, 2004

	Hg	Pb	Mn	Zn	Cd	As
Colas de cianuración						
Relavera Vivanco	0,72	2290	887	5540	45,5	687
Planta Emiliano Romero	1,54	1930	1440	2950	25,7	283
Planta Reina del Cisne	1,83	1990	1260	7480	55,7	480
Planta Agapitos	0,27	977,5	1445	4550	33,55	134
PROMEDIO	1,09	1796,88	1258,00	5130,00	40,11	396,00
Relaves de amalgamación						
Chanchas Gerais	35,9	4060	281	2670	27,4	8800

Fuente: Muestreo ambiental

Elaboración: FUNSDAD

En la tabla 2 se aprecia las concentraciones de los metales determinadas en 1994. Estas concentraciones revelan la presencia de niveles elevados de metales pesados en la mena. La tabla 3 muestra las concentraciones de los mismos metales 10 años después, comparados con las muestras de 1994, hay un descenso de las concentraciones en una relación de 2.5-4. Este fenómeno puede atribuirse a que los mineros no hacen una explotación selectiva sino y los niveles de metales disminuyen. En 1994 la ley promedio era de 12-13 g de oro/tonelada de mineral, en cambio, actualmente es aproximadamente de 3-4g de oro/tonelada de mineral, precisamente en la misma proporción de lo encontrado en el presente estudio para los metales pesados.

Estos resultados tienen implicaciones económicas, ambientales y de salud. Por un lado se ve que el material es polimetálico y lo único que recuperan los mineros es el oro. Los otros metales, a más de no ser recuperados, son lanzados en altas concentraciones al ambiente con todos los peligros para el ambiente y la salud que ello conlleva.

En uno y otro período se ve que el aporte de metales al ambiente por la actividad minera es importante, a más del origen natural de estos elementos, los mineros añaden plomo (acetato de plomo y óxido de plomo), mercurio metálico y zinc en el procesamiento del mineral. Aproximadamente para obtener un kilo de oro, los mineros utilizan de 1.4 a 2.5 kg de plomo y 190 kg de zinc (PMSC-CENDA 1996).

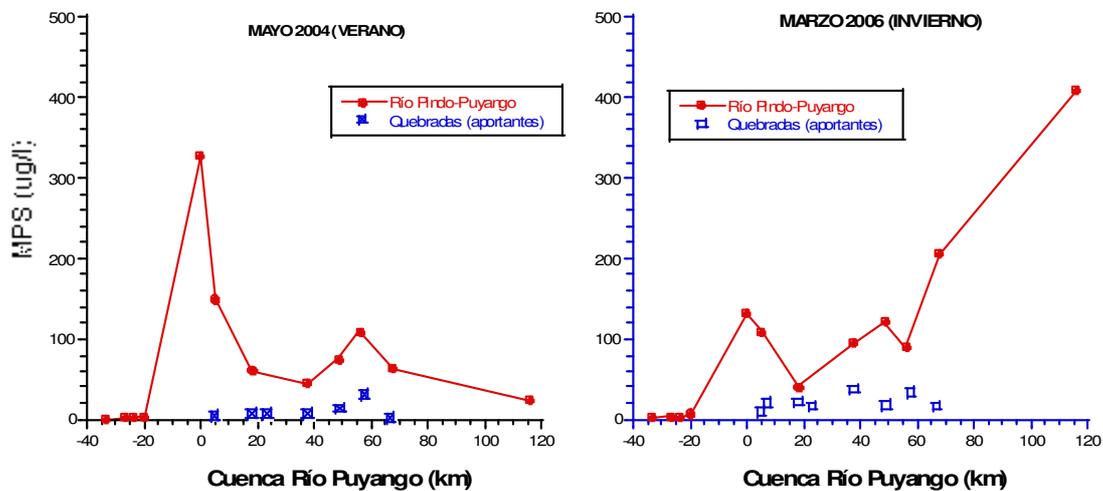
Las concentraciones de metales pesados en los relaves (colas de materiales que se descargan al río) tienen niveles relativamente bajos de mercurio que no superan los límites establecidos para este metal en los suelos, de 20-625 ug/g (CDC-ATDR 2007a). Sucede lo contrario con el plomo y manganeso que como se ve en la tabla 3 superan en mucho los valores de referencia para estos metales en los suelos (10 ug Pb/g y 330 ug Mn/g) (CDC-ATDR 2007b).

Además de lo señalado, la actividad minera tiene un impacto importante en la concentración de material particulado en suspensión (MPS) en el río, debido a que la cantidad de material triturado es de 100 mil a 110 mil toneladas de mineral por año, de los cuales, buena parte se descarga al río (PMSC-CENDA). En la actualidad se encuentra aproximadamente en 36 mil toneladas (Pillajo 2007).

MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSIÓN EN LA CUENCA DEL PUYANGO

El material particulado en suspensión (MPS) en el agua del río de los puntos blancos es casi inexistente, con valores en invierno de 3 ug/L y en verano de 1.6 ug/L. En cambio en el sector de las plantas de beneficio, en invierno alcanza a 132 ug/L y en verano 328 ug/L, lo que refleja claramente un importante aporte de los desechos mineros (colas y relaves) hacia al río. En la cuenca baja en verano las concentraciones llegan a 23 ug/L, mientras que en invierno hay un ascenso muy grande, debido al arrastre de partículas que se produce por el aumento de caudal, llegando a valores de 408 ug/L. Este fenómeno es importante tomar en cuenta al observar más adelante la dinámica de los metales pesados en los componentes del río.

Gráfico 1. Material particulado en suspensión en la cuenca del Puyango



NOTA: El punto 0 km corresponde a la zona minera y los signos negativos, a los puntos blanco.

Lo que registrado en el gráfico 1 se puede ver en las fotos 1 y 2



Foto 1. Río Puyango en verano



Foto 2. Río Puyango en invierno

Los habitantes de la cuenca baja tienen al río Puyango como única fuente de agua, la obtienen por la mañana, dejan decantar un momento y la usan sin ningún tratamiento, de esta manera llevan las partículas en suspensión al organismo y con ello, los metales pesados. Por esta razón la comunidad, con apoyo del Proyecto, elaboró un filtro

doméstico para cada familia, con la finalidad de reducir el ingreso de partículas en suspensión, metales y microorganismos que flotan en el agua.



Foto 3. Niño tomando agua del río

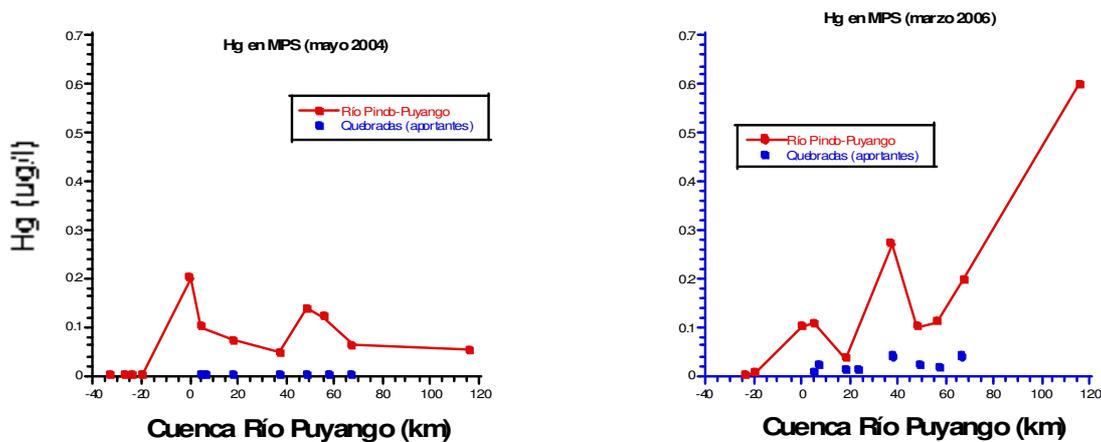


Foto 4. Agua del filtro

MERCURIO EN EL RÍO: EN MATERIAL PARTICULADO Y EN FRACCIÓN DISUELTA EN EL AGUA

El *mercurio en el río*, asociado al *material particulado*, expresado en *ug/L de agua*, refleja un claro impacto de la actividad minera. Las concentraciones en los puntos del eje central del río en la zona de las plantas de beneficio son mucho más altas que los que provienen de las microcuencas (tributarios) y puntos blancos, tanto en verano como en invierno (0.2 ug Hg/L en verano y de 0.1 ug Hg/L en invierno), lo que demuestra que el aporte de Hg desde los tributarios es casi inexistente. Este fenómeno se relaciona perfectamente con las bajas concentraciones de mercurio en los suelos cercanos a los tributarios. La dinámica de este elemento en la cuenca es similar a lo encontrado en la primera fase de este estudio, en correspondencia con el aumento de material particulado en el extremo distal de la cuenca, en invierno (lluvias) las concentraciones aumentan significativamente con la distancia, para llegar hasta los 0.6 ug Hg/L),

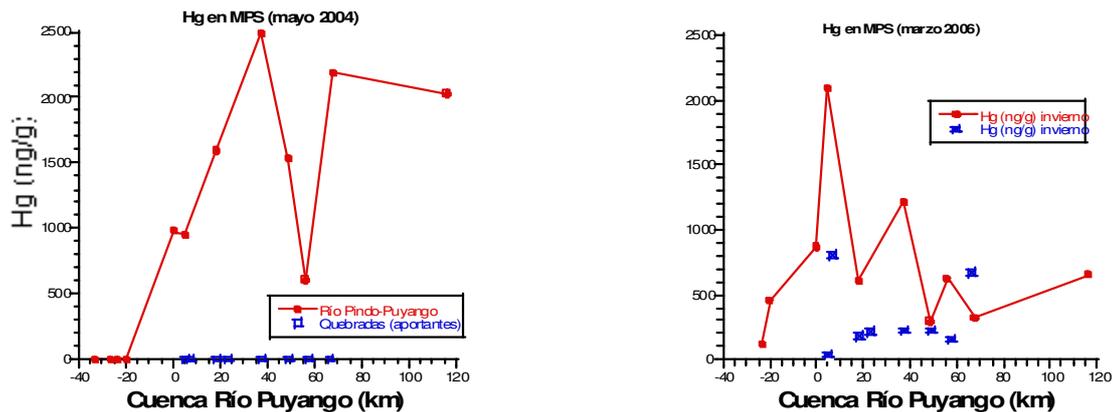
Gráfico 2. Hg en el material particulado en suspensión (MPS) por unidad de volumen (ug/L)



Cuando se analiza las concentraciones de *Hg en el río*, asociado al *material particulado* y expresado en *ng/g de MPS*, se observa igualmente, que las cifras en los puntos del eje central del río son más elevadas que los provenientes de los tributarios y de los puntos

blancos. Existe un claro pico de elevación en el sector de las plantas de beneficio, relacionado con el mercurio que se usa para la amalgamación del oro y que se elimina al río, inmerso en los relaves. Esta elevación es ligeramente más alta en verano (época seca), inmediatamente después de la zona de actividad minera. Como se puede ver en los gráficos, las concentraciones de Hg en el río, inmediatamente por abajo de la zona minera, llegan a 2500 ng Hg/g de MPS; sin embargo, en la *cuenca baja* (Gramadal-Las Vegas) las concentraciones se mantienen altas, por encima de los 2000 ng/g, debido a la falta de aporte de agua procedente de las microcuencas.

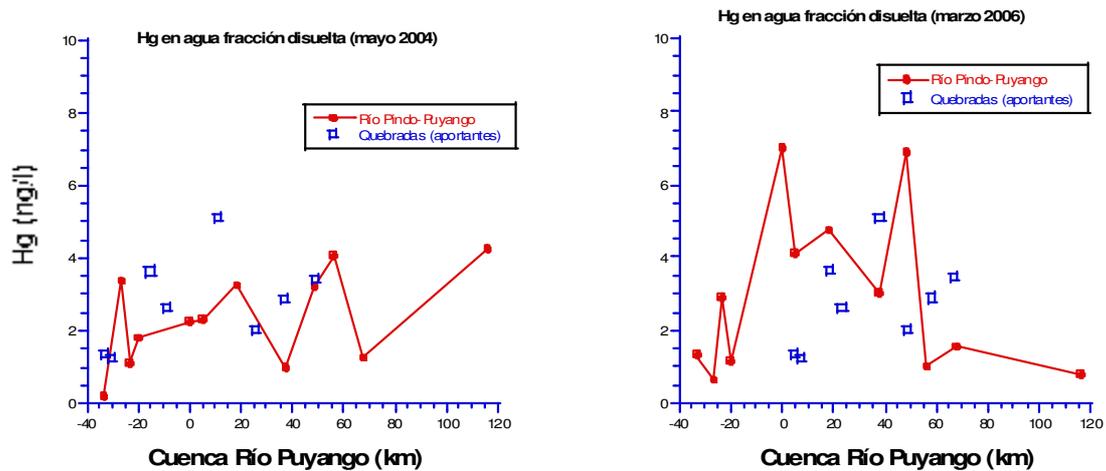
Gráfico 3. Hg en el material particulado en suspensión (MPS) por unidad de peso (ng/g)



En invierno, a pesar de la gran dilución, las concentraciones se mantienen altas en las zonas cercanas a las plantas de beneficio (alrededor de 2000 ng/g). En la *cuenca baja* las concentraciones se mantienen en niveles de 650 ng/g, superiores a la mayor parte de las concentraciones observadas en las microcuencas en esa época del año, el aporte del eje troncal del río sigue siendo predominante. Como se verá más adelante, estas cifras corresponden al mercurio total que resulta ser predominantemente mercurio inorgánico, siendo las cifras altas a lo largo de todo el eje central del río, la casi ausencia de mercurio orgánico, luego de la actividad minera y río abajo, es el aporte novedoso de este estudio.

Los datos de *Hg en la fracción disuelta en el agua*, expresados en *ng/L* son especialmente interesantes. Primero, las concentraciones son bastante bajas por la escasa dilución del mercurio en el agua, solo en invierno y en sitio de las plantas de beneficio sobrepasa el límite tolerable para Hg en aguas superficiales (5 ng Hg/L) (ATSDR 2001a). Por otra parte, no se nota diferencias entre las concentraciones de los puntos del eje central y de las microcuencas en las dos épocas del año, además, al contrario de lo observado en el material particulado, no se percibe un gradiente longitudinal en ninguna de las épocas del año, sin embargo, en invierno, las concentraciones son más elevadas en la zona minera e inmediatamente después de la misma, en contraste con lo que sucede en los puntos blanco y en el extremo distal de la cuenca baja.

Gráfico 4. Hg en fracción disuelta en el agua de la cuenca del Puyango (ng/L)

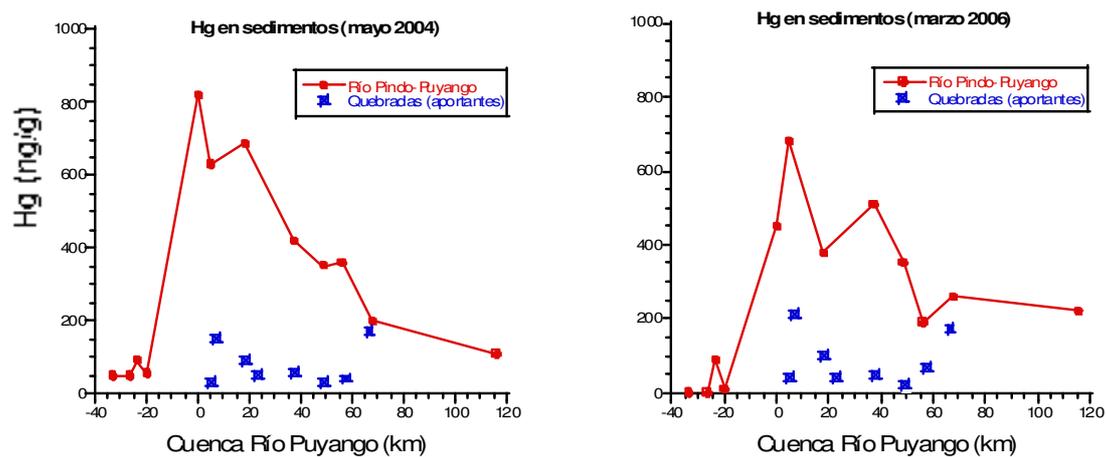


Todo esto corrobora el hecho de que el Hg en el agua se encuentra principalmente asociado al material particulado. Si el estudio solo considerara los datos procedentes de Hg en fracción disuelta, daría la impresión (seguramente equivocada) de que la minería no ocasiona contaminación ambiental con Hg en el río. Por ello la importancia de hacer análisis integrales y en todos los sustratos.

MERCURIO EN LOS SEDIMENTOS

Los niveles de Hg en los sedimentos corrobora aún más el impacto de la actividad minera en el río. Sube de 61 ng/g en los puntos blancos a 725 ng/g en el sector de las plantas de beneficio, este fenómeno se observa en niveles semejantes tanto en invierno como en verano.

Gráfico 5. Hg en sedimentos en la cuenca del Puyango (ng/g)

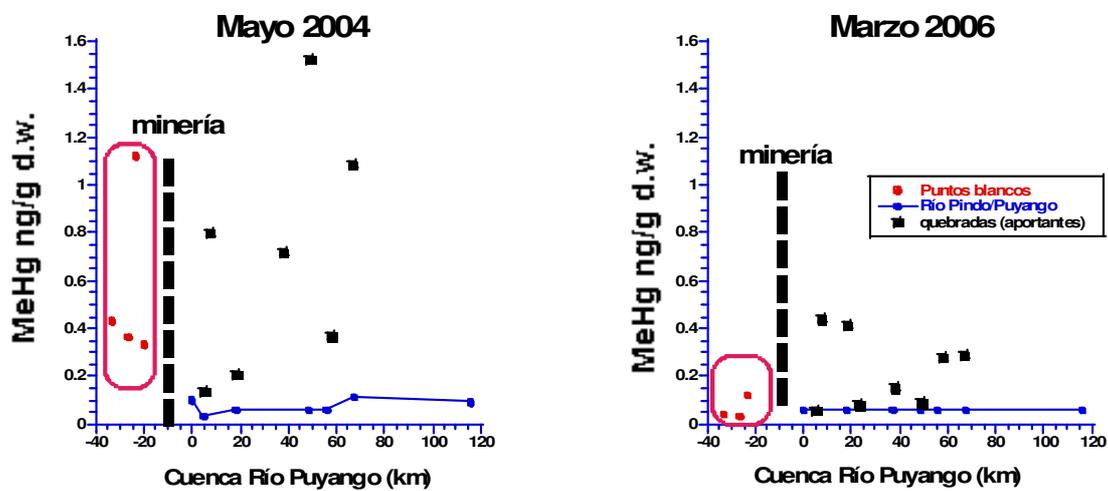


En la cuenca media existe una disminución de los valores de Hg, debido a la dilución por el ingreso de agua procedente de las microcuencas, sin embargo, al llegar al último punto (cuenca baja) los niveles se mantienen en valores más altos que los puntos blancos (promedio de 155 ng/g). (gráfico 5).

METIL MERCURIO

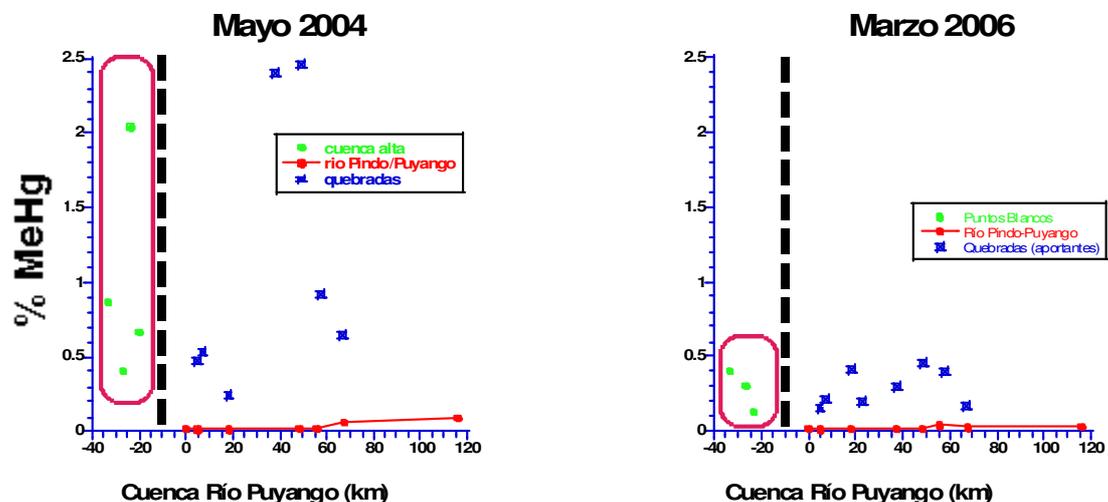
En notable contraste con los datos del mercurio total en *sedimentos*, el metilmercurio es bastante bajo en el eje central del río. En las dos épocas del año las concentraciones de metilmercurio (MeHg) en los *tributarios* son más altas que en el *eje troncal del río*; en el perfil longitudinal (río abajo) se puede ver que en invierno las concentraciones de MeHg son constantes, con niveles bajos (promedio de 0.06 ng/g). En verano, las concentraciones son más elevadas en los *puntos blancos* (promedio de 0.50 ng/g), con relación los otros puntos del eje central del río (promedio 0.10 ng/g). Como se puede observar en el gráfico número 6, a partir de los puntos blancos, las concentraciones se mantienen invariablemente bajas.

Gráfico 6. Metilmercurio (MeHg) en sedimentos, cuenca del Puyango



Cuando se mira los datos de metilmercurio, expresados en porcentaje del mercurio total, se observa que mantiene la misma relación que lo expresado en peso, una de las novedades importantes de esta segunda fase.

Gráfico 7. Porcentaje de MeHg del Hg total en los sedimentos de la cuenca del Puyango



El hallazgo más importante del estudio se relaciona con los bajos niveles de **metilmercurio (MeHg)** en la cuenca del Puyango, a pesar de que el Hg total se encuentra en niveles altos en sedimentos y en el material particulado.

Estos datos indican claramente que la actividad minera, a pesar de contribuir con importantes cantidades de mercurio total, crea condiciones a lo largo de la cuenca que no favorece la transformación del mercurio inorgánico a mercurio orgánico (metilmercurio), reduciendo su biodisponibilidad. Este fenómeno muy particular de esta cuenca puede estar relacionado con la presencia de grandes cantidades de sulfatos, cianuro, turbidez, turbulencia y otros metales pesados, a pesar de la presencia de bacterias sulfatorreductoras, identificadas en casi todos los puntos del muestreo (ver más abajo). Este fenómeno contrasta con lo que generalmente se dice sobre el mercurio y el metilmercurio: *“La contaminación ambiental por Hg da como resultado la degradación del Hg en el ecosistema acuático, porque el Hg inorgánico es metilado, rápidamente ingresa a la cadena alimenticia y se biomagnifica a concentraciones potencialmente tóxicas en peces y sus depredadores”* (Scheuhammer et al. 2007).

PRESENCIA Y DIVERSIDAD DE SUBGRUPOS DE BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS

Mediante métodos moleculares se determinó la presencia de bacterias sulfatorreductoras (SRB) a lo largo de la cuenca del Río Puyango. Se tomaron las muestras en mayo de 2004 (época seca) y en marzo de 2006 (época de lluvias). Se detectó la presencia de 5 de los 6 subgrupos de SRB para los cuales se disponía de “primers” (*Desulfotomaculum*, *Desulfobulbus*, *Desulfobacter*, *Desulfobacterium*, *Desulfococcus* y *Desulfovibrio*). Se observó que los subgrupos *Desulfococcus* (DCC) y *Desulfovibrio* (DSV) son los dominantes en los diferentes puntos de muestreo en ambas épocas en contraste a *Desulfotomaculum* (DFM), *Desulfobulbus* (DBB) y *Desulfobacter* (DBS) que no están representados de forma homogénea.

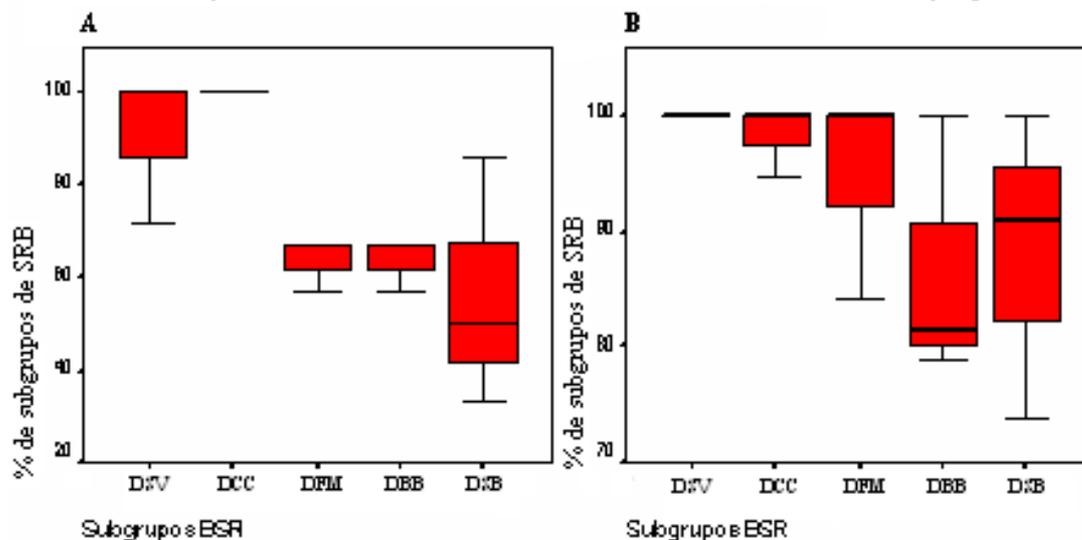
En general la distribución de las SRB es ubicua a excepción de los puntos de muestreo referenciales de la época seca donde no se observó la presencia de ningún subgrupo de SRB. Se observó que existe mayor diversidad de subgrupos de bacterias en los puntos de muestreo de los tributarios (80% a 100%), con relación a los puntos del eje central del río donde existe una reducción de dicha diversidad (60% a 100%). Los subgrupos DFM, DBB y DSB y sobretodo ese último son los más afectados, lo que podría deberse al incremento abrupto de varios metales pesados y a los aportes de cianuro procedentes de las plantas de beneficio.

En la época de lluvias, se detectó a los 5 subgrupos, observándose un incremento de la diversidad de SRB con relación a la época seca (gráfico 8 A y B). Las diferencias entre época seca y de lluvia, en cuanto al número de subgrupos obtenidos, fueron demostradas estadísticamente ($p= 0,037$), mediante el test estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Las SRBs son consideradas como las principales metiladoras de Hg en ambientes acuáticos y su distribución es bastante amplia, inclusive en ambientes bien oxigenados.

La presencia de diversos grupos de SRBs en todos los puntos de muestreo de la cuenca estudiada - a excepción de los puntos referentes en verano, para la cual no se tiene una explicación satisfactoria - indica que la disponibilidad de SRBs no es el limitante para la producción de metilmercurio. Sin embargo, se observa en el gráfico 8 que en ambas épocas de muestreo hay notables diferencias de porcentaje de MeHg entre los puntos del eje central del río con los de los puntos blanco y de los tributarios, sin que se registren diferencias importantes en la abundancia de SRBs entre esos sistemas. Esto sugiere la necesidad de realizar estudios más detallados para determinar la relación cuali-cuantitativa de subgrupos de SRBs, con otro tipo de bacterias, con metales pesados, cianuros, sulfuros y sulfatos aportados por la actividad minera, así como con la producción de MeHg.

Gráfico 8. Porcentaje de distribución de bacterias sulfatorreductoras, cuenca del Puyango



A: Porcentaje de distribución de subgrupos de bacterias sulfato reductoras en época seca. B: Porcentaje de distribución de subgrupos de bacterias sulfato reductoras en época de lluvia.

La conclusión importante es que en el río Puyango los niveles de metilmercurio son muy bajos, lo que explica la ausencia de metilmercurio en el organismo de los pobladores de la cuenca, detectado por la ausencia de este elemento en el cabello de adultos y niños de la cuenca.

HG EN AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA CUENCA ALTA

También se tomaron algunas muestras por fuera del río Puyango. Esto se realizó en varios puntos del sistema de agua potable de las ciudades de la cuenca alta (Zaruma y Portovelo) y en las fuentes de captación del agua, los resultados en promedio van de 0.9 a 1.2 ng/L de Hg, valores que se encuentran bastante por debajo de los valores que la EPA ha señalado para agua de consumo humano (2000 ng/L) (ATSDR 2006).

LOS PECES DE LA CUENCA DEL PUYANGO

Se obtuvieron 112 muestras de pescado en invierno 2006, representando 12 especies diferentes, en puntos distribuidos a lo largo de la cuenca. En verano, se obtuvieron 61 muestras de pescado, de 8 especies diferentes. Aunque se intentó repetir el muestreo en los mismos puntos, eso solo fue posible en los puntos del eje central, una vez que gran parte de los tributarios encontraban se totalmente secos en verano.

En la cuenca alta, donde se establecieron los puntos blancos (P1 a P4) los caudales reducidos no son favorables al establecimiento de la ictiofauna, y solo se encuentran dos especies de peces. En la cuenca media, más afectada por la actividad minera, se encuentran 6 especies, y en la cuenca baja, también seis especies. Las especies colectadas incluían representantes de todos los gremios alimenticios; piscívoros, insectívoros, detritívoros y omnívoros.

La ictiofauna de las cuencas del Sur de Ecuador es muy baja en relación a otras regiones de Ecuador. La actividad minera contribuye de diversas formas para una reducción suplementar de la diversidad de peces. La tala de los bosques, la erosión intensa, el aumento de la turbidez por el desecho de los relaves, el arrojado de basura sólida y aguas negras, y los elevados niveles de contaminantes (cianuro, metales pesados, combustibles y aceites, etc.) han eliminado de la cuenca media ciertas especies anteriormente abundantes como la guaño (*Chaetostomus cf. fisheri*), particularmente sensible por habitar el fondo del río y alimentarse de detritos.

La altitud es otro factor que influye en el número de especies así por ejemplo en la localidad 1 que se encuentra a una altitud de 1600 m, han sido contabilizadas dos especies mientras que a una altitud 415 m en el río Marcabelí se registró 12 especies.

El número bajo de especies se debe a la alta contaminación química presente en el tramo medio del río Puyango. Por ejemplo la especie bentónica (*Chaetostomus cf. fisheri*) que no se pudo colectar en el cauce principal de éste río. La riqueza de especies se incrementa en la localidad 7 cerca Alamor y más aún en la localidad 8 en el sector de las Vegas. Suponemos que en los mencionados sitios la contaminación ha mermado debido a la distancia existente entre los centros de contaminación en los ríos Calera y Amarillo y las localidades de estudio ya citadas.

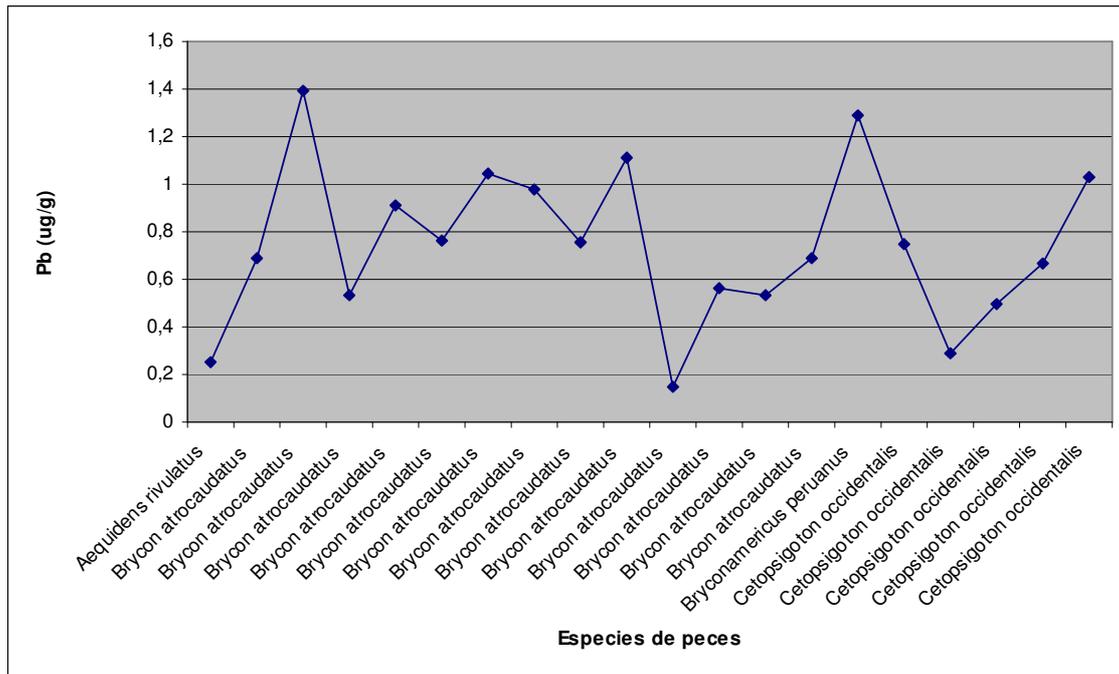
Las 15 especies de peces registradas en el río Puyango, representa el 1.4 % de las 993 especies de peces conocidas en los cuerpos de agua continentales del Ecuador. En lo que respecta a la diversidad icticas del sur del país (75 especies) posee el 7,5 %. El Índice de Shannon indica que la diversidad de la ictiofauna estudiada es muy baja. La mayor Riqueza y Abundancia de Peces se presenta en los tributarios que no reciben los efluentes de la actividad minera.

Metales pesados en los peces

A diferencia de lo observado con el mercurio, en los peces de la cuenca se encuentran niveles de plomo que sobrepasan los valores recomendados por los organismos internacionales relacionados con la salud humana (0.1 ug/g, WHO 1995).

En la cuenca del río Puyango el plomo es el metal que se ha fijado en mayor cantidad en los tejidos de los peces. En el gráfico 9 se puede observar que en la época seca las mayores concentraciones de Pb tiene los peces sábalo (*Brycon atrocaudatus*) (1,3 ug/g) y el pez dorado (*Bryconamericus peruanus*) (1,2). Por el contrario, los peces vieja (*Aequidens rivulatus*) (0,25 ug/g) y los peces ciego (*Cetopsigoton occidentalis*) (0,28 ug/g) tienen las menores concentraciones. Las especies que tienen mayores concentraciones de plomo son peces pelágicos que viven en la mitad de la columna de agua y por lo tanto la captación lo hacen a través del material particulado (MPS), debido a que el agua ingresa por el hocico de posición terminal que tienen las especies descritas, mientras que el pez vieja (*Aequidens rivulatus*) descende al sustrato de los ríos.

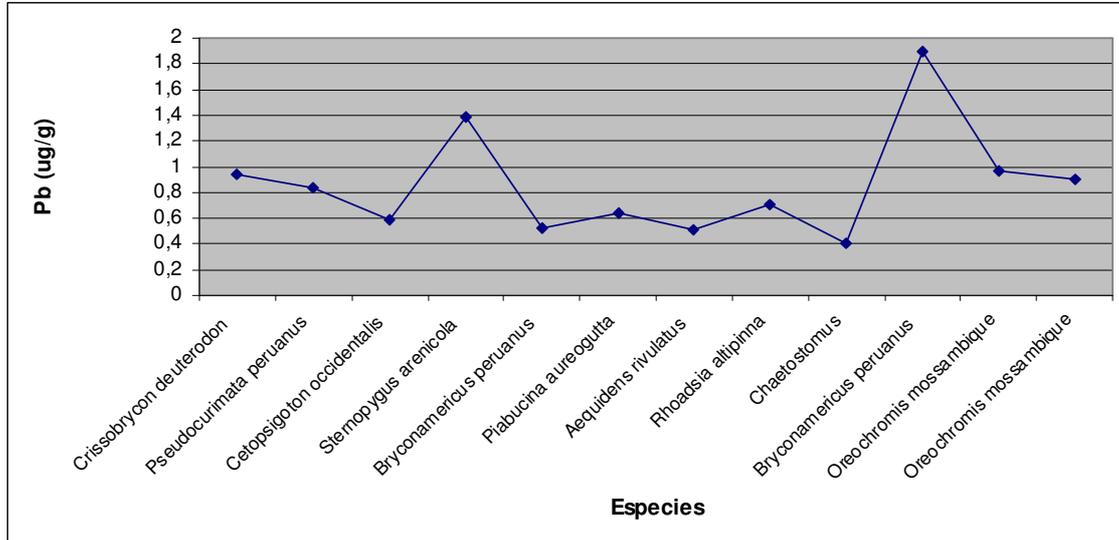
Gráfico 9. Concentraciones de plomo en los peces, cuenca del río Puyango, época de verano 2004



En época de lluvias (gráfico 10), se observa que los peces culebrilla cola larga (*Sternopygus arenicola*), que habita en la mitad de la columna de agua y el pez dorado (*Bryconamericus peruanus*) poseen los valores altos (1,4 ug/g) y (1,9 ug) respectivamente. Los peces que tienen menores valores de plomo corresponden al pez raspabalsa (*Chaetostomus fischeri*) (0,4 ug/g) y al pez vieja (*Aequidens rivulatus*) (0,5 ug/g). Las especies mencionadas son bentónicas y de acuerdo a las características de su boca, pueden alimentarse de los microorganismos que se desarrollan en el fondo de los ríos. Por lo señalado, se ve que las especies señaladas para las dos épocas, tienen niveles de plomo que superan los límites considerados adecuados para la salud.

humana, este fenómeno puede explicarse porque tanto unas como otras especies se alimentan de lo que existe en la columna de agua el material particulado y de los sedimentos, se ha visto que en los dos sustratos existen niveles altos de plomo.

Gráfico 10. Concentraciones de plomo en los peces, cuenca del río Puyango, época de invierno (lluvias), 2006



Se puede afirmar que la contaminación de los peces se produce a través del material particulado y de los sedimentos, debido a que la descarga del río viene en forma torrencial por el exceso de la pluviosidad regional. No existen niveles altos de mercurio, por las razones señaladas anteriormente relacionadas con el MeHg y, solo en una especie de peces se encontró manganeso en los límites de los valores de referencia (0,1-3,99 ug/g) (ATSDR 2000). En una muestra de camarón se encontró niveles de manganeso muy altos (29.6 ug/g).

De los contaminantes presentados, el Pb es que motiva mayores preocupaciones en cuanto a la salud de los consumidores de pescado, una vez que se presenta en los peces en concentraciones de 0.5 a 1.8 ug/g de peso fresco y que los límites de ingestión diaria son del orden de 30 ug. Ese límite sería alcanzado con el consumo diario de apenas 30 a 60 gramos de pescado, que es una tasa de consumo realista para las condiciones locales. Además, existen otras vías de exposición de la población al Pb, particularmente el consumo directo de agua del río en las comunidades de Gramadal-Las Vegas.

MANGANESO EN MATERIAL PARTICULADO, FRACCIÓN DISUELTA Y SEDIMENTOS

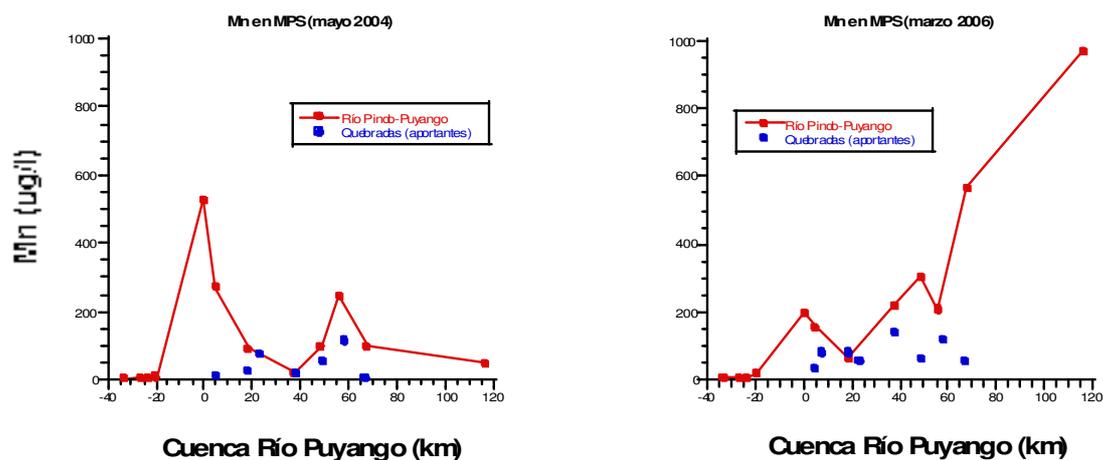
Los datos de *manganeso* (Mn) en los distintos sustratos (agua, material particulado y sedimentos) indican un alto grado de mineralización, que se expresa con niveles igualmente altos de Mn en puntos blancos, en el eje central y en los afluentes. Este fenómeno tiene estrecha relación con los también elevados niveles de Mn en los suelos (476 a 910 ug Mn/g).

El **manganeso en el río**, asociado al **material particulado**, en los puntos blancos llega en promedio a 5.5 ug/L, mientras que en la zona de las plantas de beneficio alcanza a 527 ug Mn/L (verano), lo que refleja un impacto significativo de las plantas de beneficio. En invierno, en los puntos blancos el promedio es de 11 ug Mn/L y en la zona de las plantas es de (197.5 ug Mn/L). Estas concentraciones relativamente menores a las de verano se debe al mayor caudal en la época de invierno.

En la cuenca baja, en época de verano las concentraciones llegan a 49.3 ug Mn/L y en invierno a (970 ug/L), de igual manera de lo que pasa con el mercurio, en correspondencia con la magnitud del material particulado arrastrado río abajo por la corriente más intensa, y por la erosión de los suelos de la cuenca alta en época de invierno (lluvias).

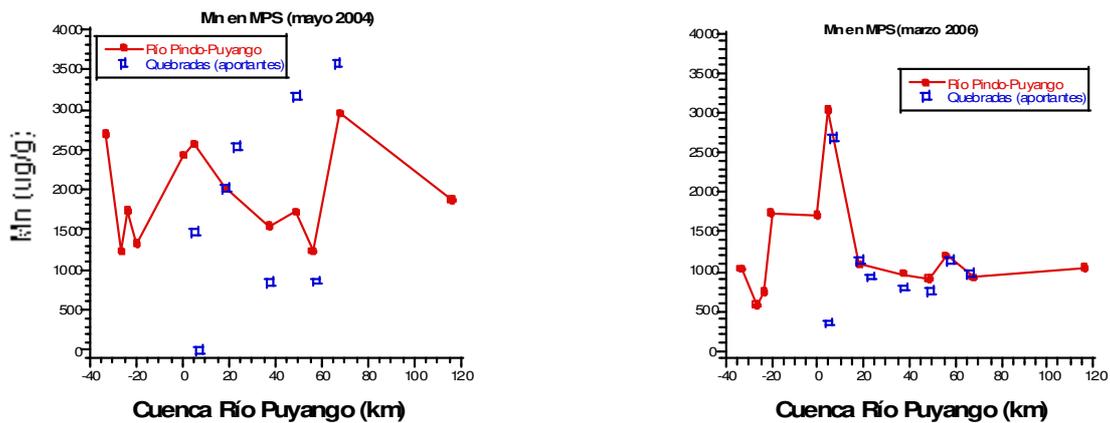
El aporte de manganeso desde las microcuencas es más significativo que lo del mercurio y de los otros metales. Las variaciones en la cuenca media son similares entre el eje troncal y los afluentes.

Gráfico 11. Manganeso en el material particulado por unidad de volumen, cuenca del Puyango



Al analizar las concentraciones de **Mn en el río**, asociado al **material particulado**, expresado en **ug/g de MPS** se ve que en verano los valores en los puntos blancos en promedio es 1748 ug/g, se eleva en la zona de las plantas, 2426 ug/g. En invierno en los puntos blancos tienen un promedio de 1019 ug/g y en la zona minera 1712 ug/g. En la cuenca baja en verano llega a 1878 ug Mn/g y en invierno a 1049 ugMn/g.

Gráfico 12. Manganeso en material particulado por unidad de peso, cuenca del Puyango

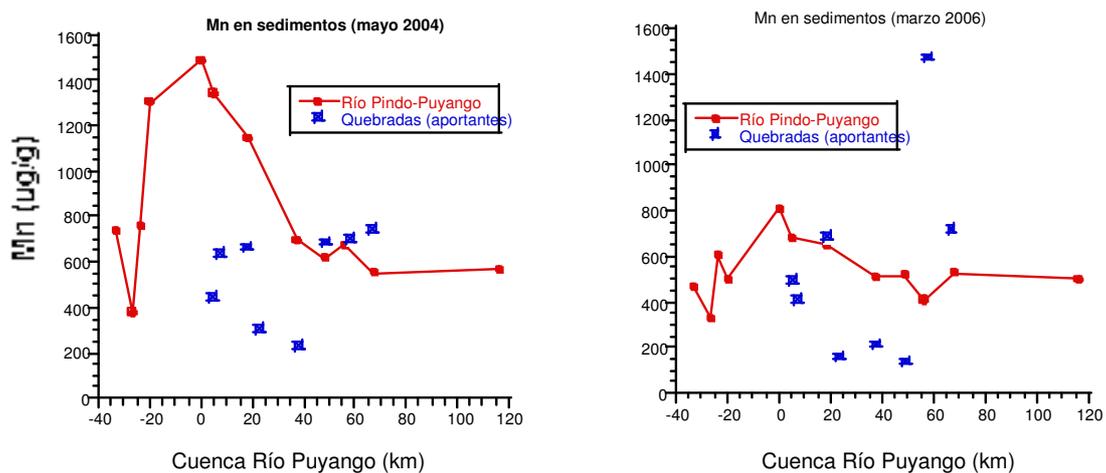


Las concentraciones de manganeso en el material particulado de las microcuencas presenta concentraciones más variables que de los puntos troncales, aunque los valores promedios son prácticamente iguales, esto habla de una importante dispersión del manganeso en el suelo, a lo largo de toda la cuenca.

Los datos analizados por unidad de volumen (µg/L) y de peso (µg/g) reflejan que el aporte y las concentraciones en la cuenca media son similares entre el eje troncal y las microcuencas, tanto en invierno como en verano.

A pesar de esos altos niveles de mineralización, la minería aporta de manera significativa en la contaminación del río, reflejado especialmente en verano en las concentraciones de Mn en sedimentos y en fracción disuelta en el agua, que llegan a niveles de 1490 µg Mn/g de sedimento y de 160 µg/L de agua.

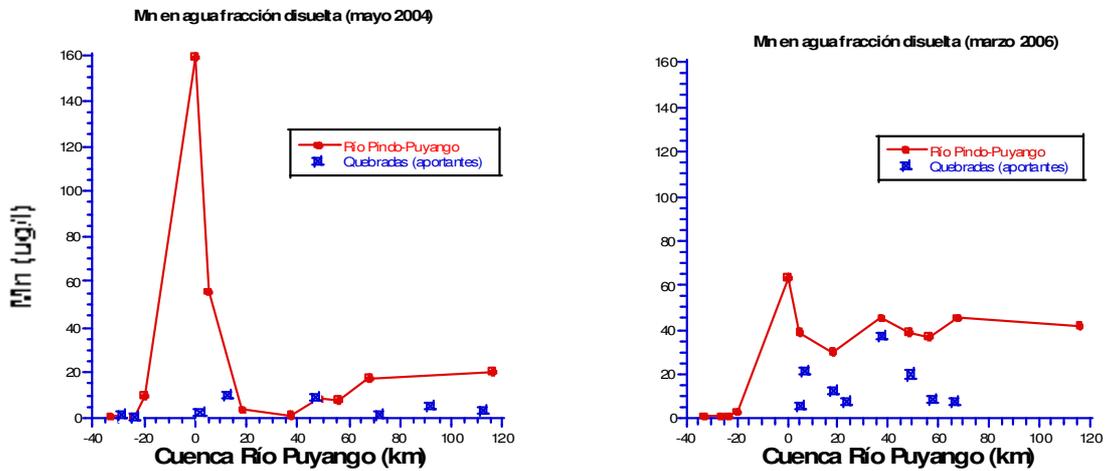
Gráfico 13. Manganeso en sedimentos en la cuenca del Puyango



Hacia la cuenca baja hay un significado descenso, llegando a un nivel similar con los afluentes tanto en sedimentos como en material particulado, no así en la *fracción disuelta* que es más alto inclusive en el punto distal de la cuenca (Gramadal-Las vegas). En esta fracción, los valores no sobrepasan los límites recomendados para Mn en agua de 50 µg/L (ATSDR 2001b), que se mantiene en valores de 20-40 µg/L (gráfico 14).

Hay que recordar que en la cuenca baja los pobladores ingieren el agua del río con el material particulado, que como se ha visto, contiene altas concentraciones de manganeso. Como se verá, esto tiene estrecha relación con los niveles altos de manganeso en los niños de la cuenca baja (Gramadal-Las Vegas).

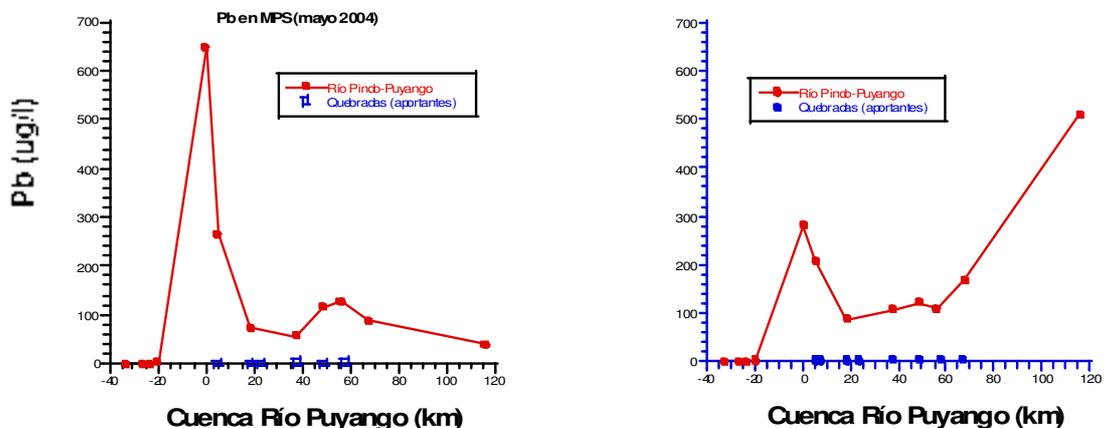
Gráfico 14. Manganeso en la fracción disuelta en agua, cuenca del Puyango



PLOMO EN MATERIAL PARTICULADO, FRACCIÓN DISUELTA Y SEDIMENTOS

Para agravar más la contaminación del río Puyango, ocasionado por la actividad minera, a los señalados se suma otro metal pesado. El **Plomo en el río**, asociado al **material particulado**, en los puntos blancos alcanza un rango solo de 0.2 a 1.2 ug/L, mientras que en la zona de las plantas de beneficio llega a 648 ug Pb/L, bastante superior a lo que sucede con los otros metales pesados. En invierno, en los puntos blancos el rango es de 0.26 a 2.29 ug Pb/L y en la zona de las plantas es de 281.5 ug Pb/L. En la cuenca baja, en época de verano las concentraciones llegan a 40.3 ug Pb/L y en invierno a 510 ug/L.

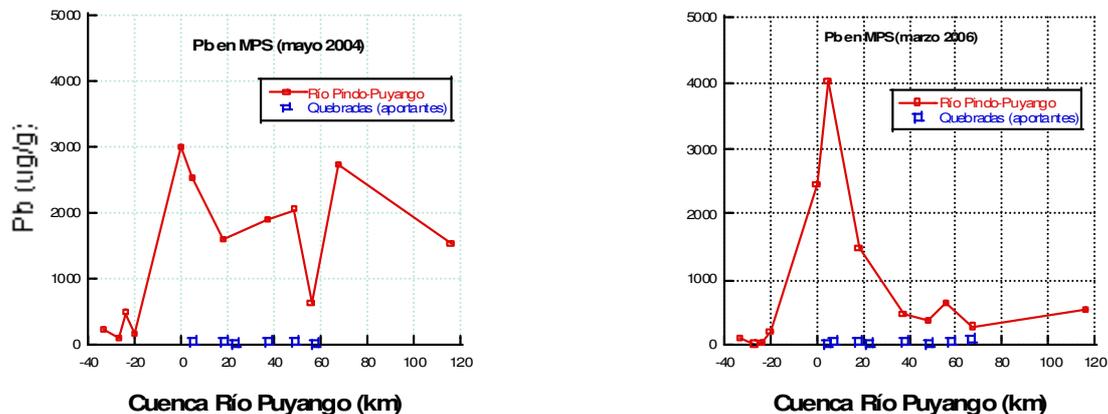
Gráfico 15. Plomo en material particulado por unidad de volumen, cuenca del Puyango



El aporte desde las microcuencas es casi nulo en las dos épocas del año, en verano el rango es de 0.2 a 4 ug Pb/L, en invierno de 1.44 a 7.0 ug Pb/L. Esto refleja que la minería es la responsable de casi la totalidad de la contaminación de plomo, en contraste con el manganeso, que las microcuencas tienen aportes significativos.

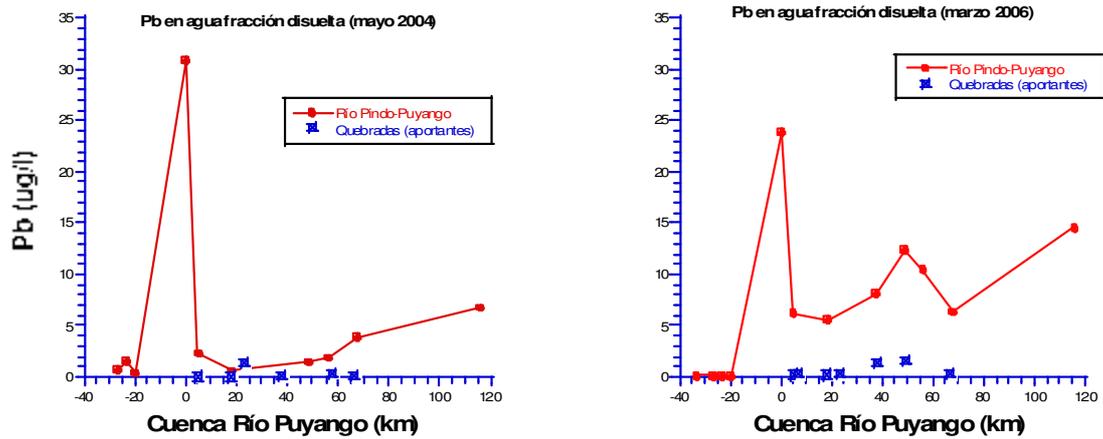
Al analizar las concentraciones de **Pb en el río**, asociado al **material particulado** y expresado en **ug/g**, en verano los valores en los puntos blancos tienen un rango de 95 a 478 ug Pb/g), en la zona de las plantas 2991 ug Pb/g. En invierno en los puntos blancos se encuentra en un rango de 23.5 a 196 ug/g y en la zona minera llega hasta 4017.3 ug/g. En la cuenca baja en verano llega a 1523ug Pb/g y en invierno a 551 ug Pb/g. Estas altas concentraciones en verano representan un alto riesgo para la población que consume el agua del río, precisamente en esta época del año que no dispone del agua de la lluvia.

Gráfico 16. Plomo asociado al material particulado, expresado en unidad de peso, cuenca del Puyango



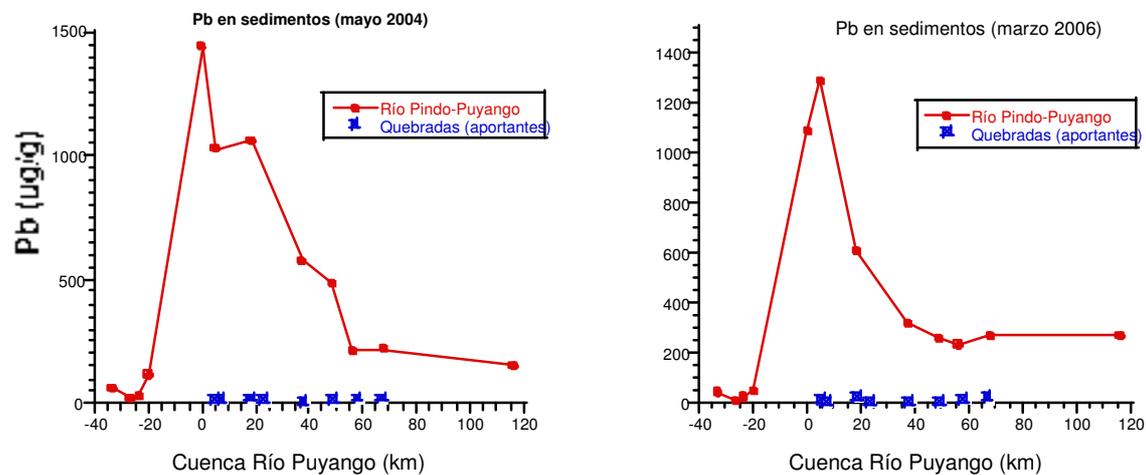
Al analizar el plomo en **fracción disuelta** en el agua del río Puyango se observa que en los puntos blancos es casi inexistente en las dos épocas, mientras que en la zona de las plantas de beneficio se presenta en concentraciones elevadas tanto en invierno como en verano (24 a 31 ug/L). En la cuenca baja en verano es de 6.7 ug Pb/L y en invierno de 14.5 ug/L. Como se puede ver, estos datos contrastan con las altas cantidades encontradas en el material particulado, lo que refleja la baja solubilidad del plomo en el agua, en ningún caso supera los valores de referencia para plomo en agua superficial que es de 5-30 ug/L (ATSDR 2005a). Por lo tanto, el riesgo más alto para la población de esta zona es el consumo del agua del río sin filtrar, lo que se refleja en los valores encontrados en el cabello de los niños y en los peces.

Gráfico 17. Plomo en la fracción disuelta en el agua, cuenca del Puyango



En los *sedimentos* de los puntos blancos (verano) se encuentran niveles de 56.5 µg/g y en invierno el promedio es de 31.6 µg Pb/g. En las zonas de las plantas los niveles son muy altos tanto en invierno como en verano (1025 a 1440 µg/g). En la cuenca baja en verano es de 155 µg/g y en invierno es de 265 µg/g. Estos datos ratifican lo encontrado en la primera fase, esto es, que los metales pesados se encuentran asociados al material particulado y a los sedimentos. Lo novedoso es que las microcuencas tienen un aporte casi nulo y se comprueba la participación del factor antropogénico en la contaminación por estos metales.

Gráfico 18. Plomo en los sedimentos, cuenca del Puyango



Como se vio en la tabla número 1, la cantidad de Pb en los suelos es descendente a lo largo de la cuenca y los aportes de los tributarios es casi nulo, lo que indica con claridad la importancia que tiene la actividad minera en el aporte de plomo a la cuenca.

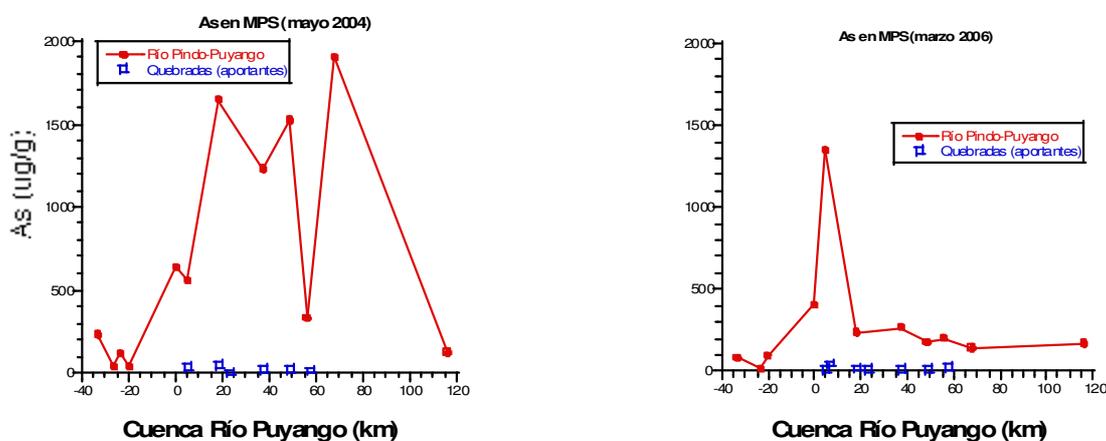
ARSÉNICO EN MATERIAL PARTICULADO, FRACCIÓN DISUELTA Y SEDIMENTOS

A más de la contaminación por metales pesados descrita, existen en el río niveles elevados de metaloides como el arsénico.

El comportamiento de este químico es muy similar a lo descrito para el plomo, con valores muy bajos en material particulado de los puntos blancos (promedio de 0.25 ug/L en verano y 0.5 en invierno). En los tributarios hay un (promedio de 1.5ug/g en las dos épocas), picos elevados en la zona de las plantas (138 ug/L en verano y de 70 ug As/L en invierno). En la cuenca baja y a igual que todos los otros elementos, en el material particulado por unidad de volumen de agua se eleva el arsénico notablemente, alcanzando valores de 153 ug As/L

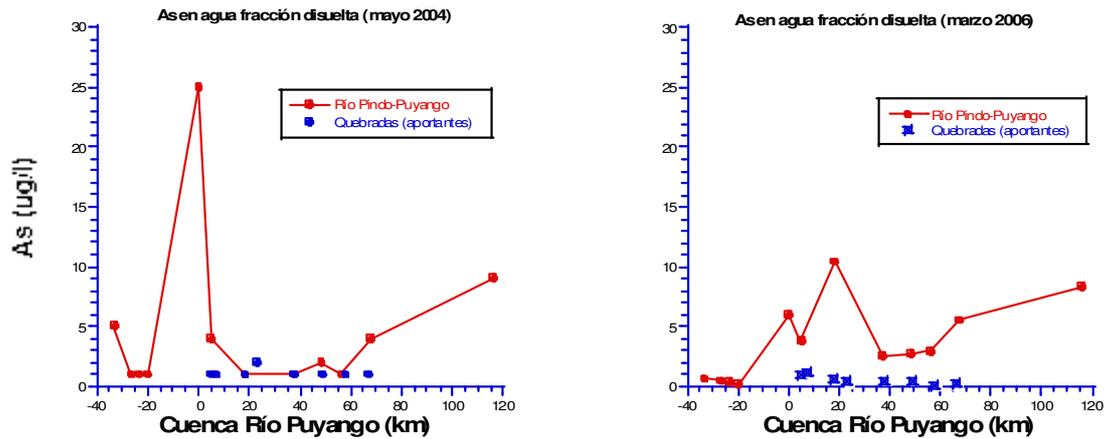
La *concentración* de As en el *material particulado* (expresados por unidad de peso) de los puntos blancos es en promedio de 104 ug As/g en verano y en invierno de 63 ug As/g. En la zona de las plantas en verano es de 633 ug As/g y en invierno de 1350 ug As/g. En la cuenca baja en verano es de 122 ug As/g y en invierno de 165 ug As/g.

Gráfico 19. Arsénico en material particulado por unidad de peso, cuenca del Puyango



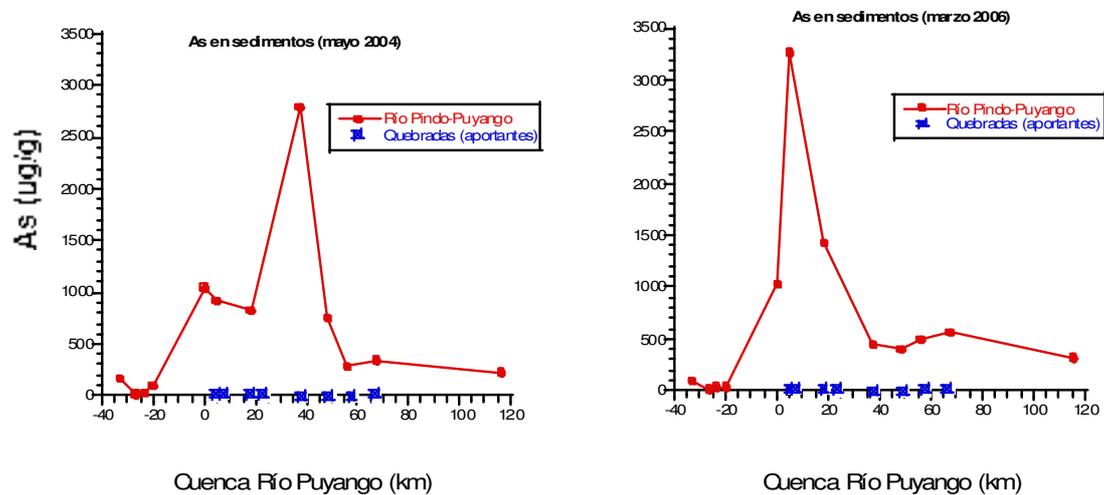
Se nota también en invierno el impacto de la actividad minera tanto en la *fracción disuelta de arsénico en agua* como en los *sedimentos*. El As en fracción disuelta en el agua en promedio para las dos épocas y en los puntos blancos es de 0.5 ug As/L. En la zona de las plantas en verano es de 25 ug As/L mientras que en invierno es de 6 ug As/L. En la cuenca baja en verano y en invierno el comportamiento del arsénico es similar (9 ug As/L). Lo importante es que los habitantes de la cuenca baja ingieren agua con el material particulado que en verano contiene arsénico en niveles de 3.2 ug As/L y en invierno 153 ug As/L.

Gráfico 20. Arsénico en la fracción disuelta en el agua de la cuenca del Puyango



En los *sedimentos* de los puntos blancos hay diferencias por época, en verano es de 72 ug As/g y en invierno de 40 ug As/g. En la zona de las plantas de beneficio, en verano es de 1040 ug/g y en invierno de 3260 ug As/g. Este dato refleja una vez más el impacto de la actividad minera de las concentraciones de metaloide en el río, que como se ve en el gráfico 21, el aporte de los afluentes es casi nulo, inclusive más bajo que los puntos blancos. En la cuenca baja llega a concentraciones de 218 ug/g y en invierno de 319 ug/g. En cualquier caso, los valores superan considerablemente los valores de referencia para este metaloide en los sedimentos que no debe ser superior a 5ug As/g (ATSDR 2005b).

Gráfico 21. Arsénico en sedimentos, cuenca del Puyango



IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA

En el Ecuador el impacto en los niños por exposición a metales pesados ha sido poco explorado. El resultado de los estudios de la Primera Fase, especialmente los relacionados con la presencia de plomo en la población adulta de la cuenca del río Puyango, definió la necesidad de estudiar las manifestaciones tempranas de neurotoxicidad, a través de una batería de pruebas neuroconductuales que posibilite evaluar a niños de 8 a 12 años de edad en distintos lugares de la cuenca del Puyango.

METODOLOGÍA

El estudio de los impactos en la salud se hizo en esta fase en los niños de las comunidades de la cuenca alta, media y baja de la cuenca del Puyango. Se tomó como grupo de edad a los niños comprendidos entre los 8 y 12 años, bajo los siguientes criterios:

- a) En este grupo etario, los cambios en el desarrollo evolutivo no son tan marcados como en los menores de esa edad.
- b) Las habilidades y destrezas cambian en períodos más largos de tiempo.
- c) Hacia los 7 años, la evolución psicomotriz avanza hacia el perfeccionamiento y, a los 12, el niño consigue la consolidación de sus habilidades.
- d) Entre los 10-12 años se completa la especialización progresiva de las funciones superiores de los hemisferios cerebrales.
- e) Alrededor de los 7 años, los niños están en capacidad de resolver problemas concretos y tiene mejor comprensión de los números, de conceptos espaciales y de causalidad.
- f) Para analizar problemas de aprendizaje es necesario que los niños tengan al menos 2 años de educación primaria.

Entre *los criterios de inclusión* se contempló que el niño se encuentre clínicamente sano, sin trastornos neurológicos congénitos o por problemas adquiridos (traumatismo craneo encefálico, encefalitis, meningitis, etc.), sin trastornos osteo-articulares, especialmente de las manos, ceguera o hipoacusia manifiesta y sin retardo mental. Se excluyó a los niños que presentaban cualquiera de los problemas anotados. En todos los casos se solicitó la autorización de los padres y se respetó la decisión de no querer participar. Hubo negación rotunda para la obtención de muestra de sangre; cuatro niños de la cuenca baja no se incluyeron por la resistencia de los padres a la toma de las muestras del cabello.

En las tres comunidades se aplicó a las madres una *encuesta sobre el uso de las ollas "de hierro"* (como dicen los pobladores) debido a su contenido de plomo. El registro de observaciones es de 105 familias de las Poblaciones de Gramadal-Las Vegas, Puyango Viejo y Portovelo (tabla 4). Esta encuesta se realizó para determinar otras fuentes de exposición al plomo que no sea del río o de la actividad minera. En ese intento, se descubrió que un tipo especial de ollas que usan en esta región contienen plomo (comprobado con el análisis químico de dos de ellas).

Tabla 4. Familias encuestadas por comunidad

Población	Nombre	n	Porcentaje
Gramadal-Las Vegas		15	14.29
Portovelo		64	60.95
Puyango Viejo		26	24.76
Total		105	100.00

Fuente: Encuesta de uso de ollas

A igual que la primera fase del Proyecto, en este estudio se contemplaron las mismas comunidades. Las poblaciones de la cuenca baja y media, Gramadal-Las Vegas y Puyango Viejo son pequeñas, asentadas a la vera del río Puyango. Portovelo también es una ciudad relativamente pequeña (6 mil habitantes). Para este estudio se incluyó niños de Quito y cantones aledaños (Guayllabamba), especialmente para que sirvan de referencia en los resultados de la historia clínica y socio-económica y en la batería de pruebas neuroconductuales (BPNC).

El grupo de referencia (en estricto sentido no es una población “control” porque en estudios de la relación salud-ambiente es difícil de hablar de “casos” y “controles”) lo integran los niños de Quito y Guayllabamba, ciudades de la provincia de Pichincha. En total son 32 niños, que corresponde a la cuarta parte del total de niños examinados (25.6%). Se aplicaron las pruebas al universo de los niños de Gramadal-Las Vegas y de Puyango Viejo y a 94 niños de Portovelo. Para el análisis estadístico (regresión múltiple) se redujo la muestra de esta población debido a la ausencia de datos de algunas variables por errores de registro (respuestas probablemente negativas que se dejaron casilleros vacíos, niños que llegaban a los 13 años, etc.). Para la selección de los niños de Portovelo se aplicó el siguiente procedimiento: a) Recuperación y revisión de la nómina de alumnos de las cuatro escuelas de la ciudad; b) Selección de los niños comprendidos en el grupo de edad de 8 a 12 años; c) A través de las autoridades de las escuelas y por medio de una invitación por escrito, citación a las madres de familia a reuniones específicas en cada escuela; d) Explicación de la actividad y organización del cronograma; e) Inclusión a todas las madres (y sus hijos) que acudieron a la convocatoria (respuesta entre el 90-95% en tres escuelas y del 50% en una de ellas). La falta de respuesta en una de las escuelas tuvo varias explicaciones, dadas por los alumnos y los maestros (“viven lejos”, “tienen que cocinar para los maridos”, no hay transporte”, “nunca colaboran con la escuela”, “poco interés por la educación y salud de los hijos”). Para la inclusión de los niños que viven en las plantas de beneficio se hizo una visita a todas esas instalaciones que existen en la ciudad y se incluyó a todos los niños del grupo edad definido (8-12 años), la respuesta a la convocatoria fue del 90% (6 niños). Para los niños de Quito se siguió un procedimiento similar, seleccionando escuelas de características similares a las de la cuenca del Puyango, a excepción de los niños de las escuelas privadas en quienes se utilizó otro mecanismo para su participación (reuniones de motivación con los padres, uso del registro de un centro psico-pedagógico particular). La inclusión de estos niños (de diferentes condiciones socio-económicas que los demás) tuvo como finalidad la comparación del rendimiento de las pruebas, teóricamente influenciado por el tipo de escuela (pública versus privada) las diferencias encontradas en los resultados ratifica el acierto de esta inclusión.

A las madres de todos los niños se aplicó la historia clínica y socio-económica y a todos los niños la BPNC, ocupando un promedio de 2 horas por madre/niño. Se obtuvo muestras de cabello de los niños de la cuenca del Puyango, no así a los de Quito y Guayllabamba por problemas operativos (dificultades para el análisis de las muestras en

el Laboratorio de Calidad Ambiental, LCA) y por la presencia de variables de confusión ajenas a la contaminación por minería (contaminación del aire en la ciudad de Quito por fábricas y vehículos y en Guayllabamba por las empresas florícolas. El cabello de los niños de la cuenca del Puyango se obtuvo de la región occipital, se eliminó el excedente y el análisis se hizo en el LCA de la Universidad Mayor de San Andrés, UMSA, de La Paz, Bolivia, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, con límite de detección variable para cada elemento químico.

Determinación de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad

Se siguieron varias etapas, la primera dirigida a definir una prueba para evaluar área intelectual por ser la más sensible a la exposición a metales pesados. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, luego de la cual se optó por dos instrumentos: El test de Raven (escala especial) para los niños de 8 a 11 años 5 meses y el test Factor G de Cattell para los que pasaban de 12 años y para las madres. Estas pruebas cumplen con los criterios de selección definidos por el equipo multidisciplinario, a saber, posibilitan un estudio rápido de la capacidad intelectual, son sencillas en su aplicación, requieren un material mínimo, no es determinante el nivel educativo, idioma, aptitud verbal o motriz, en buena medida son independientes del factor cultural y no requieren energía eléctrica. En un segundo momento se seleccionaron las pruebas para explorar otras funciones del sistema nervioso que se afectan por la exposición a metales pesados. Los criterios de selección de estas pruebas fueron los siguientes:

- Sensibilidad para la exposición a plomo, manganeso y mercurio
- Menor incidencia del nivel de escolaridad y cultural
- Que no requieran uso de computadora para su aplicación
- Aplicabilidad a grupos poblacionales de distinta naturaleza
- Aplicabilidad en distintas edades (dentro del margen seleccionado, 8-12 años)
- Tiempo corto para la aplicación

Previo a la aplicación definitiva, se realizó una prueba piloto en algunos niños de la zona minera y en la ciudad de Quito. En la tabla 5 consta la batería de pruebas que se aplicó a los niños de la cuenca del río Puyango, siendo las mismas las que se aplicaron en los niños de Quito, con los mismos instrumentos y con los mismos exploradores (investigadores).

Tabla 5. Batería de pruebas neuroconductuales (BPNC) aplicada en los niños de la cuenca del Puyango

DOMINIO	SINTOMATOLOGÍA	FUNCIÓN EVALUADA	PRUEBA
COGNITIVO	Disminución del C.I.	Capacidad Intelectiva	Test de Raven / Factor G
	Pérdida de la memoria	Memoria inmediata (auditiva)	Dígitos
	Expresión verbal defectuosa Vocabulario	Habilidades verbales	Comprensión / Fluidez verbal Ostroski - Solís
	Trastornos en la percepción espacio-temporal	Orientación espacial y temporal	Cuestionario /Ostroski- Solís
	Distracción	Atención	Criterios diagnósticos DSM IV
COGNITIVO MOTOR	Trastorno visomotriz	Habilidades visomotoras /visoespaciales	Test gestáltico visomotor de Bender
	Incoordinación Motriz	Destreza Manual	Santa Ana
	Incoordinación visomotriz Estereognosia parcial	Coordinación visomotriz (Movimientos finos)	Tablero Ranuras y clavijas
MOTOR	Tiempo de reacción disminuido	Rapidez motriz y coordinación	Tamborileo
	Incoordinación motriz fina (temblor)	Estabilidad motora	Estabilidad 9 agujeros
AFECTIVO-EMOTIVO	Desajuste emocional/ hiperactividad/ impulsividad	Afectivo-conductual	Bender/ Criterios diagnósticos DSM IV

Universo y muestra

Se tomó al universo de niños de 8 a 12 años de las comunidades de Gramadal-Las Vegas y Puyango Viejo que asisten a la única escuela fiscal y unidocente. En Portovelo se obtuvo una muestra representativa de niños que asisten a las cuatro escuelas fiscales de la ciudad. Se tomó una muestra propositiva de niños que viven en las plantas de beneficio. En la tabla número 6 se observa la distribución de la población de estudio. Para efectos de control del rendimiento de las pruebas neuroconductuales, en el estudio se incluyó a 32 niños de la provincia de Pichincha (ciudades de Quito y Guayllabamba), que se encuentra en el otro extremo del país y muy alejados de la zona minera (700 km). El número relativamente bajo de los niños de la cuenca media y baja, a pesa de haber incluido al universo se debe al pequeño número de familias que viven en esas zonas y a la selección de solo un grupo étnico por las razones que se explican más adelante. Es

importante alertar la dificultad que estas cifras bajas a la hora de hacer los análisis estadísticos.

Tabla 6. Distribución de niños en las poblaciones del estudio

Población	Frecuencia	% Relativo
<i>Gramadal - Las Vegas</i>	9	7.2
<i>Puyango Viejo</i>	12	9.6
<i>Portovelo</i>	72*	57.6
<i>Quito</i>	22	17.6
<i>Guayllabamba</i>	10	8
Total	125	100

Fuente: Historia clínica y socio-económica

* Se examinó a 94 niños pero en la depuración de los datos se excluyó a 22 para el análisis

Recolección de los datos

De manera sintética se indica el proceso complejo que se siguió en el trabajo de campo para la recolección de la información:

1. Sensibilización e información de la investigación a las autoridades de los planteles educativos.
2. Información y autorización de las madres de los niños seleccionados.
3. Aplicación de la historia clínica y socioeconómica a las madres.
4. Exclusión de los niños con problemas neurológicos y osteomusculares.
5. Aplicación individual de la batería de pruebas neuroconductuales (BPNC).
6. Registro de peso y talla.
7. Evaluación de visión lejana.
8. Toma de muestra de cabello.
9. Aplicación del instrumento DSM IV a madres y maestras/os.
10. Aplicación del test Factor G a las madres.
11. Entrevista con las madres para entregarles información general y algunas recomendaciones específicas sobre sus hijos.
12. Reunión con los profesores para informarles sobre los hallazgos relevantes
13. Aplicación de la BPNC en los niños que viven en las plantas de beneficio
14. Aplicación a las madres de la encuesta sobre el uso de ollas peruanas de “hierro”.

Procesamiento de la información

Los datos fueron ingresados en una base, usando los programas StatView 5.0.1 de SAS y Excel, luego de la depuración de los datos y usando las estadísticas descriptivas se obtuvo información sobre las características demográficas, eventos de exposición y sobre las co-variables que inciden en el desarrollo psico-motriz de los niños. Se realizó análisis inferencial, iniciando con la identificación de las correlaciones entre las variables y luego realizando regresión múltiple lineal para hallar los estimadores más robustos al aplicar la técnica de paso a paso, trabajada en el paquete estadístico SPSS, usando el indicador estadístico de significación (p), sustentado en la prueba de t.

RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación corresponden al grupo poblacional que se seleccionó para esta segunda fase, citado en líneas anteriores. Se anotarán los resultados más relevantes y que corresponden a lo registrado con las distintas técnicas e instrumentos utilizados, a saber:

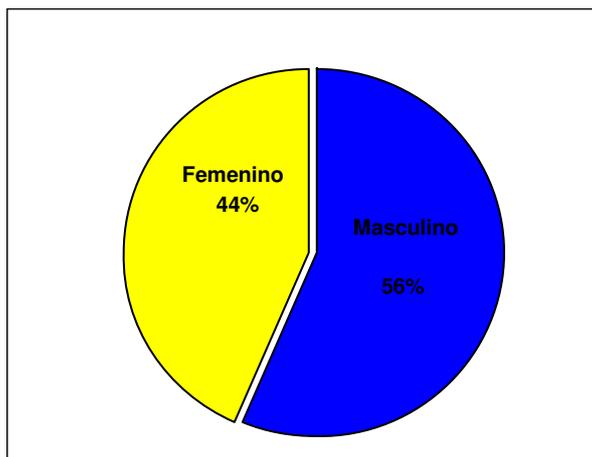
- a) Historia clínica y socio-económica
- b) Batería de pruebas neuroconductuales (BPNC)
- c) Indicadores biológicos (Hg, Pb, Mn y As en cabello)
- d) Encuesta del uso de ollas de “hierro”

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

Sexo

De los 125 niños que se incluyen en este análisis (descriptivo), la distribución por sexo es casi equitativa, con una ligera predominancia de niños del sexo masculino. Esta particularidad se corresponde con la distribución natural de los niños en cada una de las comunidades y no a una selección sesgada.

Gráfico 22. Distribución de los niños por sexo



Fuente: Historia clínica y socio-económica

El la tabla número 7 es posible ver que en el grupo de niños no existe ninguno que llegue a los 13 años de edad. Unos pocos que se incluyeron por la falta de precisión de los padres fueron excluidos del procesamiento de los datos, casi todos han nacido en la población de residencia actual y que en promedio sus familias son de 5 personas, incluidos padre y madre.

Tabla 7. Edad, años de residencia y número de hermanos

	N	Media	Std. Dev.	Mínimo	Máximo
Edad de los niños	125	10.2	1.5	7.4	12.8
Años que viven en la población	125	9.4	2.7	0.5	12.8
Número de hermanos	125	2.6	2.4	0	12

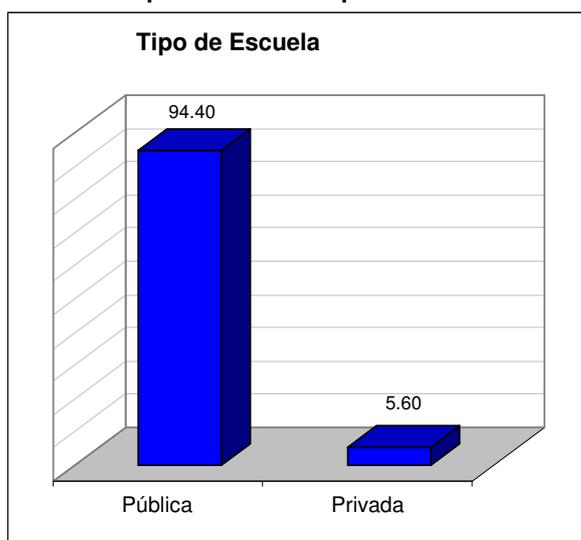
Fuente: Historia clínica y socio-económica

Escolaridad

Por la edad de los niños, la escolaridad va desde el 2do al 8vo de básica. Cerca de la mitad (44.8) están en los grados inferiores (2do a 5to) y los demás se encuentran en los cursos superiores (6to al 8vo).

Como aparece en el gráfico número 23, todos los niños provienen de escuelas públicas, que son las únicas existentes en la cuenca del Puyango. Los pocos niños que provienen de escuelas privadas son de uno de los grupos de Quito. La totalidad de los niños de la cuenca baja (Gramadal-Las Vegas y Puyango Viejo) pertenece al tipo de escuela rural y de éstas, la de Gramadal-Las Vegas, unidocente, con asistencia irregular de la profesora durante el año lectivo.

Gráfico 23. Tipo de escuela al que asisten los niños



Fuente: Historia clínica y socio-económica

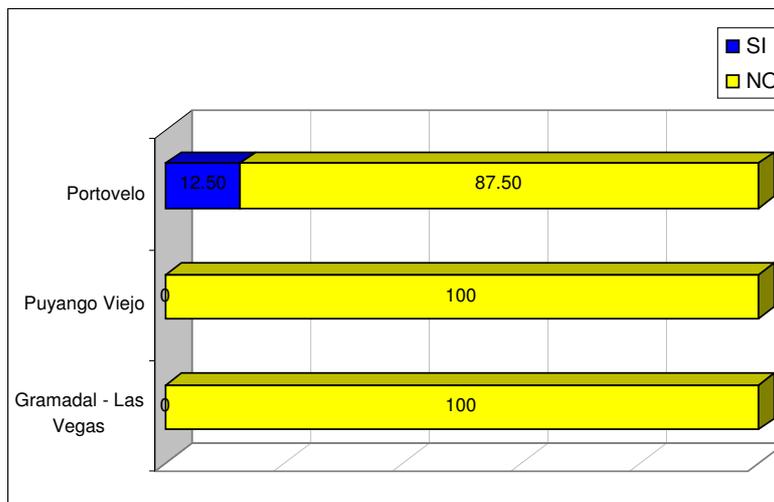
EVENTOS DE EXPOSICIÓN

El enfoque ecosistémico permite abordar el objeto de estudio de manera integral, por ello, en los estudios de la relación *ambiente-salud*, no es suficiente conocer los indicadores biológicos de la exposición, es necesario analizar los distintos *eventos de exposición*, es decir las distintas condiciones de vida que ponen en contacto a los niños con los contaminantes. A continuación se indican los resultados de esa exploración.

Trabajo de los niños

El trabajo en minería de los niños permite inferir la exposición directa a sustancias químicas nocivas para la salud. Como indica el gráfico número 24, solo en la zona minera de Portovelo se encuentra niños mineros, con un porcentaje relativamente bajo, generalmente, ayudando a sus padres mineros. Se sabe que la minería es una de las peores formas del trabajo infantil (OIT 2002), por ello, ese 12,5% de niños en la minería es una situación peligrosa. En la cuenca baja, a pesar que unas pocas personas se dedican a la minería aluvial, con el uso de mercurio para la amalgamación, ninguno de los niños participan en esta actividad.

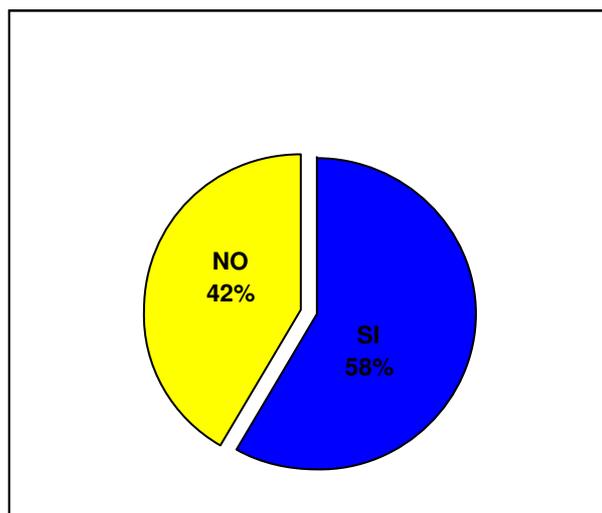
Gráfico 24. Trabajo de los niños en minería por comunidad



Fuente: Historia clínica y socio-económica

El hecho que los niños no trabajen en minería no es garantía para que no se expongan a las sustancias químicas peligrosas, en Portovelo (cuenca alta) se detectó a un número importante de niños que viven cerca de las plantas de procesamiento del mineral.

Gráfico 25. Niños que viven cerca a una planta de beneficio, Portovelo



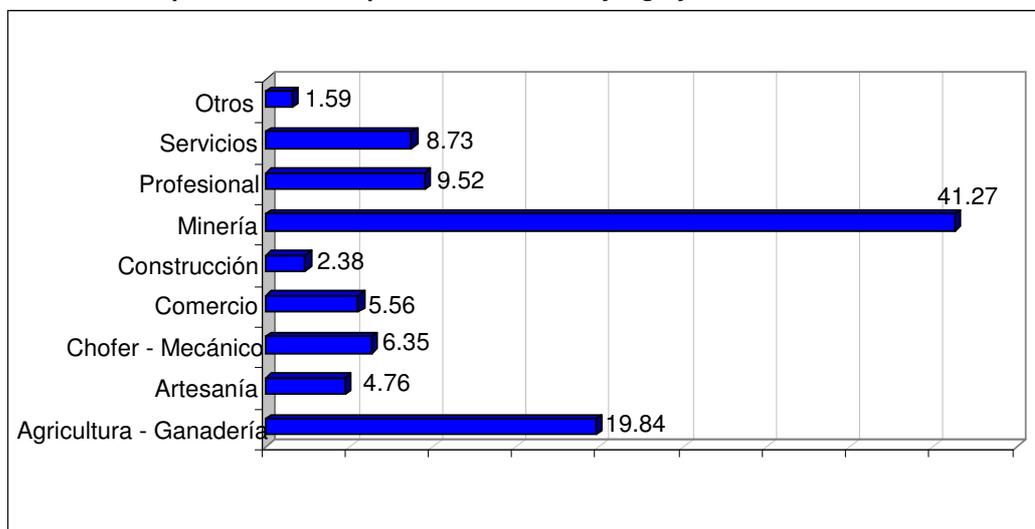
Fuente: Historia clínica y socio-económica

Con el gráfico 25 se puede inferir que más de la mitad de los niños examinados tienen la probabilidad de exponerse a los contaminantes provenientes de la actividad minera (mercurio, plomo, manganeso) que se difunden especialmente por vía aérea y por el uso de recipientes con desechos mineros.

Trabajo de los padres

Para detectar fuentes indirectas de contaminación por metales pesados en los niños, se hizo una amplia exploración del trabajo de los padres, incluyendo momentos de la concepción, embarazo y lactancia. Se indicará los resultados más relevantes, que posteriormente se incluyen en los modelos de regresión múltiple.

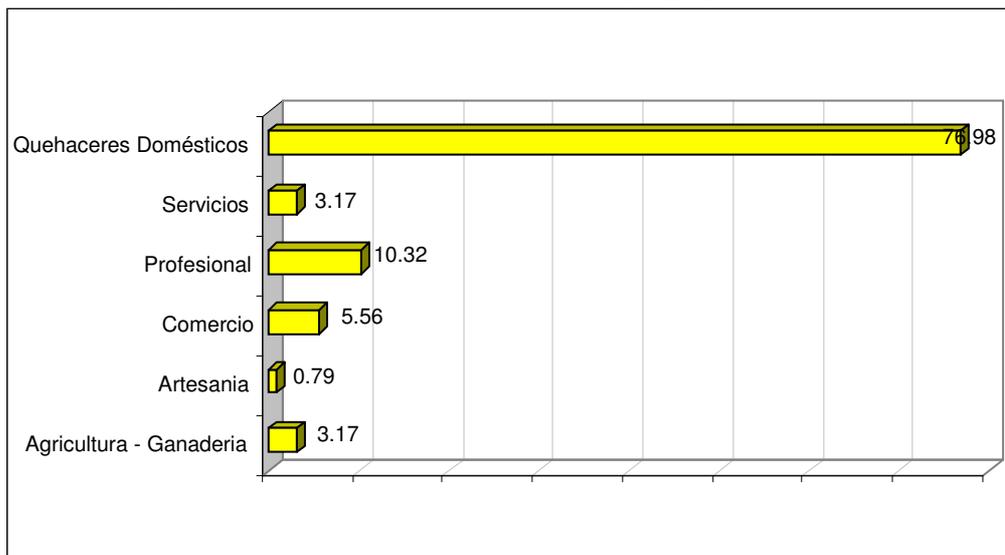
Gráfico 26. Ocupación actual del padre, cuenca del Puyango y Quito



Fuente: Historia clínica y socio-económica

Cerca de la mitad de los padres de los niños trabajan en minería, este porcentaje corresponde básicamente a los residentes en la cuenca alta, el 71% de los padres de los niños de Portovelo se dedican a esta actividad. En cambio, los de la cuenca baja se dedican preponderantemente a la agricultura y ganadería (100% de los padres de Gramadal-Las Vegas y 83% de los padres de Puyango Viejo). Es importante señalar que casi la mitad (45%) de los padres que viven en Quito son profesionales con educación superior y media (ver más adelante).

Gráfico 27. Ocupación actual de la madre, cuenca del Puyango y Quito

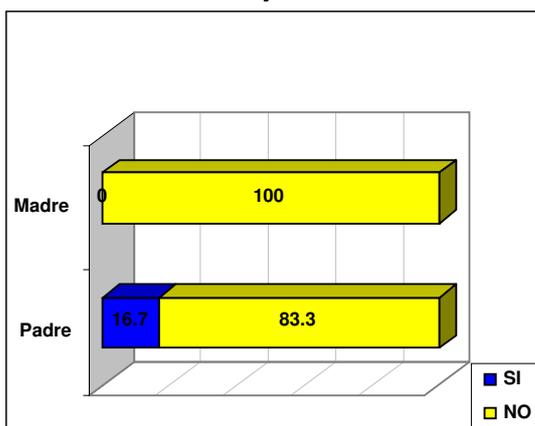


Fuente: Historia clínica y socio-económica

La actividad predominante es el trabajo de la casa, el 100% de las madres de Gramadal-Las Vegas y de Puyango Viejo se dedican a esta actividad y el 92% de la cuenca alta (Portovelo). Esto contrasta con el 45% de madres que se dedican a una actividad profesional en la ciudad de Quito. En esta ciudad, solo el 27% tienen como única actividad los quehaceres domésticos.

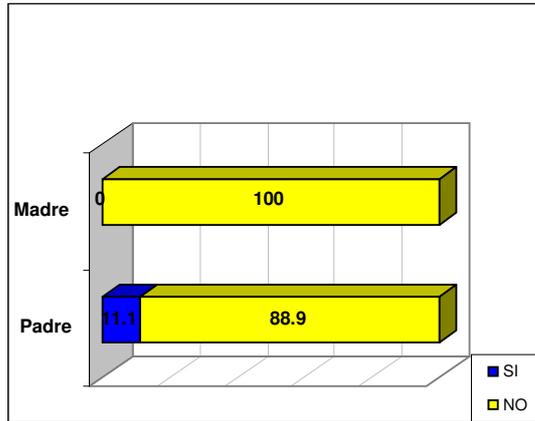
La posibilidad de impacto de la contaminación puede darse en la época prenatal y neonatal de los niños, por ello la importancia de conocer si los padres han trabajado en minería en las distintas fases de desarrollo de los niños.

Gráfico 28. Padres trabajaban en minería mientras concebían, Puyango Viejo.



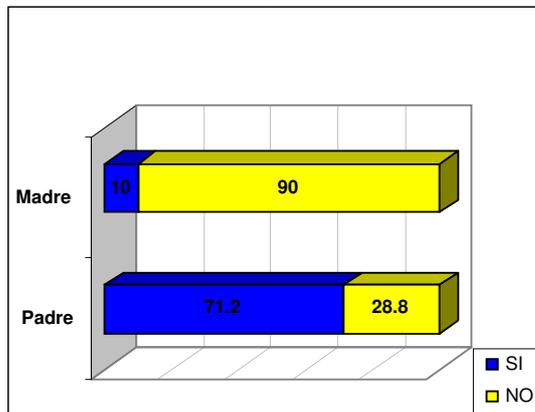
Fuente: Historia clínica y socio-económica

Gráfico 29. Padres trabajaban en minería mientras concebían al niño, Gramadal-Las Vegas.



Fuente: Historia clínica y socio-económica

Gráfico 30. Padres trabajaban en minería mientras concebían al niño, Portovelo.



Fuente: Historia clínica y socio-económica

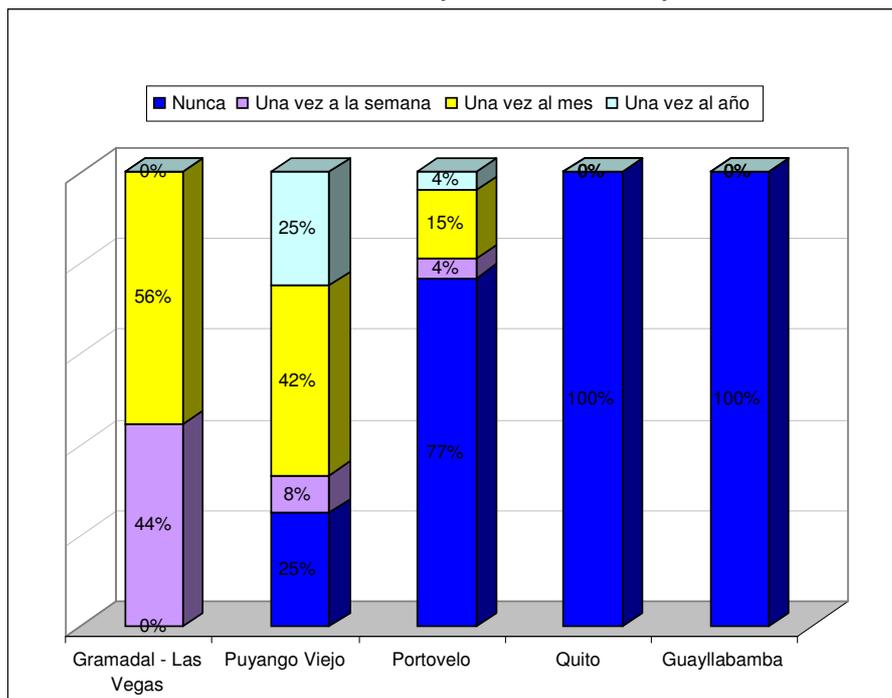
Las diferencias son notables, en Portovelo, zona minera, un alto porcentaje de los padres trabajaban en minería mientras concebían al niño del estudio, inclusive la madre, aunque en porcentaje bastante bajo. En la cuenca baja y en años anteriores, los padres realizaban minería aluvial. Ninguna de las madres de la cuenca baja y solo el 10% de las madres de Portovelo trabajaron en minería durante el embarazo y la lactancia.

Otra forma de exponerse a metales pesados, especialmente al mercurio, es con prácticas inadecuadas que existen en los domicilios, por ejemplo, almacenar este tipo de sustancias en la casa. Este fenómeno se ve solamente en Portovelo; el 44% de las familias de los niños examinados guarda mercurio y en casi en la misma proporción se ha derramado.

Consumo de peces

Bajo la hipótesis de que una de las fuentes de exposición a metales pesados es la ingesta de peces procedentes del río Puyango, en el gráfico número 31 se ve la frecuencia de este consumo.

Gráfico 31. Frecuencia del consumo de peces de los niños, por comunidad.



Fuente: Historia clínica y socio-económica

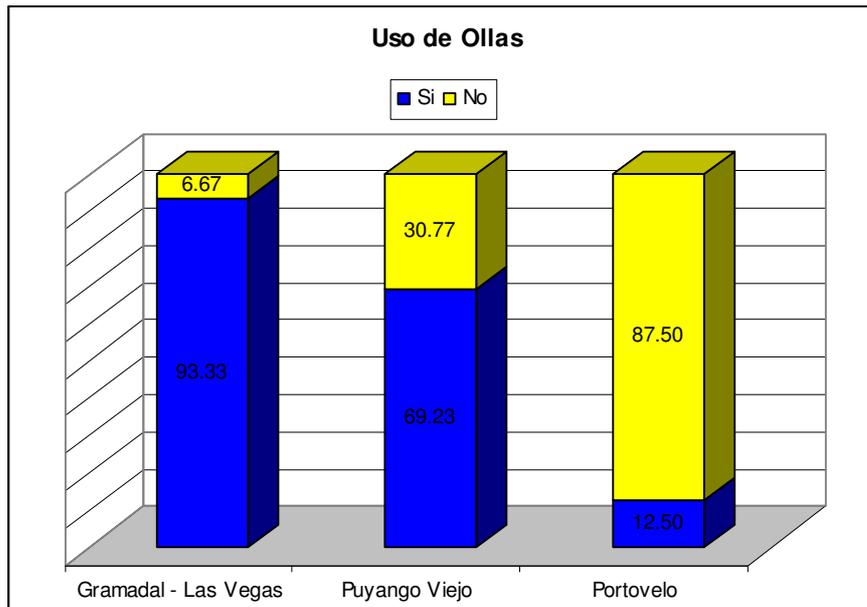
En la cuenca baja el consumo de peces es frecuente, único alimento proteico que disponen sin mayor esfuerzo o costo. En la cuenca media (Puyango Viejo), la cuarta parte no lo hace, al tratarse ésta de una comunidad con vías de acceso habilitadas para todo el año, y al encontrarse a pocos minutos de una ciudad grande, disponen de otros alimentos. Por otro lado, las reuniones frecuentes con la comunidad ha aumentado el nivel de conciencia sobre la contaminación del río. En la cuenca alta y al ser zona minera, menos del 20% consumen peces del río, éstos provienen básicamente de los tributarios no contaminados por la minería, realmente de poca abundancia.

Uso de ollas con plomo

En la búsqueda de otras fuentes de exposición a metales pesados, especialmente al plomo, se encontró que en la cuenca baja y media, las familias usan ollas fabricadas artesanalmente en el norte del Perú. En la sospecha de que el material pueda tener plomo, se tomaron dos ollas al azar y se analizaron en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador, el resultado, las dos tenían plomo (olla 1: 230 ug Pb/g; olla 2: 1135 ug Pb/g).

Como se observa en el gráfico número 32, las familias de la cuenca baja son las que más usan, precisamente son las que se encuentran más cerca del vecino país peruano. Además, son de relativo bajo costo y, al decir de las madres de familia, “son muy buenas para cocinar el arroz y hacer refritos”.

Gráfico 32. Uso actual de ollas de hierro por comunidad



Fuente: Encuesta de uso de ollas

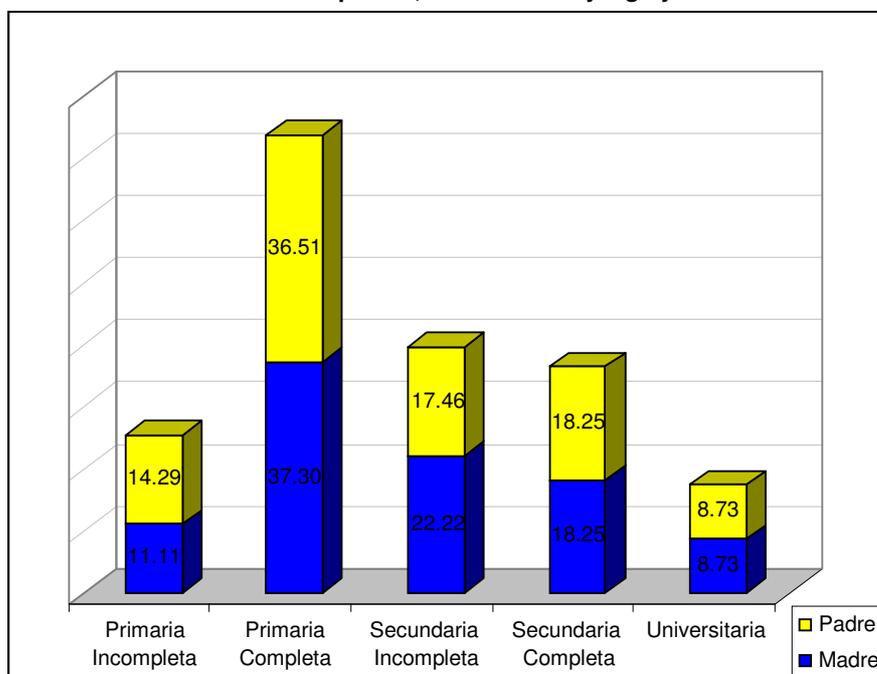
El 84% de las familias las usan diariamente y básicamente para cocer el arroz (86%). El promedio de uso es de 9 años y el 36% deja los alimentos en esas ollas de un día para el otro. Es conocido que de los recipientes que contienen plomo, el calor y el pH bajo (presencia de ácido orgánicos) facilitan su solubilidad (Albiano 1999). En el caso de las familias estudiadas, sería el primer factor el que coadyuva a este proceso que se suma a la presencia de plomo en las muestras del río. Los resultados encontrados resaltan la importancia del *enfoque ecosistémico*, por medio de lo cual es posible incorporar un análisis integrador, que considera las condiciones de vida en las comunidades y los cambios en el ambiente en su relación con la salud.

OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO PSICOMOTRIZ

No son solamente los neurotóxicos los que inciden en las funciones cerebrales superiores, también el estímulo y apoyo que pueden dar los padres influyen en el desarrollo intelectual de los niños, éstos, a su vez, tienen estrecha relación con las condiciones socio-económicas de las familias. Varias de ellas son de especial importancia como el nivel de escolaridad de los padres, control y problemas durante el embarazo, atención y problemas en el parto, facilidades y la calidad de la educación escolar.

Escolaridad de los padres

Gráfico 33. Escolaridad de los padres, cuenca del Puyango y Quito



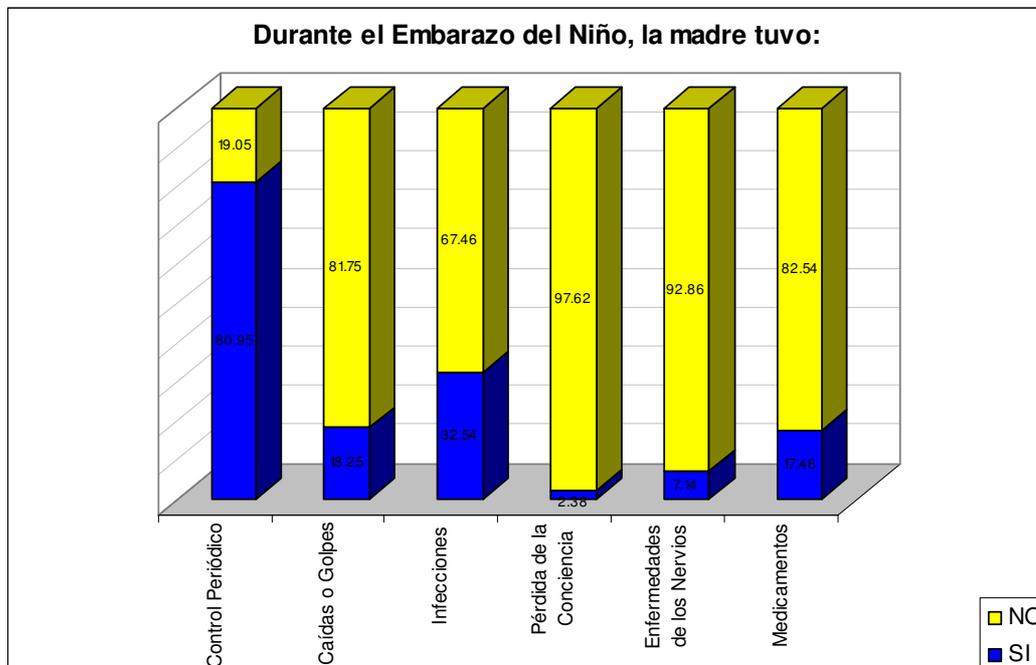
Fuente: Historia clínica y socio-económica

De manera complementaria a lo que se indica en el gráfico 33, el 100% de las madres de Gramadal-Las Vegas y el 75% de Puyango Viejo solo han llegado al nivel de primaria. En Guayllabamba (provincia de Pichincha y zona no minera) la diferencia es muy pequeña comparada con Puyango Viejo, en ese cantón el porcentaje es de 60%. En cambio, las madres de Quito, el 50% tienen instrucción superior y el 36% han terminado la secundaria. Con los padres sucede algo similar, solo en Gramadal-Las Vegas el 33% de los padres tienen un nivel más alto que las madres (llegan al nivel de secundaria).

Características del embarazo y parto

Existen múltiples condiciones durante el embarazo que pueden incidir en el niño, en el gráfico 34 se registran las más relevantes.

Gráfico 34. Embarazo: control y problemas de salud



Fuente: Historia clínica y socio-económica

A más de lo indicado en este gráfico (No. 34), es adecuado resaltar que la atención del parto en el 100% de los casos de Gramadal-Las Vegas fue realizada por algún familiar, en cambio, en Portovelo, Quito y Guayllabamba sobre el 90% fue atendido por profesionales, básicamente médicos. El problema de salud más relevante en este período fue el de las infecciones leves durante el embarazo. Los medicamentos que se han administrado las madres en el período de gestación fueron básicamente antibióticos y analgésicos.

Tabla 8. Problemas en el momento del parto de los niños, cuenca del Puyango

Características de nacimiento del niño	Valores absolutos		Valores relativos	
	SI	NO	SI	NO
Parto a término (9meses)	115	10	92%	8%
Lloró enseguida que nació	110	11	91%	9%
Necesitó oxígeno al nacer	11	113	9%	91%
Anomalía congénita	1	124	1%	99%

Fuente: Historia clínica y socio-económica

La tabla número 8 muestra que casi todos los niños no han tenido problemas al momento del parto, sólo uno con anomalía congénita, relacionado con atresia parcial en un oído.

Estos datos, en su conjunto demuestran las condiciones precarias de las familias de la cuenca baja (Gramadal-Las Vegas), señaladas en detalle en el informe técnico de la primera fase.

Rendimiento escolar

Llama la atención que en las comunidades del estudio no es frecuente la repetición del año escolar, a pesar que existen problemas de rendimiento y presencia en el grado de niños con retraso mental. De la conversación con los profesores se pudo detectar que en estos pueblos pequeños existen otros factores que inciden en este fenómeno (compromisos con los padres, temor a ser calificados como malos docentes,). Sin embargo, las madres, en un 51% indican que tiene dificultades de distinto tipo, especialmente para aritmética.

Exposición a otros neurotóxicos

Sobre el 96% de los niños no tienen exposición a otro tipo de neurotóxicos (solventes orgánicos, derivados del petróleo y plaguicidas).

MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE NEUROTOXICIDAD

Como se indicó en la metodología, para detectar la presencia de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad se aplicó una batería de pruebas neuroconductuales (BPNC). Es sabido que los resultados no tienen valores “normales” de referencia, éstos hay que analizarlos a la luz de los eventos de exposición y de los indicadores de exposición (indicadores biológicos). Se iniciará la presentación de estos resultados con las tablas número 9 y 10 que contienen los datos de los niños de la cuenca del Puyango y de los niños de Quito, de estos últimos, como elementos de referencia.

Tabla 9. Rendimiento de los niños en las pruebas neuroconductuales (dominio cognitivo, motor y cognitivo-motor, por regiones)

PRUEBA	CUENCA PUYANGO			QUITO		
	n	media	DE	n	media	DE
Santa Ana	93	63.5	10.5	22	80.3	9.0
Tamborileo	93	33.1	6.0	22	36.1	5.8
Tablero y clavijas	93	80.9*	18.9	22	66.7	13.6
Estabilidad 9 agujeros	93	59.3*	10.3	22	61.2	12.0
Bender IPM	93	7.2	2.9	22	5.4	2.4
Raven	87	2.7*	1.1	22	1.5	0.5
Dígitos	93	8.4	2.3	22	11.2	1.9
Semántico	93	12.4	3.8	22	20.1	4.8
Fonológico	93	4.3	2.8	22	8.5	3.3
Orientación espacial	93	7.0	1.2	22	7.5	0.8

* Valor más bajo significa un mejor rendimiento

Fuente: Batería de pruebas neuroconductuales

Como se observa en la tabla 9 a excepción de la prueba de estabilidad 9 agujeros, el rendimiento es más bajo en los niños de la cuenca del Puyango si se compara con los niños de la ciudad de Quito. Esta diferencia tiene algunas lecturas: los niños de Quito no tienen ningún vínculo con la actividad minera ni con la contaminación del río, era posible que se encontraran expuestos a otro tipo de neurotóxicos (plaguicidas, por ejemplo) pero esta variable fue controlada en el momento de seleccionar los niños para la aplicación de las pruebas. El bajo rendimiento en la prueba de estabilidad de 9 agujeros puede interpretarse de la siguiente manera: la estabilidad (de la mano en este caso) depende no solo de la ausencia de neurotóxicos sino también de la tranquilidad que puede tener los niños en el momento de la prueba. A diferencia de los niños de la cuenca del Puyango, los niños de Quito no estaban vinculados a un proceso regular y sostenido, para ellos, los investigadores y las pruebas eran extraños y se notaba nerviosismo en la mayoría, fenómeno éste que se expresa con temblor en las manos.

Es necesario resaltar la diferencia entre los dos grupos en la prueba de Raven que valora la capacidad intelectual *general* de los niños, preocupación central en los objetivos de esta segunda fase, diferencia que se refuerza con los resultados de las otras pruebas dirigidas al dominio cognitivo (dígitos, semántico, fonológico y orientación espacial).

Como las sustancias neurotóxicas no solo afectan las funciones del dominio cognitivo, motor y cognitivo-motor, incluimos en el estudio pruebas para valorar el dominio afectivo-emotivo. Los resultados también se presentan de manera resumida para los dos grupos de niños (tabla 10).

Tabla 10. Rendimiento de los niños en las pruebas neuroconductuales (dominio afectivo-emotivo), por regiones

PRUEBAS	CUENCA PUYANGO				QUITO			
	n	SI	%*	NO	n	SI	%*	NO
Inestabilidad emocional	93	15	16.1	78	22	9	40.9	13
Impulsividad	93	61	65.5	32	22	14	63.6	8
Baja tolerancia	93	5	5.3	88	22	0	0.0	22
Agresividad	93	21	22.5	72	22	7	31.8	15
Ansiedad	93	10	10.7	83	22	0	0.0	22
Timidez	93	7	7.5	86	22	2	9.0	20

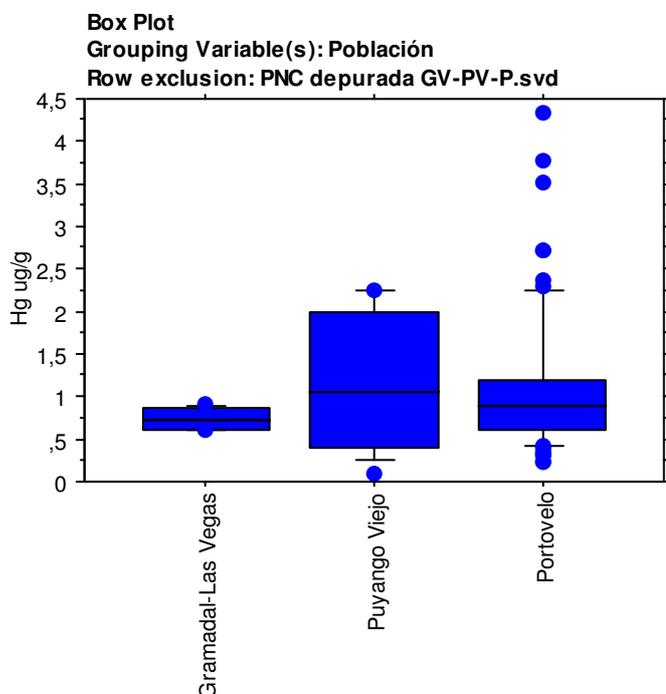
* Es el porcentaje de las respuestas positivas con relación al número de niños (n).

A excepción de las variables *baja tolerancia*, *ansiedad* y *agresividad*, las diferencias entre los dos grupos de niños no son notorias, esto habla de la influencia de otros factores en la presencia o ausencia de estos problemas, por ejemplo en el caso de la agresividad se ve que el porcentaje es mayor en los niños de Quito que viven en una ciudad grande (capital de un país), mientras que los niños de la cuenca baja del Puyango no disponen ni de energía eléctrica para ver televisión.

METALES EN EL ORGANISMO DE LOS NIÑOS Y MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE NEUROTOXICIDAD

Los valores de los metales en el cabello corresponden a mercurio total, plomo total, manganeso total y arsénico total. En ningún caso se realizó especiación de sus componentes debido a las relativamente bajas concentraciones de los mismos y a los reportes de los hallazgos en los estudios ambientales. Por ejemplo, no fue necesario determinar el porcentaje de metilmercurio en el cabello por la casi ausencia de este elemento en la cuenca del Puyango. En el gráfico 35 se resalta la presencia de varios niños de la cuenca alta (zona minera) con niveles más altos de *mercurio* que los niños de las otras comunidades. En esta zona se usa el mercurio como amalgamador del oro.

Gráfico 35. Hg en cabello de los niños, por comunidad



En 93 niños a los que se tomó la muestra existe una media de 1.07 ug Hg/g, con una desviación estándar de 0.7 y el valor máximo en uno de los niños de la cuenca alta llega a 4.3 ug Hg/g, superando los valores considerados no peligrosos para la salud (1-2 ug Hg/g) (OMS 1991). Estos valores de referencia hay que tomarlos con cautela porque son para personas adultas, los niños son más sensibles a los neurotóxicos (Dietrich 2005).

Al aplicar el *modelo de regresión múltiple lineal (paso por paso)* se observa en la tabla 11 estrecha relación (nivel de confianza del 99%) entre el trabajo del niño en minería y los niveles de mercurio en el cabello, con un coeficiente (β) de 0.70 y un error estándar de 0.28.

Tabla 11. Resultados del análisis de regresión múltiple para los eventos de exposición y metales en el cabello

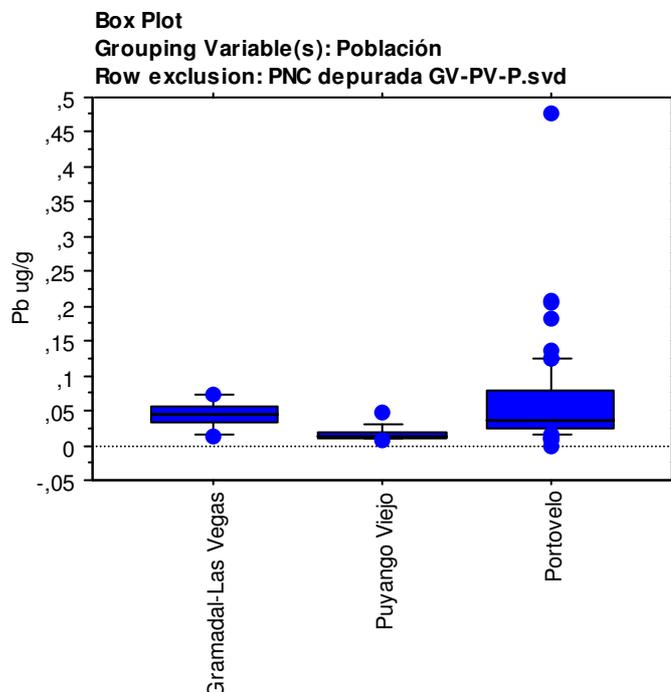
	Mercurio		Plomo	
	Coef.	Error Std.	Coef.	Error Std.
Constante	0.85 ***	0.16	0.02 *	0.01
Comen Peces del Río	0.05	0.18	0.02	0.02
Trabaja en Minería	0.78 ***	0.28	0.04 *	0.02
Vive cerca de Planta de Beneficio	0.18	0.19	0.04 **	0.02
Alguno de los padres trabajan en Minería	0.10	0.2191	0.01	0.02
Alguno de los padres trabajó en Minería mientras lo concebían	0.28	0.1954	-0.00	0.02
Comía tierra cuando era pequeño	-0.01	0.0077	0.00	0.00

*** 99% de confianza, ** 95% de confianza y * 90% de confianza.

En la misma tabla se observa que los niños que trabajan en minería y los que viven cerca de las plantas tienen relación con los niveles más elevados de **plomo**, aunque con coeficientes relativamente bajos.

Por otro lado, en el gráfico 36 se condensan otros aspectos importantes que reflejan las diferentes formas de exposición de los niños, dependiendo del ecosistema en el que ellos se encuentren, de las condiciones de vida y de las condiciones de trabajo.

Gráfico 36 Pb en cabello de los niños, por comunidad



Las concentraciones de **plomo** en el cabello de los niños (n= 87) tiene una media más alta en la cuenca baja. Hay que recordar que en las familias de Gramadal-Las Vegas, casi todas (93 %) usan ollas que contienen plomo, además el contenido de plomo en los peces supera los valores recomendados como seguros (0.1 ug pb/g, WHO 1995).

La presencia de uno y otro metal en el organismo de los niños comienza a dar problemas de salud, especialmente en el sistema nervioso. El peso que tiene el *mercurio* en las manifestaciones tempranas de neurotoxicidad se ve en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados del análisis de regresión múltiple para mercurio en el cabello y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad

	Tamborileo		DSM Hiperactividad Profesor	
	Coef.	Error Std.	Coef.	Error Std.
Constante	34.7932 ***	1.0523	-0.0427	0.0526
Presencia de Mercurio	-1.6372 **	0.7991	0.1321 ***	0.0426

*** 99% de confianza, ** 95% de confianza y * 90% de confianza.

Esto quiere decir que la presencia de mercurio en el cabello de los niños afecta a la velocidad y coordinación motora, evaluada con la prueba de tamborileo en el dedo índice (a mayor cantidad de mercurio, menor velocidad y coordinación). Además, se detecta que la presencia de este metal está ocasionando problemas conductuales; en esta caso, de hiperactividad, evaluada con un instrumento (DSM IV) y aplicado al maestro de los niños.

Con el plomo sucede algo similar, varias funciones se ven afectadas, en correspondencia con los niveles de este metal en el cabello.

Tabla 13. Resultados del análisis de regresión múltiple para plomo en el cabello y manifestaciones tempranas de neurotoxicidad

	Bender IPM		Ansiedad	
	Coef.	Error Std.	Coef.	Error Std.
Constante	6.8913 ***	0.4156	0.0551 **	0.044
Presencia de Plomo	7.9565 *	5.0746	1.13	0.537

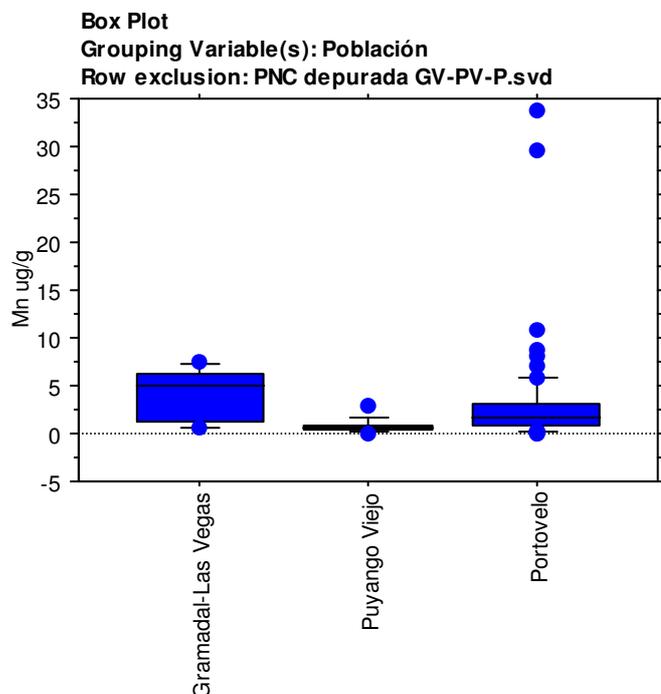
*** 99% de confianza, ** 95% de confianza y * 90% de confianza.

Los niveles de plomo en el cabello de los niños se encuentran relacionados con alteraciones de la función perceptivo-motriz, detectada al aplicar el instrumento Bender IPM, recordando que a mayor puntaje (en una escala de 1 a 30), existe mayor inmadurez perceptivo-motriz. Además se encuentra también alteraciones emocionales, en este caso con la presencia de ansiedad.

Los niveles de *manganeso* en los niños (n=87) es preocupante, igual que lo observado con el plomo, la mayoría de los niños de la cuenca baja son los que tienen niveles más altos (ver media en el gráfico 37 correspondiente a los niños de Gramadal-Las Vegas). Es precisamente en este sector donde se encuentran niveles altos de manganeso en el río, especialmente en el material particulado (1049 – 1878 ug/g). Este fenómeno se expresa en los niveles altos de manganeso en el 65% de los niños de la cuenca baja, con valores que van de 2.9 a 7.4 ug Mn/g (valor de referencia, 1.6 a 3.7 ug/g, Sera et al 2002). El fenómeno se repite con algunos niños de la cuenca alta. La exposición laboral

(por la minería) y por la cercanía a las plantas de beneficio ocasionan elevaciones importantes de estos metales en los niños expuestos, en uno de ellos llega hasta 34 ug Mn/g, sabiendo que en las personas no expuestas fluctúa entre 0.5 y 2.5 ug Mn/g (Stauber y Florence 1989).

Gráfico 37. Mn en cabello de los niños, por comunidad



Si se analiza los impactos de la presencia de este metal en las manifestaciones tempranas de neurotoxicidad, el fenómeno es similar a lo que sucede con el plomo, por causa del manganeso existe en los niños signos de inmadurez perceptivo-motriz (Bender IPM) ($\beta=0.15$, error estándar 0.08, con un nivel de confianza de 90%).

El cabello es un buen sustrato para estudiar el **arsénico** en los seres humanos y en este estudio se encuentra niveles muy bajo en el organismo de los niños examinados, la media es de 0.003 ug As/g y el valor máximo llega a 0.1 ug/g, recordando que el límite considerado sin peligro para el ser humano es de 1 ug As/g (ASTDR 2005b). De igual manera, no se encontró ninguna relación con las pruebas neuroconductuales.

EVENTOS DE EXPOSICIÓN DE LOS NIÑOS Y MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE NEUROTOXICIDAD

En las investigaciones es frecuente tomar a los *indicadores biológicos* como sinónimos de *exposición* a sustancias tóxicas. No es el espacio para hacer una profunda discusión al respecto, solo se afirmará que en este estudio se ha hecho una clara diferenciación entre uno y otro aspecto, definiendo la idea que existen diversas formas de exposición a los tóxicos, relacionados con las condiciones de vida y de trabajo que no se reflejan

mecánicamente en los indicadores biológicos y que más bien pueden expresarse con manifestaciones tempranas de compromiso a la salud. Por ello, utilizando la herramienta estadística de la **regresión múltiple lineal paso a paso**, se encontró las relaciones que existen entre los eventos de exposición, obtenidos al aplicar distintos instrumentos (historia clínica y socio-económica, encuesta de exposición y encuesta de uso de ollas), y la presencia de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad. Los resultados más importantes se condensan en la tabla 14. Se seleccionó a las variables que tienen mayor probabilidad de incidir en los trastornos a la salud. Se excluyeron del análisis las co-variables como edad, sexo, instrucción, tipo de escuela, escolaridad de los padres y características del parto).

Tabla 14. Manifestaciones tempranas de neurotoxicidad por eventos de exposición, cuenca del Puyango

	Comen Peces del Río	Trabaja en Minería	Vive cerca de Planta de Beneficio	Alguno de los padres trabaja en Minería	Alguno de los padres trabajó en Minería mientras concepción	Comía tierra cuando era pequeño
Santa Ana	-5.22 **	-2.61	-2.61	-3.02	-2.16	-0.09
Timidez	-0.02	0.21 **	0.12 *	-0.03	0.08	0
Desorientación	0.07	-0.03	-0.11	0.29 **	0.14	-0.01
Inestabilidad	0.02	-0.22 *	0.25 ***	0.13	-0.07	0.01 ***
Impulsividad	0.04	0.09	-0.22 ***	-0.27 ***	-0.08	-0.01
Semántica	0.42	1.13	-0.29	-2.51 ***	1.72 *	0.03

***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.1.

El rendimiento en la prueba de *Santa Ana* se ve afectada por la ingesta de peces del río, a mayor consumo de éstos existe un menor número de aciertos en la prueba (coeficiente de - 5.22, error estándar de 2.53 y un nivel de confianza del 95%). Como se vio en el componente ambiental, un amplio número de peces de la cuenca tienen metales pesados con valores superiores a los recomendados para evitar problemas de salud. En los niños se encuentra compromiso del dominio afectivo-emotivo como la *timidez* que se relaciona con el trabajo de los niños en minería y con la vivienda cerca de las plantas de beneficio y la *desorientación* con el trabajo de los padres en minería; la *inestabilidad emocional* se relaciona con residencia de los niños cerca a una planta de beneficio. Se encontró dos resultados dignos de ser resaltados, uno que hace referencia al compromiso de la *estabilidad motora (prueba de estabilidad en 9 agujeros)* por el trabajo de los padres en minería mientras concebían al niño (coeficiente de 4.54, error estándar de 2.67 y el 90% de nivel de confianza); otro, del dominio cognitivo, las habilidades verbales (semántico) que se ve afectado por el trabajo de los padres en minería, con un nivel de confianza del 95%.

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS (CO-VARIABLES) EN EL RENDIMIENTO DE LAS PRUEBAS NEUROCONDUCTUALES

Múltiples investigaciones han coincidido en señalar la influencia de las variables demográficas y de las condiciones socio-económicas en el rendimiento de las pruebas neuroconductuales (Dietrich, et al 2005, Mielke, et al 2004, Walkowiak et al 1998, Cole et al 1997, Rohlman et al 2001, Anger 2003). *“Los factores demograficos pueden tener gran influencia sobre los resultados de pruebas neuroconductuales. Estrato socio-económico y región de residencia son indicadores colectivos de un conjunto complejo de factores potenciales de confusión relacionados con estilos de vida, patrones culturales, así como conocimientos y capacidades de los individuos antes de la exposición (Van Wendel de Joode y Mergler et al 2000).*

Estas afirmaciones confirman la necesidad de un enfoque ecosistémico en el estudio de las relaciones entre ambiente y salud, al tiempo que se reconoce la influencia de las variables demográficas, pero también de las condiciones de vida y trabajo en las funciones y en las alteraciones a la salud de los seres humanos. En el presente estudio se ve con claridad cómo varía el rendimiento en las pruebas neuroconductuales de acuerdo a la edad, escolaridad, tipo de escuela, escolaridad de la madre, control del embarazo, aspectos que tienen estrecha relación con las condiciones socio-económicas de las familias de los niños estudiados.

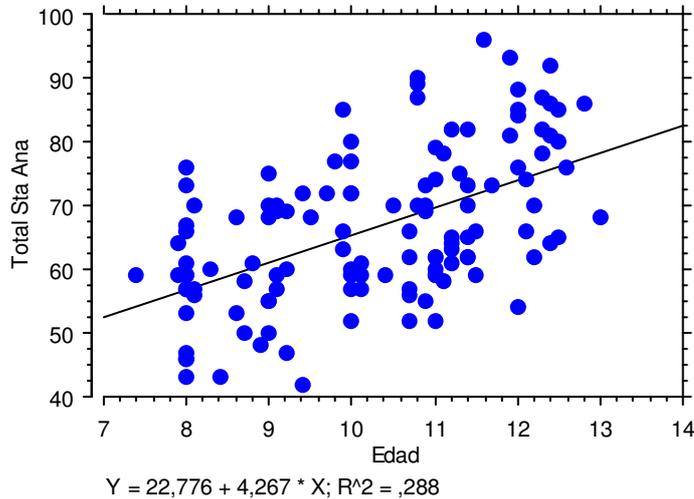
Sería equivocado pensar que la exposición ambiental a neurotóxicos son los únicos aspectos que influyen en el desarrollo intelectual y psicomotriz de los niños, a más de las variables demográficas como edad y sexo, no se puede soslayar la importancia del tipo de educación que reciben (escuelas públicas o privadas, uni o pluridocente), considerando que éste tiene una clara expresión de las condiciones socio-económicas de las comunidades y de las familias.

A continuación se incluyen los resultados de algunas pruebas y la influencia de los aspectos demográficos y socio-económicos:

BPNC y variables demográficas

1. Santana y edad

Gráfico 38. Rendimiento en la prueba de Santa Ana por edad

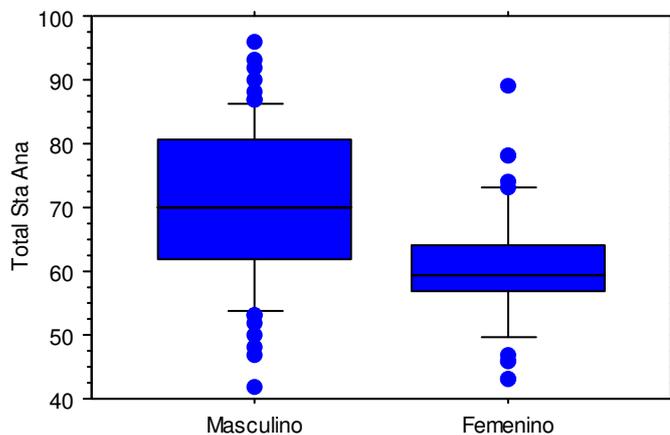


	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
Intercept	22,776	6,269	22,776	3,633	,0004
Edad	4,267	,605	,537	7,057	<,0001

Como se puede ver en el gráfico 38 el rendimiento en la prueba de Santa Ana es mejor cuando el niño tiene mayor edad con alta significación estadística (p<0.001). Esto confirma la complejidad en la definición de una batería de pruebas neuroconductuales para el estudio de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad.

2. Santa Ana y sexo

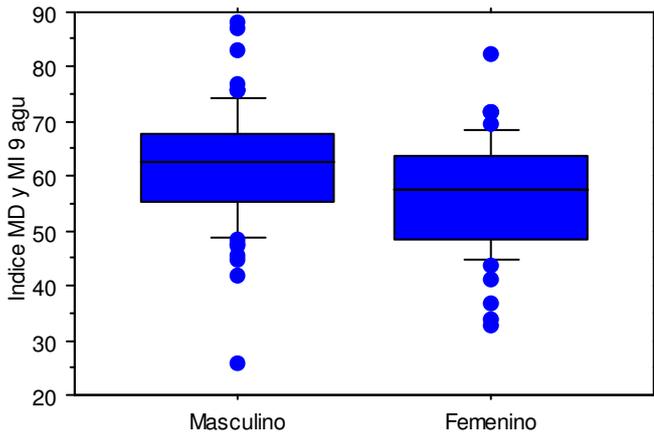
Gráfico 39. Rendimiento en la prueba de Santa Ana por sexo



Los niños de sexo masculino tienen un mejor rendimiento en esta prueba, con diferencia en la media y en los valores máximos de 10 puntos, otro resultado que se debe tomar en cuenta en las particularidades de estas pruebas

3. Estabilidad 9 agujeros y sexo

Gráfico 40. Rendimiento en la prueba de estabilidad 9 agujeros por sexo

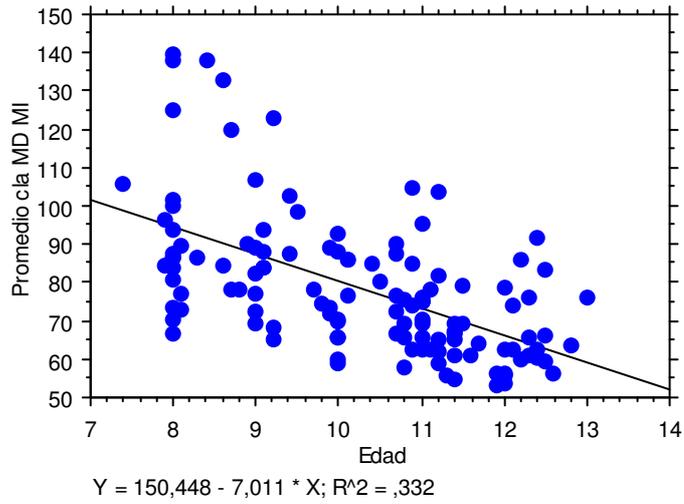


Contrariamente a la prueba anterior, en la estabilidad en 9 agujeros existen sensibles diferencias entre los dos sexos, cabe recordar que en este caso, el menor puntaje significa mejor estabilidad de la mano, es decir, menos temblor, las niñas mostraron un pulso más firme

4. Tableros-clavijas por edad

La edad influye de manera importante en el rendimiento de la prueba de tablero y clavijas como se ve en el gráfico 41 ($p < 0.001$). Lo mismo sucede con la escolaridad pero, es necesario aclarar que estas diferencias están dadas fundamentalmente por la edad de los niños. Se debe recordar que en este caso existe una correlación negativa (ver coeficiente de determinación con signo negativo) debido que en esta prueba se valora el tiempo que demora en realizarla, a menor tiempo, mejor rendimiento, por lo tanto se ve que a mayor edad el niño ocupa menos tiempo en la prueba (mejor rendimiento).

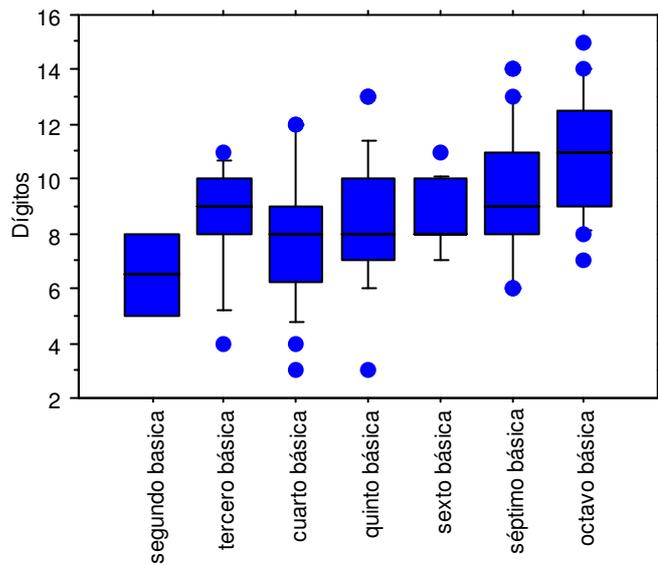
Gráfico 41. Rendimiento en la prueba de tablero y clavijas por edad



	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
Intercept	150,448	9,298	150,448	16,181	<,0001
Edad	-7,011	,897	-,576	-7,818	<,0001

5. Dígitos y escolaridad

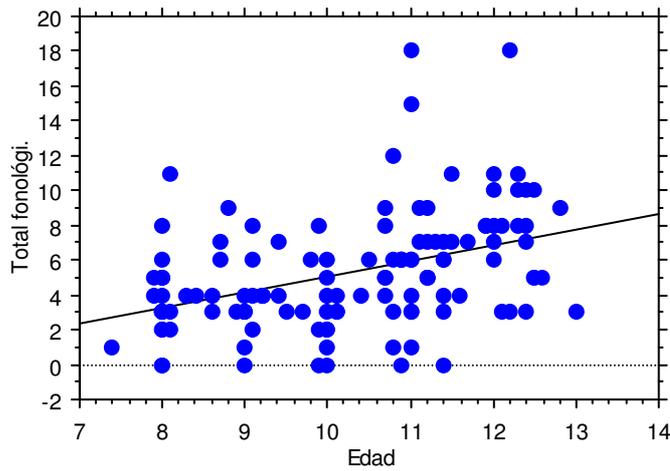
Gráfico 42. Rendimiento en la prueba de dígitos por grado de escolaridad



En esta prueba cognitiva de memoria auditiva inmediata, prácticamente existe un perfil ascendente de puntaje positivo conforme los niños tienen un mayor nivel de escolaridad, resultado que se debe tener en cuenta aunque no exista un valor de p significativo.

6. Habilidades verbales (lo fonológico) por edad

Gráfico 43. Rendimiento en la prueba de habilidades verbales (lo fonológico) por edad



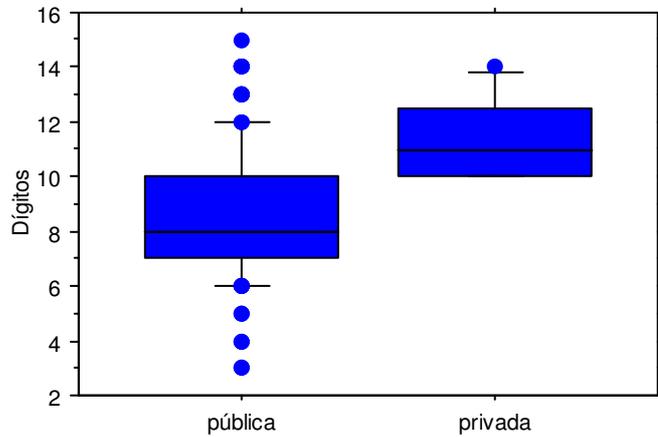
$Y = -3,959 + ,898 * X; R^2 = ,163$

	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
Intercept	-3,959	1,901	-3,959	-2,082	,0394
Edad	,898	,183	,404	4,898	<,0001

En estas otra prueba del dominio cognitivo se ve también una significativa influencia de la edad, igualmente con una correlación positiva.

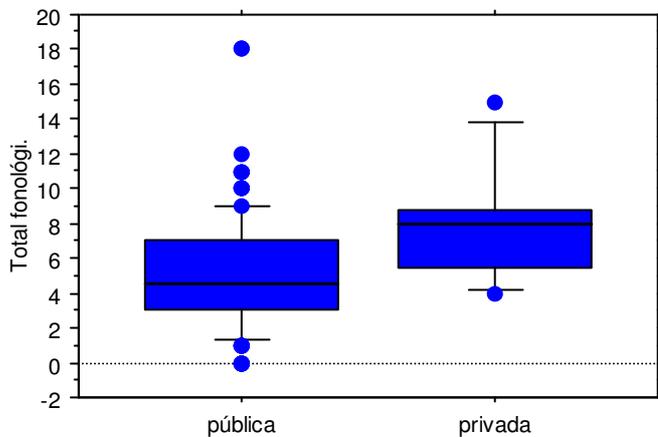
BPNC y variables socio-económicas

Gráfico 44. Rendimiento en la prueba de dígitos por tipo de escuela



Varias pruebas, especialmente del dominio cognitivo se ven notablemente influenciadas por las condiciones de educación. No se necesita tener datos empíricos cuantitativos para saber que en nuestros países de los últimos años, con recortes presupuestarios para las áreas sociales, se ha experimentado un deterioro de los servicios públicos como educación y salud. Por otro lado, las familias con algún ingreso económico que supere la media pueden educar a sus hijos en escuelas privadas y pagar las respectivas pensiones. En los gráficos 44 y 45 se puede ver el rendimiento diferente en pruebas del dominio cognitivo, con un claro rendimiento bajo en los niños que pertenecen a las escuelas públicas.

Gráfico 45. Rendimiento en la prueba de habilidades verbales (lo fonológico) por tipo de escuela



No existen diferencias en estas pruebas si la escuela es uni o pluridocente, en el país no existen escuelas privadas unidocentes, solo las públicas y en regiones desprotegidas de todos los servicios básicos como en Gramadal-Las Vegas sucede este fenómeno. En

otras palabras, en las escuelas públicas, con profesores mal remunerados, con infraestructura precaria, saturados de alumnos en las aulas, las condiciones para el desarrollo de las condiciones cognitivas son poco favorables. Tampoco es la intención hacer una apología de lo privado, todo lo contrario, es una alerta para que los Estados democráticos de América Latina transformen a lo público en un espacio digno para los seres humanos.

Este estudio, a más de servir para determinar los problemas de la contaminación ambiental y los impactos en la salud, también ha servido para enriquecer una discusión no terminada, el de las pruebas óptimas para la determinación de manifestaciones tempranas de neurotoxicidad en **los niños**.

COMPONENTES SOCIO-POLÍTICOS Y DE GÉNERO

En esta sección se indica los principales resultados del estudio sobre actores sociales claves que tienen que ver en la toma de decisiones para la gestión ambiental y de salud, dirigida a enfrentar la contaminación ocasionada por la minería. Esta parte del estudio estuvo ligada estrechamente al componente de intervención que tuvo la Segunda Fase.

MAPEO POLÍTICO SOBRE LA POSICIÓN DE LOS ACTORES SOCIALES EN LA GESTIÓN AMBIENTAL EN ZARUMA Y PORTOVELO

Metodología

Por la experiencia y las relaciones establecidas por los investigadores en la zona, se seleccionaron actores claves de los cantones de Zaruma y Portovelo, aplicando los principios del *enfoque ecosistémico*, esto es, la vinculación de las investigaciones con los tomadores de decisiones (policy makers). Se utilizaron técnicas cualitativas como análisis documental y entrevistas semiestructuradas. Las unidades de estudio fueron instituciones y personas. Se utilizó el método Análisis de Políticas, a través de la técnica de Mapeo Político. En el mapeo de actores clave, se aplicó una visión diacrónica o fotográfica de los mismos y una visión sincrónica (funcional) de sus relaciones y dinámicas, analizando fundamentalmente el posicionamiento frente al tema y el *poder* de cada actor. El análisis de la información se realizó tomando como base el tipo de evidencias y variables de estudio:

1. Categorización de significados de entrevistas.
2. Análisis de políticas y mapeo político de actores (poderes, posición e intereses).
3. Triangulación de fuentes de información y de observadores.

Se utilizó como ayuda para el análisis el programa Policy Maker, versión 2.2 de Polimap (Reich y Cooper 1998).

En el primer mapeo (2003) se entrevistó a 40 personas y en la actualización a 12 de distintos sectores tanto de Zaruma como de Portovelo (2006):

1. Gobierno municipal (Alcaldes, concejales, representantes de las Unidades de Gestión Ambiental);
2. Representantes de la sociedad civil (catedráticos, comunicadores sociales, Iglesia);
3. Representantes del sector minero (Asociación de Propietarios de Plantas de Beneficio de El Oro – APROPLASMIN, Fundación Fungeomine, dueños de plantas de beneficio, dueños de minas)

En la actualización (segundo mapeo) se entrevistaron a 12 personas, estratificándolas por sector y cargo, se evitó sesgo de género y, que la muestra es menor a la del primer mapeo, no es menos representativa porque incluye a los actores más importantes de los sectores estratégicos en la toma de decisiones políticas.

RESULTADOS

Primer mapeo político (2003)

La posición de la mayor parte de los entrevistados fue de **apoyo** a las siguientes políticas:

- Legalización de las plantas de beneficio a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y de la aplicación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA);
- Que los municipios asuman competencias de gestión ambiental, siempre y cuando se encuentre dentro de lo que establece la ley. El temor que tienen algunos actores, principalmente los mineros, es que el municipio local asuma –o interprete– potestades por encima de lo establecido en las transferencias de competencias ambientales, y se creen varios niveles de rendición de cuentas y de control;
- Generación de consensos entre municipios, mineros, unidades de gestión ambiental municipal (UGAM's) y la Unidad Ambiental Minera del Ministerio de Energía y Minas;
- Que se capacite al personal de las UGAM's en gestión ambiental;
- Que se capacite a los mineros en aplicación y monitoreo del PMA.

La mayor parte de los entrevistados expresaron su **oposición** a las siguientes políticas:

- Que los mineros monitoreen (autocontrol) el PMA, en las condiciones actuales. Esto se debe a que los actores claves reconocen que los mineros no tienen capacidades técnicas ni recursos económicos para monitorear los PMA.
- Que las UGAM's realicen seguimientos, controles y auditorias de los PMA, en las condiciones actuales. Esto se debe básicamente a que los actores claves reconocen que el personal de las UGAM's no está capacitado para el efecto.

Segundo mapeo político (2006)

En los resultados de este segundo momento se incluye elementos que en el primer mapeo político no se contemplaron: posición de los actores sobre el proceso de transferencia de competencias y recursos para el control de la contaminación por minería; posición de los actores claves respecto a la implantación de un parque industrial o de una mega planta de beneficio para el procesamiento del material; y, posición de los actores claves respecto a declarar a Zaruma y Portovelo cantones libres de mercurio.

Igual que en el primer mapeo, existen posiciones de apoyo y de resistencia a las estrategias de gestión y que se resumen a continuación:

La mayor parte de los entrevistados expresaron su **apoyo** a las siguientes políticas:

- Que la municipalidad destine recursos económicos para el control de la contaminación ambiental. Sin embargo, los actores con menor apoyo al respecto son de Portovelo. Funcionarios municipales afirmaron que la institución “no tiene dinero para nada” y que, por el contrario, esperarían que organizaciones externas lo apoyen económicamente para cubrir el déficit municipal. Ese no es el caso del municipio de Zaruma en donde desde el inicio del Proyecto Puyango

(FUNSAD-IDRC) se ha asignado recursos para la UGAM, motivados por los resultados de los estudios que se difundían con distintos mecanismos.

- Que se inicie el proceso de transferencia de competencias ambientales para el control de la contaminación por minería. Asumir competencias de gestión ambiental supone tener las capacidades técnicas y administrativas adecuadas para su ejecución. Al parecer, este aspecto básico de la descentralización no es entendido por todos los actores entrevistados. Los más representativos por su poder justifican su posición sobre la base de una reflexión economicista: la transferencia de competencias viene acompañada de transferencia de recursos económicos. En ese sentido, el objetivo primario de la transferencia –que es el control de la actividad minera- se desvía hacia otros rubros municipales priorizados en la agenda de gestión. Sin embargo, algunos actores representativos de la localidad son críticos respecto una supuesta transferencia de competencias en el momento actual aunque, en principio, apoyen el concepto. La crítica de todos ellos coincide en que las municipalidades en cuestión no reúnen las condiciones suficientes para asumir competencias de esa dimensión. Entre las condiciones identificadas por los entrevistados se cuenta a la ausencia de un marco legal sólido, la falta de capacidad técnica de los personeros de las UGAM's, la ausencia de líneas de acción sólidas sobre el tema ambiental al interior del concejo municipal, entre otras.
- Que los Municipio tengan la potestad de conceder permisos de construcción para las plantas de beneficio, sin embargo algunos consideran que esto obliga a hacer un seguimiento sobre el funcionamiento y que en la actualidad las municipalidades no cuentan con las capacidades técnicas para ello, otros en cambio sostienen que los municipios no tienen los criterios técnicos suficientes para impedir la construcción de una planta o, al revés, conceden permisos a plantas que no tienen capacidad para realizar un manejo adecuado motivados por presiones políticas y relaciones personales. De cualquier forma, es evidente que todos los actores entrevistados ubican a la municipalidad como el principal ente de control de la actividad minera en la zona. Uno de los factores que inciden en esta posición es el carácter territorial de las decisiones políticas: *“nosotros debemos decidir lo que se construya o no dentro de nuestro territorio” (Alcalde Portovelo).*
- Que la municipalidad, a través de la UGAM, tenga la potestad para clausurar las plantas de beneficio que no cumplan con las condiciones establecidas para la construcción y funcionamiento y que las UGAM's realicen periódicamente un control de instalación y funcionamiento de las plantas de beneficio. La municipalidad de Zaruma se compromete a la prohibición de todo permiso de construcción de nuevas plantas y molinos que no cumplan con las exigencias respectivas, apoyada en leyes y ordenanzas que les sirven como respaldo de la gestión. Se percibe que el nivel de conciencia a este respecto ha crecido en la UGAM. Portovelo, en cambio, está sensiblemente retrasado en la estructuración de un marco legal respecto al tema ambiental. Si la municipalidad asume competencias directas de control daría lugar al surgimiento de tensiones entre los actores locales y los obligaría a encarar un nuevo sistema de relacionamiento social fuera de prácticas corporativistas y de compadrazgos. Esto sin duda no es fácil de cambiar en localidades pequeñas cuya cotidianidad gira en torno a construcción de relaciones de complicidad entre sus habitantes. Lo anterior es particularmente cierto al plantearse la posibilidad de que la municipalidad realice un control periódico de funcionamiento de las plantas de beneficio. En la

administración anterior se constató la presión de los empresarios mineros para que la UGAM de Portovelo asumiera competencias para aprobar y dar seguimiento a los Estudios de Impacto Ambiental y al Plan de Manejo Ambiental, restando control y poder al Ministerio de Energía y Minas y a la Regional de Machala.

- Que las UGAMs controlen las instalaciones y el funcionamiento de las plantas de beneficio;
- Que la comunidad presione a las autoridades, a través del Comité Cívico Cantonal (CCC), para el control de la contaminación ambiental;
- Que el CCC participe en la creación de políticas y tomas de decisiones ambientales y mineras.

La mayor parte de los entrevistados expresaron su **oposición** a las siguientes políticas:

- Que se construya un parque industrial para todas las plantas de beneficio. Esto supone la transformación de las prácticas actuales respecto a la forma de procesar el material minero de manera individual. Varios actores vinculados al sector minero sostienen que esto sería renunciar a las propiedades que han adquirido y que nadie les reconocería los gastos.
- Que se construya una planta de beneficio única para el procesamiento del material como la experiencia chilena. El sector minero se opone categóricamente y la razón es que ellos desconfían que pueda establecerse un reparto justo y legal de lo que a cada minero le corresponde. Todos son muy celosos con el material que extraen de la mina y no creen que en Portovelo y Zaruma pueda ser posible pasar a otra forma de recuperación del oro.
- Que otra actividad reemplace a la minería
- Que se declare a Zaruma y Portovelo Cantones libres de mercurio. Si bien la mayor parte de actores creen que es una necesidad urgente, los mineros consideran que a mediano plazo no todos estarán en condiciones de implementar nuevas tecnologías como el carbón activado.

Análisis de los resultados del primero y segundo mapeo

Tabla 15. Posición general de los actores claves registrada en el Primer mapeo:

High Support	Medium Support	Low Support	Non-mobilized	Low Opposition	Medium Opposition	High Opposition
Tituana			Boas	Espinoza	Ortega	Rubio
Orellana			M.Romero		Gina	BIRA
Lopez			Cardenas			
Carrion			Dr.TAC			
Blacio			Iglesia			
FUNSAD			MoraChan			
F.Astud.			Morales			
Alexandr			Miriam			
Astudill			Narcisa			
Carrasco			Armijos			
N.Orellana			Victor M			
Aguilar			Gonzales			
			Zuñiga			
			Roy			
			Waner			
			Mercy			
			Agreda			
			Rosa A.			
			ZV canal			
			Fenix			
			Samanta			
			R.Romero			
			Fore			

Alto poder:		Mediano poder:		Bajo poder:	
-------------	---	----------------	---	-------------	---

En la tabla 15 se ve la posición de los actores en el 2003 respecto a la implementación de políticas y mecanismos para el control de la contaminación ambiental por minería: a) Inmovilización de un número elevado de actores claves reconocidos y de alto poder. Buena parte de estos actores pertenecen a la Iglesia, a los medios de comunicación y son personas desligadas de la actividad minera, son catedráticos, intelectuales, personalidades públicas con alto grado de legitimidad y que gozan de la aceptación mayoritaria de la comunidad; b) Número elevado de actores con poder que apoyan la aplicación de mecanismos para el control de la contaminación ambiental por minería,

son las principalmente las autoridades municipales (alcaldes y concejales) y directivos de las organizaciones mineras; c) número reducido de actores con poder y mediano poder que se oponen a los mecanismos previstos por el proyecto del proyecto. Básicamente aquellos que tienen intereses económicos o políticos, por ejemplo, el del dirigente minero (Rubio) y una empresa minera (Bira).

Los resultados de este primer estudio sirvieron para orientar algunas estrategias en el componente de intervención del Proyecto, resumidas en la tabla 16

Con la implementación de las estrategias priorizadas se consiguió el siguiente escenario en el 2006:

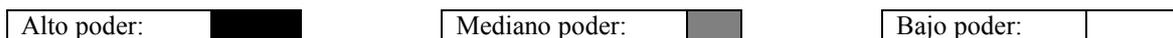
Tabla 16. Estrategias de gestión ambiental con los actores sociales de Potovelo y Zaruma 2003-2006

Estrategias propuestas	Estrategias implementadas
<p><i>Constituir un comité de Gestión ambiental y fortalecer la participación ciudadana como una instancia de mediación local entre la comunidad y la municipalidad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Creación del Comité de Gestión Ambiental, en coordinación con el Comité de Desarrollo Cantonal 	<p>Motivar la necesidad de la creación de un Comité de Gestión ambiental a través del Comité Cívico Cantonal aún en vías de organización.</p>
<p><i>Fortalecer las UGAM's</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación al personal de las UGAM's y a actores comprometidos de la sociedad civil, en temas como: Minería; Enfoque ecosistémico; Manejo de cuencas; Ecología humana; Elaboración y; entre otros. - Movilizar a actores claves susceptibles de colaborar en el control de la contaminación ambiental. - Fortalecer los Clubes Ecológicos. - Agilizar y seguir el proceso de transferencia de competencias ambientales hacia las UGAM's. - Desarrollar actividades "visibles" que evidencien el avance de la intervención. - Sensibilizar a alcaldes respecto a la necesidad de capacitar al personal de las UGAM's. - Desarrollar alianzas estratégicas con Universidades e instituciones comprometidas a fin de constituir una suerte de "frente social" por el control ambiental. - Ligar los objetivos y mecanismos del proyecto dentro del Plan Estratégico de Desarrollo Local emprendido por la AME 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación al personal de las UGAM's y a actores comprometidos de la sociedad civil, en temas como: Minería; Enfoque ecosistémico; gestión de proyectos. - Movilizar a actores claves susceptibles de colaborar en el control de la contaminación ambiental - Fortalecer los Clubes Ecológicos. - Seguir el proceso de transferencia de competencias ambientales - Desarrollar actividades "visibles" que evidencien el avance de la intervención. - Sensibilizar a alcaldes respecto a la necesidad de capacitar al personal de las UGAM's. - Desarrollar alianzas estratégicas con Universidades e instituciones comprometidas a fin de constituir una suerte de "frente social" por el control ambiental: Universidad de Loja
<p><i>Focalizar el tema minero</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de EIA's - Fortalecimiento de las capacidades locales para lograr un desarrollo económico, ambiental y humano sostenible. - Tomar distancia, no involucrarse en los conflictos mineros de la cuenca alta – aquellos de la elaboración / aprobación de EIA's y de las concesiones mineras- 	<ul style="list-style-type: none"> - Impulsar la elaboración de EIA's (en un primer momento) - Tomar distancia, no involucrarse en los conflictos mineros de la cuenca alta – aquellos de la elaboración / aprobación de EIA's y de las concesiones mineras-

<p><i>Intervenir en la cuenca baja</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Focalizar la intervención en el sentido de facilitar la gestión participativa comunitaria a fin de lograr incorporar sistemas de agua potable, en coordinación con las autoridades pertinentes. - Iniciar un proceso sostenido de fortalecimiento organizativo comunitario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Focalizar la intervención en el sentido de facilitar la gestión participativa comunitaria a fin de lograr incorporar sistemas de agua potable, en coordinación con las autoridades pertinentes. - Iniciar un proceso de fortalecimiento organizativo comunitario.
---	--

Tabla 17. Posición general de los actores claves registrada en el Segundo mapeo

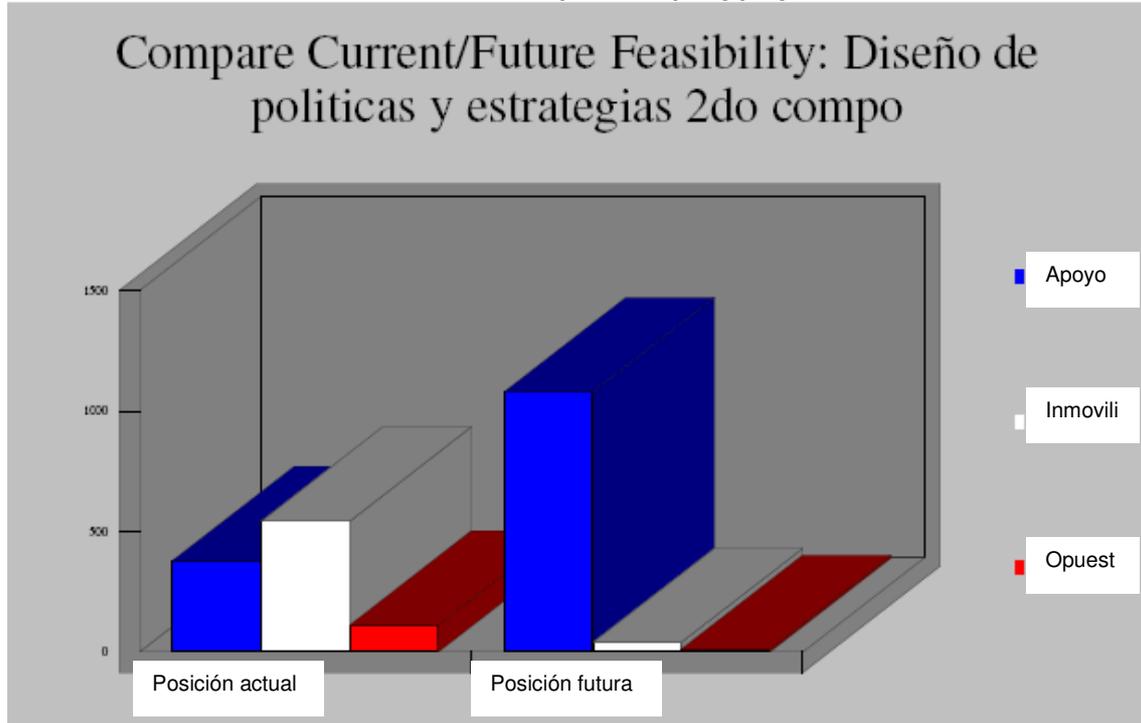
Alto apoyo	Mediano apoyo	Bajo apoyo	No movilizados	Baja oposición	Mediana oposición	Alta oposición
MERCY MORENO	EFRAÍN LÓPEZ	ROSA PALMA				
EDGAR PILLAJO	LUIS RUBIO	PAULINA LÓPEZ				
RUTH BOAS	HUMBERTO AGUILAR	JUBITO BELDUMA				
ALCALDE ZARUMA	ALCALDE PORTOVELO					
ALEXANDRA JARAMILLO						



En la tabla 17 se ve claramente que con la implementación de las estrategias, se logró cambiar la posición de varios actores sociales: a) se movilizó a varios actores representativos con poder; b) Se sostiene e incrementa el número de actores con poder que apoyan la aplicación de mecanismos para el control de la contaminación ambiental por minería. Principalmente las autoridades municipales y demás cargos directivos de las diferentes organizaciones mineras; d) Se reduce el número de actores con poder que se oponen a los mecanismos de gestión ambiental en minería.

En el gráfico 46 se observa el resultado del primer mapeo y la proyección de la factibilidad futura con la implementación de las estrategias.

Gráfico 46. Posición de los actores sociales en el primer mapeo y proyección futura



En el gráfico 47 se ve la factibilidad de la ejecución de políticas y el cambio de posición de los actores sociales luego de haber implementado las estrategias reales, detectados con el segundo mapeo.

Gráfico 47. Posición de los actores sociales luego de las estrategias implementadas (segundo mapeo)

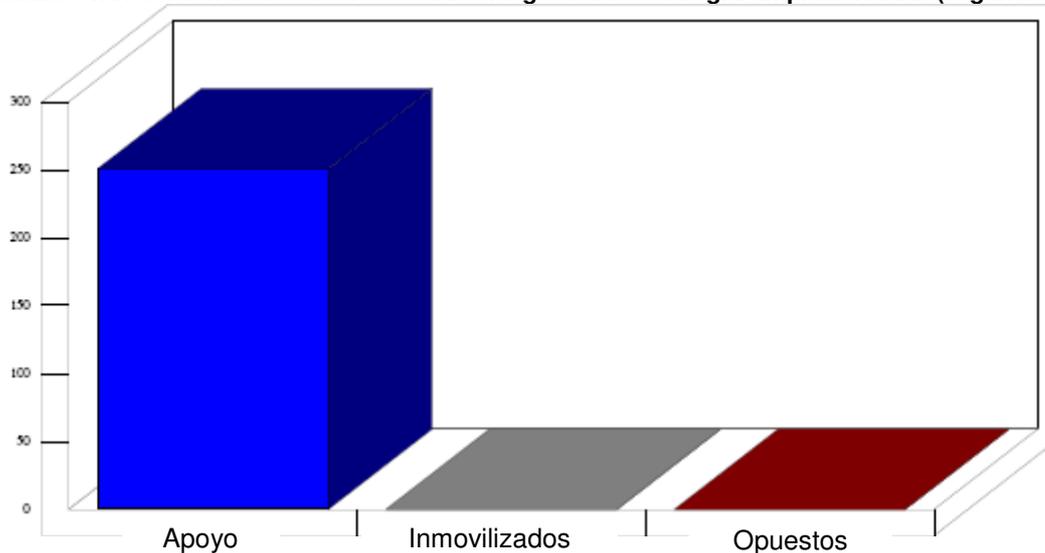
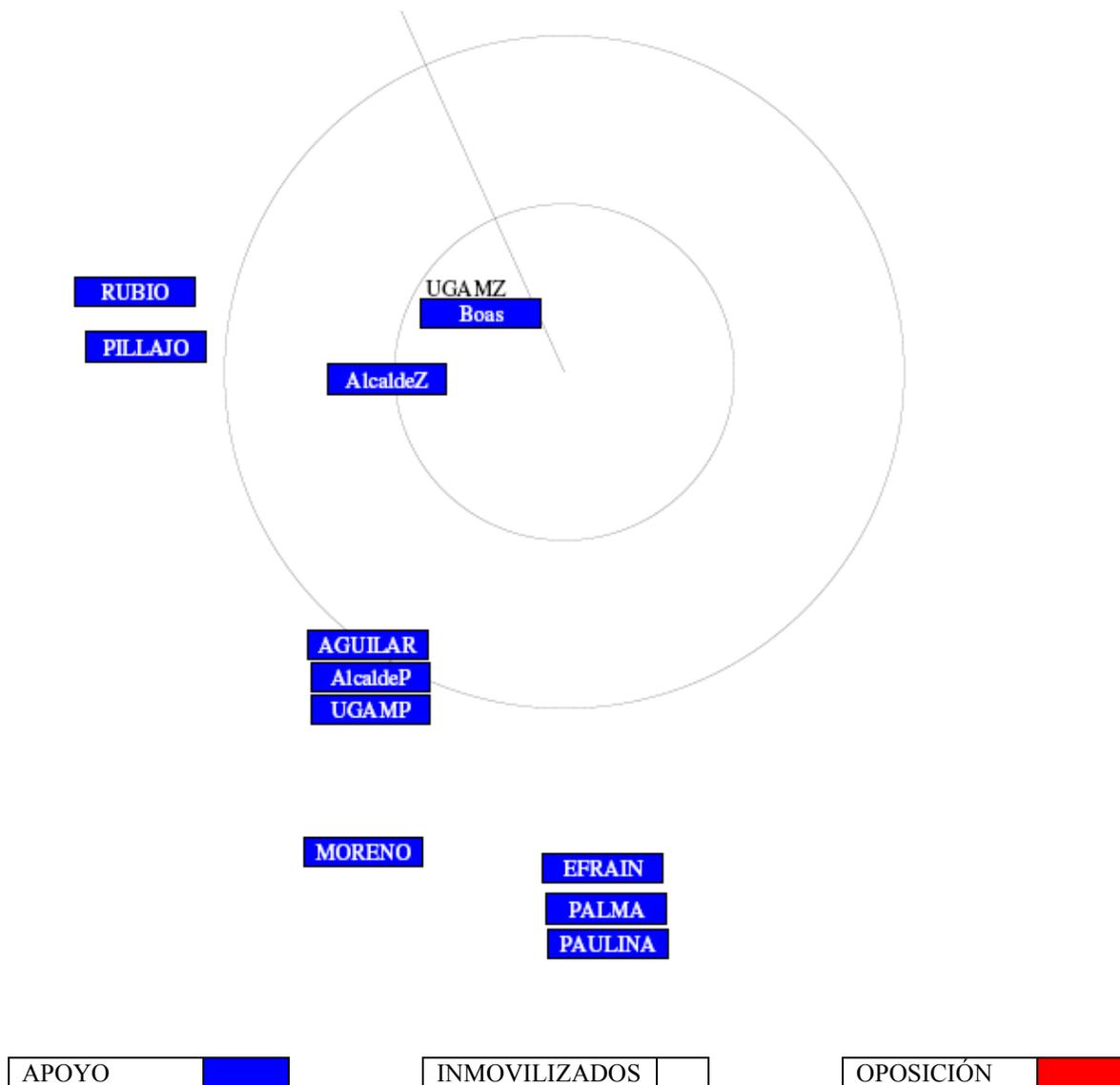


Gráfico 48. Mapa de coaliciones y alianzas actual (Segundo mapeo)



En los mapas de coaliciones y alianzas se puede observar la posición de los distintos actores. Al centro del gráfico se ubica la política, es decir la implementación de mecanismos para el control de la contaminación ambiental, y en torno a la política se ubican los actores a diferente distancia del centro. Mientras más cercanos se ubiquen del centro mayor es su grado de apoyo u oposición a la política (éstos, ausentes).

Se ve que varios de los actores opuestos en el primer mapeo ya no están presentes en el segundo, esto no significa que los actores han desaparecido sino que, al parecer, ya no representan un obstáculo para la implementación de la política. Nótese que algunos actores inicialmente opuestos (ejemplo, caso de Rubio, dirigente gremial de los mineros), ahora se ubica en el bloque de apoyo). Así mismo, varios actores claves inmovilizados en el primer mapa se han posicionado por un apoyo a la política (Boas, Moreno, etc.); algunos actores han desaparecido del contexto y otros han surgido, esto es normal al interior de la dinámica social.

ROLES DE GÉNERO EN LA PEQUEÑA MINERÍA DEL ORO EN PORTOVELO Y ZARUMA

Antecedentes

En las localidades mineras de Zaruma y Portovelo, muy poco se conoce respecto a los roles diferenciados de género y al valor que se les asigna localmente, en torno a la actividad minera. En un Sondeo Rápido de la Localidad (SRL) realizado en la primera fase del Proyecto, (FUNSAD 2001) se detectó algunos indicios de inequidades de género, traducidos en desvaloración, invisibilidad y falta de reconocimiento del trabajo de la mujer, “(...) *únicamente es reconocido, valorado y remunerado como trabajo el de los jóvenes hombres y sobre todo el de los hombres adultos. (...) la mujer ayuda, no trabaja. El hombre decide el uso y destino de los recursos obtenidos*” (FUNSAD 2001). El SRL sugiere, además, que los actores con mayor poder en la toma de decisiones en la actividad minera, son hombres.

Con estos antecedentes, en esta fase se propuso identificar los roles de mujeres y hombres en torno a la actividad minera; analizar las percepciones sobre el valor asignado localmente a los roles y explorar los factores que determinan esas percepciones.

Metodología

Este componente se realizó solo en la cuenca alta (única zona minera), considerando como unidades de observación el trabajo en las minas y en las plantas de beneficio de los municipios de Zaruma y Portovelo. Un trabajo indirecto a la actividad minera es el trabajo sexual, razón por la cual también se tomó como unidad de observación.

Igual que en el mapeo de actores, se utilizó varias técnicas cualitativas. Se aplicó la observación participante, historias de vida y entrevistas a profundidad con actores claves (dueños/as de plantas de beneficio, trabajadores y trabajadoras de las plantas de beneficio y de las minas, esposas y familiares de mineros y trabajadoras sexuales).

Se utilizó distintas técnicas de análisis de la información cualitativa de acuerdo al tipo de evidencias y variables de estudio.

Resultados

Con las ***Historias de vida*** se encontró que la mayor parte de familias mineras que trabajan como asalariados son inmigrantes, provienen de parroquias o provincias vecinas. Muchos de ellos llegaron a la zona minera de Portovelo y Zaruma atraídos por la actividad minera y abandonando sus lugares de origen donde desarrollaban actividades agropecuarias. Al llegar a la zona se establecieron como asalariados en las minas y en las plantas de beneficio.

Las familias de los mineros dueños o socios de acciones mineras, en cambio, son en su mayoría originarios de Zaruma y Portovelo. Proviene de una tradición minera, son herederos de conocimientos y prácticas mineras atávicas así como de bienes (minas,

plantas de y acciones mineras). Al interior de sus familias se evidencia un permanente proceso de transferencia de los conocimientos por parte de los mineros (hombres) hacia sus hijos e hijas y hacia sus esposas. Los primeros (sobre todo los hombres) heredarán algún día las propiedades de su padre, mientras que las hijas adquieren los conocimientos para “ayudar” a sus futuros esposos en las tareas de procesamiento del mineral.

Los comerciantes de oro son en su mayoría ex-mineros que por diversas razones dejaron la minería para dedicarse al comercio. Son también hijos de dueños de minas o de plantas de beneficio y provienen de la zona.

Las trabajadoras sexuales no son de la localidad, mantienen un ritmo itinerante, es decir llegan a la localidad con una periodicidad irregular y rotan entre distintas ciudades del país atraídas principalmente por los lugares en donde se desarrollan actividades industriales y donde existan masas de trabajadores asalariados. La dueña del lugar de comercio sexual es una persona que proviene de una familia minera y que siendo conocedora de la dinámica interna de los trabajadores mineros identificó en el comercio sexual un importante “nicho económico”.

Con *las Rutas de trabajo* se buscó hacer una lectura comparativa entre las actividades realizadas por hombres y mujeres durante las distintas horas del día. Se encontró que, de manera general, los ritmos horarios de la familia minera están configurados en función de las actividades realizadas por los hombres. Las mujeres se adaptan a los ritmos y a las prioridades masculinas. Las mujeres tienen que levantarse más temprano (05h00) para atender a sus maridos que inician su trabajo minero a las 07h00. Ellos almuerzan a las 12h00 por lo que las mujeres deben empezar a preparar el almuerzo a las 10h00, iniciar el camino hacia la mina o planta de beneficio a las 11h00, entregar la comida a las 12h00 y esperar a que ellos terminen para regresar a casa. Por la tarde, las mujeres empiezan a preparar la comida a las 16h00 porque los maridos a las 17h00 ya están de regreso a casa. A partir de esa hora la mayor parte de los hombres descansa mientras que las mujeres continúan con sus actividades domésticas. Los detalles se ven en la tabla 18. Durante los fines de semana la mayor parte de familias hace las compras en el mercado y no es extraño que los hombres, de todos los sectores y edades acudan al burdel, con el consentimiento de sus esposas. Al respecto es interesante ver que al interior de la sociedad minera se ha llegado a una suerte de normal aceptación social del uso del servicio sexual por parte de los mineros.

Tabla 18. Actividades relacionadas con la minería de hombres y mujeres en las horas del día

	HORAS	HOMBRES	MUJERES
Mañana	05h00		Levantán, preparan desayuno
	06h00	Levantán, desayunan	Atienden a marido e hijos
	07h00	Van a la mina o planta	Quehaceres domésticos
	08h00	Trabajan	Quehaceres domésticos
	09h00	Trabajan	Dejan colación a niños
	10h00	Trabajan	Preparan almuerzo
	11h00	Trabajan	Llevar almuerzo a maridos
Tarde	12h00	Almuerzan	Esperan que coma el marido
	13h00	Reingresan al trabajo	Regresan a casa, niños
	14h00	Trabajan	Quehaceres domésticos
	15h00	Trabajan	Atienden deberes niños
	16h00	Regresan a casa	Preparan la merienda
	17h00	Meriendan	Dan merienda a maridos
Noche	18h00	Descansan	Atienden niños
	19h00	Descansan	Quehaceres domésticos
	20h00	Ven televisión	Acuestan a los niños
	21h00	Duermen	Quehaceres
	22h00		Descansan
Fin semana		Mayoría trabaja Compras Familia	Compras Familia
Harem		"Solo por curiosidad" Mineros de todas edades y sector	Maridos van "aveces" Normalización

Fuente: Entrevistas a informantes clave

Al identificar los **Roles en minería**, las personas entrevistadas afirman que “no hay mujeres trabajando en la mina”. Atribuyen este hecho a que el trabajo minero es muy duro, requiere de fuerza, es peligroso y por tanto, una actividad de hombres. A lo anterior se suman algunas creencias populares -que posiblemente tiene su origen en la cultura agrícola- respecto a que las mujeres no deben entrar a las minas porque traen mala suerte y “ahuyentan el oro”. Las mujeres, como ya se ha dicho, se encargan de preparar y llevar la comida a sus maridos.

En las plantas de beneficio, en cambio, sí se reconoce la presencia de mujeres pero ninguna de ellas “trabajando”, sino solamente “ayudando” a sus maridos. En algunos casos la “ayuda” se produce a manera de reemplazo mientras los maridos comen; en otros casos, particularmente las esposas de los dueños o socios, participan activamente en el procesamiento del mineral.

En general, los hombres de la familia minera consideran que la mujer no debe estar en las minas ni en las plantas de beneficio porque son más sensibles a las sustancias químicas como el mercurio y el cianuro; pueden, por el contrario, -como es el caso de algunas de ellas- dedicarse a actividades de secretariado o de administración de las empresas mineras. Por su parte las mujeres, de manera general, perciben también que la minería es un trabajo de hombres porque es duro y ellos tienen la experiencia y la fuerza para hacerlo, y que la mujeres solo deben ayudar a sus maridos, con lo cual se establece una suerte de economía de regalo o trueque al interior del núcleo familiar. Las mujeres justifican su ayuda aduciendo una “consideración y respeto” hacia sus maridos. Sin embargo, algunas de las esposas de dueños o socios que participan activamente

sostienen que, en la práctica, la mujer extrae el doble de oro que los hombres y atribuyen esto a que ellas son más pacientes y meticulosas.

La sociedad minera en general, percibe que la actividad de las trabajadoras sexuales es un trabajo dirigido principalmente a los mineros de la zona. En torno al trabajo sexual se percibe una doble sensación social: la primera que juzga la actividad desde una perspectiva moral religiosa; y la segunda que valora y acepta la existencia del trabajo sexual en la zona bajo el supuesto de que es un importante servicio para los mineros.

En las familias mineras de Zaruma y Portovelo se percibe una fuerte invisibilización del trabajo de la mujer. Tal vez el único momento histórico en que la mujer reconoce haber trabajado en la minería fue en el “janqueo”. Sucedió varios años atrás (10 o 15) cuando los esposos dueños de minas autorizaron a que sus esposas (hermanas, cuñadas y amigas) tomaran los residuos de las plantas de beneficio para extraer alguna fracción de oro sobrante. Durante ese período las mujeres realizaban todo el proceso de extracción, asumiendo los roles tradicionalmente asignados a los hombres. A pesar de la burla y crítica de la comunidad, las mujeres “janqueras” extrajeron el oro y fueron por única vez dueñas de sus propios recursos económicos. Eso terminó cuando los hombres se dieron cuenta de que de los relaves se podían extraer importantes cantidades de oro y pusieron fin al trabajo de sus esposas.

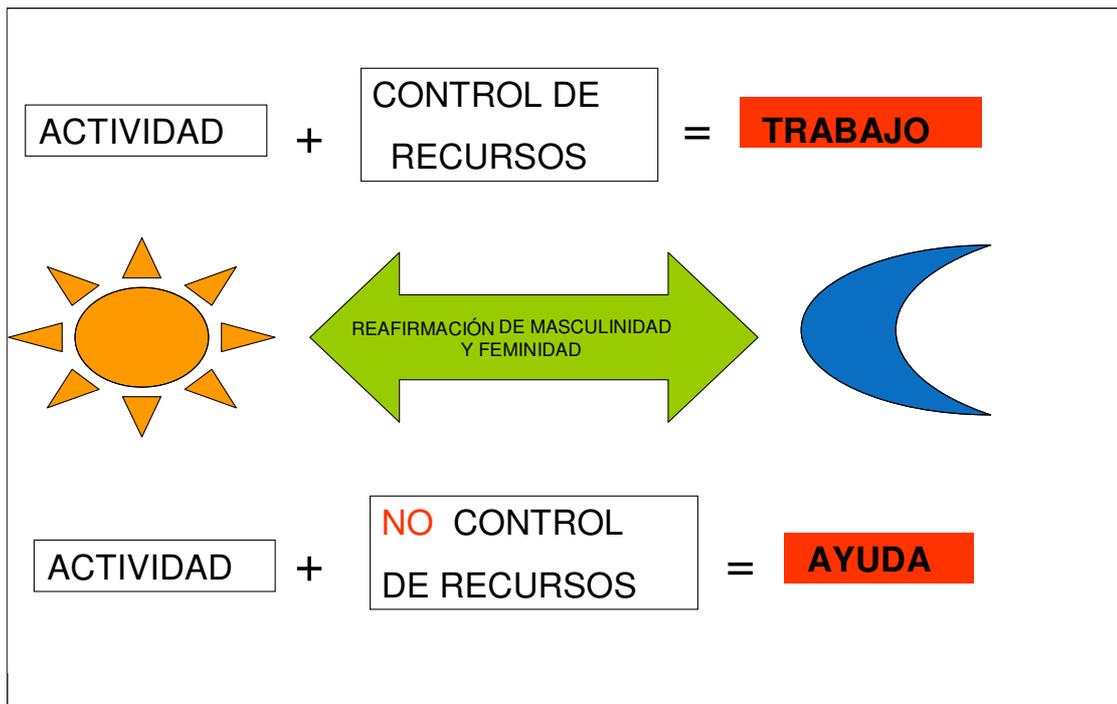
A más del janeo, las esposas de los dueños o socios, siempre participaron con sus esposos en el procesamiento del material que llevaban a sus casas. Como ellos llegaban cansados pedían a sus esposas que les ayudaran a amalgamar y a “quemar” el oro, actividades consideradas altamente peligrosas por su toxicidad. Las mujeres hacían el proceso dentro de casa y sin ningún tipo de protección. En la actualidad esas prácticas han disminuido. Pero lo que vale resaltar es que las esposas de los mineros peones no han participado directamente en el procesamiento por la sencilla razón de que sus maridos, por su condición de peones, no tienen el derecho de llevar material de la mina porque eso es propiedad del dueño.

Sobre la *Valoración de roles y ordenamiento jerárquico*, se encontró que la mujer (esposas de dueños o peones) se ubica en el último escalón de ingreso económico al no tener ningún ingreso directo de los réditos de la actividad minera, le siguen los mineros peones que gana de \$140 dólares a \$ 150 mensuales, luego las trabajadoras sexuales con \$200 a \$300 semanales, después, la dueña del lugar del servicio sexual con \$1400 mensuales; y, en primer lugar los dueños, socios y comerciantes de oro con ingresos que sobrepasan los \$1500 dólares.

Desde una óptica no económica se percibe que la valoración de los roles femeninos como una ayuda se generan al interior de relaciones de poder con características de “cooperación”, aspecto que no supone necesariamente que dichas relaciones sean equitativas. Por otro lado, se concluye que la familia minera se inscribe dentro de una forma tradicional de división sexual del trabajo en cuyo cauce de reafirma permanentemente la masculinidad y la femineidad construidas social y culturalmente, y que admite como *trabajo* a toda actividad sumada al control de los recursos y como *ayuda* a toda actividad sumada al no-control de recursos. De ahí que el trabajo sexual sea considerado como un trabajo y las actividades domésticas y la participación de la

mujer en el procesamiento del mineral, como una ayuda. En el gráfico 49 se puede ver la construcción de la valoración local sobre el trabajo y la ayuda.

Gráfico 49. Valoración del trabajo y de la ayuda, relación hombre/mujer



Para la familia minera lo que se indica en el gráfico representa la percepción que se tiene sobre los roles de género, el sol es el hombre y la luna es la mujer, o bien una metáfora local muy presente en la vida minera: el oro es hombre y la tierra es la mujer.

En el *Ordenamiento jerárquico* se pudo percibir que es el hombre el miembro del hogar que más trabaja; es él quien hace el trabajo más duro y por lo tanto, el que más gana. La tabla 19 deja ver los resultados de la valoración por cada uno de los sectores:

Tabla 19. Percepción de los roles de género y ordenamiento jerárquico en las fases de la actividad minera (1)

SITIO	Categoría	QUIEN TRABAJA MÁS DE SU CASA	QUIEN HACE EL TRABAJO MÁS DURO	QUIEN GANA MAS DINERO
EXTRACCION-PROCESAM	Minero peón	* El: 67% *Esposa: 33%	*El 100%	*El: 100%
	Esposa de minero peón	*Marido: 100%	*Marido: 100%	*Marido: 100%
	Minero dueño o socio	*El: 50% *Esposa. 50%	*El: 25% *Esposa: 75%	*El: 100%
	Esposa de minero dueño o socio	Marido: 100%	Marido: 100%	Marido: 100%
PROCESAM	Hombre de planta de beneficio	*El: 100%	*El: 33.3 % *Esposa: 33.3% *Por igual: 33.3%	*El: 67% *Por igual: 33%
	Mujer de planta de beneficio	*Marido: 100%	*Marido: 67% *Por igual: 33%	*Marido: 84% *Por igual. 16%
TRAB. SEX	Trabajador a sexual	*Ella: 100%	*Ella: 100%	*Ella: 100%
	Dueña de negocio sexual	*Ella: 100%	*Ella: 100%	*Ella: 100%
COMERCIA	Empleado de negocio	*El: 100%	*El: 100%	*El: 100%
	Dueños de negocios	*El: 100% *Dueña: 100%	*El: 100% *Dueña: 100%	*El: 100% *Dueña: 100%
		EL	EL	EL

A nivel general, las personas entrevistadas consideran que las trabajadoras sexuales (TS) realizan el trabajo más duro de todos los relacionados con la actividad minera. De forma porcentual se considera que son los hombres (H) quienes ganan más dinero y que ellos hacen mejor su trabajo. Está socialmente aceptado que sean los hombres quienes den las órdenes y decidan el destino de los recursos mineros. Por último, los /as entrevistados perciben que la sociedad respeta y valora a los hombres porque ellos tiene el poder mientras que la mujer (M) es “valorada como una gran joya... y nada más” (mujer minera). En la tabla 20 se ven los porcentajes de los resultados por cada uno de los sectores:

Tabla 20. Percepción de los roles de género y ordenamiento jerárquico en las fases de la actividad minera (2)

GENERALIDADES		JUEGO 2					
SITIO	Categoría	QUIEN HACE EL TRABAJO MAS DURO	QUIEN GANA MAS DINERO	QUIEN HACE MEJOR SU TRABAJO	MAYOR DERECHO A DESCANSAR	QUIEN DA LAS ORDENES	MAS VALORADO POR LA SOCIEDAD
EXTRACCION-PROCESAM.	Peón	TS: 33.3% M: 33.3%	H: 67% TS: 33%	H: 67% Todos: 33%	Todos: 100%	H: 100%	M: 67% Todos: 33%
	Esposa de minero peón	TS: 67% H: 33%	TS: 67% H: 33%	M: 33.3% H: 33.3% Todos: 33.3%	Todos: 100%	M: 33.3% H: 33.3% Todos: 33.3%	M: 67% H: 33%
	Minero dueño o socio	TS: 50% M: 25% H: 25%	TS: 50% H: 50%	H: 75% M: 25%	H: 50% Todos: 50%	H: 100%	M: 75% H: 25%
	Esposa de minero dueño o socio	TS: 100%	TS: 67% H: 33%	H: 67% Todos: 33%	M: 67% Todos: 33%	H: 100%	H: 67% M: 33%
PROCESAMIENTO	Hombre de planta de beneficio	TS: 33.3% H: 33.3% Todos: 33.3%	TS: 100%	H: 33.3% M: 33.3% Todos: 33.3%	H: 33.3% M: 33.3% Todos: 33.3%	H: 67% M: 33%	M: 67% TS: 33%
	Mujer de planta de beneficio	TS: 50% M: 33% Todos: 17%	H: 67% TS: 33%	M: 34% H: 34% TS: 16% Todos: 16%	M: 33.3% H: 33.3% Todos: 33.3%	H: 67% Todos: 33%	H: 50% M: 50%
TRAB. SEX	Trabajadoras y dueña negocio sexual	TS: 100%	H: 75% TS: 25%	H: 25% Todos: 75%	TS: 25% Todos: 75%	H: 100%	H: 100%
COMERC.	Empleado y dueños/a de negocio	H: 50% TS: 25% M: 25%	H: 100%	H: 50% M: 25% Todos: 25%	Todos: 50% H: 25% M: 25%	H: 100%	H: 75% M: 25%
		TS	H	H	TODOS	H	M y H

CONCLUSIONES (DISCUSIÓN)

1. La ejecución del Proyecto así como el análisis de los resultados ha permitido refrendar lo acertado de los planteamientos del enfoque ecosistémico para entender e intervenir de mejor manera en las investigaciones del ambiente y la salud humana.
2. Los resultados de la Primera Fase del Proyecto ofrecieron elementos interesantes para saber el papel que juega la actividad minera y la erosión en la contaminación del río Puyango (Funsad 2002). Sin embargo, quedaban algunos vacíos que era necesario ser cubiertos y esta Segunda Fase sí lo consiguió.
3. Como complemento a los hallazgos de la primera fase, relacionados con el origen del aporte de metales pesados (Betancourt, Narváez y Roulet 2005), se comprueba que el principal factor de la contaminación por metales pesados y metaloides (Hg, Mn, Pb y As) es la **actividad minera**. Los resultados de esta segunda fase niegan la hipótesis que surgió al concluir la primera, hipótesis respaldada también por los hallazgos de otros estudios en América (Roulet 2000a, Web et al 2004, Roulet et al 1999), esto es, que los tributarios aportan también con importantes cantidades de metales al eje central del río Puyango. El estudio minucioso de **las microcuencas** (tributarios) permitió descubrir que el aporte de metales desde estos afluentes **es insignificante** con relación a lo que aporta la descarga de relaves y efluentes provenientes de las plantas de beneficio, localizadas en la cuenca alta (Portovelo Zaruma). Se pensaba que los perfiles de metales en el material particulado (con ascenso hacia la cuenca baja) se debía al aporte de los tributarios, sin embargo con el estudio de éstos se observó que, efectivamente el perfil es similar a lo encontrado en la Primera Fase pero esto se debe más bien a la movilización de sedimentos y de relaves del eje central del río, ocasionada por el aumento de los caudales en la época de lluvia.
4. Las concentraciones de metales (Hg, Mn y Pb) y metaloides (As) encontrados en los distintos sustratos del río Puyango superan notablemente los valores de referencia, resultado de múltiples investigaciones y que han sido recogidas por organismos reconocidos internacionalmente en el campo de la ciencia y de las políticas públicas (ATSRD, CDC, EPA, OPS/OMS). Es de especial preocupación los niveles de **plomo y manganeso**.
5. Una de los resultados más relevantes de esta fase es la **casi ausencia de metilmercurio (MeHg)** en el eje central del río Puyango, fenómeno que **contrasta** con los resultados de múltiples estudios realizados en ríos y lagos de América (Roulet et al 2000b; Akagi et al 1994; Boischio et al 1995; Lebel et al 1998; Boischio, Henshel 2000; Dolbec et al 2000; Roulet, Lucotte 1995; Lebel et al 1997; Roulet et al 1999; Davée Guimaraes; Roulet, Lucotte, Mergler 2000). Es un fenómeno muy particular lo encontrado en la cuenca del Puyango y que reafirma la importancia de conocer los procesos y las interrelaciones que existen en los ecosistemas. Los factores antropogénicos interactúan

con los factores naturales, en un río de montaña, con aguas agitadas se añade el papel del ser humano en la incorporación de sustancias exógenas al medio (cianuro, metales, sulfatos, etc) a través de las descargas de las plantas de beneficio, factores que dificultan la transformación del mercurio inorgánico en orgánico, impidiendo de esta manera que el mercurio se incorpore a la cadena alimenticia. Al hablar de salud y prevención, resulta una realidad perversa, ha sido necesario una mayor contaminación (cuali-cuantitativa) para que los habitantes de la cuenca no tengan el impacto del mercurio en su organismo (ningún niño o adulto estudiado en la primera y segunda fase tienen metilmercurio en el cabello). Sin embargo, el haber incorporado otros metales en el estudio se puede decir que ***el plomo y el manganeso sí se encuentran en los peces y en el organismo*** de los niños, metales que provienen de la contaminación por minería. Ahora existen mejores elementos para explicar la ausencia de mercurio en el cabello de los habitantes de la cuenca, que en un momento se pensaba que era un error de los análisis de laboratorio.

6. En los peces no se encontraron niveles peligrosos de mercurio, arsénico y en alguna medida con el manganeso, lo que no sucede con el plomo que superan los valores considerados seguros para el consumo humano. Los peces que tienen niveles más altos de plomo son el sábalo (*Brycon atrocaudatus*), el culebrilla cola larga (*Sternopygus arenicola*) y el dorado (*Bryconamericus peruanus*) y, los que menos concentran, los peces vieja (*Aequidens rivulatus*) y el ciego (*Cetopcygton occidentales*).
7. Debido a la contaminación por minería y por otros procesos antropogénicos se encontró los siguientes impactos en los peces: Las 15 especies de peces registradas en el río Puyango, representa solo el 1.4 % de las 993 especies de peces conocidas en los cuerpos de agua continentales del Ecuador. En lo que respecta a la diversidad icticas del sur del país (75 especies) posee el 7,5 %. El Índice de Shannon indica que la diversidad de la ictiofauna estudiada es muy baja. La mayor Riqueza y Abundancia de Peces se presenta en los tributarios que no reciben los efluentes de la actividad minera.
8. Los niños de la cuenca baja (Gramadal-Las Vegas) son los que consumen peces con mayor frecuencia. Como se encontró que los peces tienen niveles altos de plomo y manganeso, existe riesgo para la salud que comienza a expresarse con alteraciones de algunas funciones del sistema nervioso (por ejemplo, de la motricidad y coordinación). A esta exposición se suma la presencia alta de manganeso en el material particulado, mismo que ingerían los niños y las familias al consumir el agua del río sin filtración. Desde hace dos años y por intervención de este proyecto ha sido posible que las familias dispongan de un filtro de agua doméstico, filtro en el cual queda retenido el material particulado y los metales. El consumo de agua filtrada no tiene riesgo porque son bajas las concentraciones de metales que se encontró en la fracción disuelta.
9. En la cuenca alta, el agua para consumo humano (“potable”) de las poblaciones de Zaruma y Portovelo no contienen metales ni metaloides, en cambio sí existe contaminación biológica, con la

presencia de bacterias coliformes en los sistemas de agua potable de las ciudades mencionadas. Este hallazgo con el Proyecto sirvió para alertar a las autoridades municipales que procedieron inmediatamente con el tratamiento respectivo (cloro). En la cuenca baja, el agua del río sirve para el consumo humano y tiene los metales que ya se han señalado y contaminación biológica.

10. El estudio de la geoquímica de los contaminantes muestra una coherencia del comportamiento de los metales en los suelos, sedimentos, material particulado y agua de la cuenca del Puyango. Suelos mineralizados, con niveles importantes de metales que, por la actividad minera son descargados al río y adheridos a los sedimentos y material particulado, en menor medida a la fracción disuelta en el agua. Todos ellos, fuentes de contaminación de los peces y de los seres humanos.
11. Se observa que los niños tienen diversas formas de exponerse a los contaminantes. Por un lado los niños mineros y los que viven cerca de las plantas de beneficio los hacen por vía dérmica e inhalatoria, especialmente lo segundo por los humos y vapores que resultan en los procesos de fundición de la mena polimetálica. En cambio, los niños de la cuenca baja, especialmente de la parte más distal (Gramadal-Las Vegas), su principal fuente de exposición es el agua del río y los peces. A esto se suma el consumo de alimentos cocidos en ollas con plomo.
12. Esta exposición se ve reflejada en los niveles de metales en el organismo, detectados a través del análisis del cabello, siendo notoria la elevación en los niños de la cuenca baja y en los niños de la zona minera, fundamentalmente del manganeso y del plomo (aunque éste no pase los valores de referencia: $3-5 \text{ ug.g}^{-1}$) (Sera et al 2002), en estrecha relación con lo encontrado en los estudios ambientales. Ninguno de los niños tiene niveles altos de arsénico, a igual que éste no se encuentra en los peces. Ya se dijo que, ante la ausencia de mercurio en los peces, la gran mayoría de los niños no tienen niveles altos de Hg, a excepción de 7 niños que tienen Hg por encima de los valores de referencia de $1-2 \text{ ug/g}$ (WHO 1991), todos de la zona minera, de los cuales, el 50% viven en las plantas de beneficio. En estos casos podría deberse a la exposición directa al mercurio metálico que se usa para amalgamar el mercurio. Son ocho niños los que tienen niveles de manganeso por encima de los valores considerados como seguros (3.7 ug.g^{-1}) (Sera et al 2002) pero hay que resaltar que de los 9 niños examinados de Gramadal-Las Vegas, 6 tienen valores elevados. Hay que recordar que en esa zona existe una mayor frecuencia del consumo de peces y toman el agua del río, ambos con niveles altos de manganeso.
13. A pesar que varios grupos de investigadores utilizan el cabello para el estudio de metales y metaloides (Morton, Carolan, Gardiner 2002; Pereira, Ribeiro, Gonçalves 2004; Rahman et al 2000; Hindmarsch 2002; Saad, Hassanien 2001; Sera, Futatsugawa, Muraio 2002), queda la duda de que los niveles encontrados en el análisis del cabello de los niños, especialmente del plomo, no reflejen lo que realmente sucede con este metal en el organismo de los niños, nuestra hipótesis es de que existe una importante subvaloración. Siendo la sangre un mejor

- sustrato para este análisis, no fue posible la toma de estas muestras, por no tener la aceptación de los padres de los niños examinados.
14. Ya se encuentra en los niños expresiones de impacto en la salud por la exposición a contaminantes provenientes de la minería. Varias funciones de los dominios cognitivo, motor, cognitivo-motor, afectivo-emotivos y conductuales se encuentran relacionados con la presencia de los metales pesados en el organismo y con los eventos de exposición. Este hallazgo es un importante alerta para implementar medida de prevención y evitar secuelas futuras de mayor gravedad.
 15. Coincidiendo con observaciones de varios grupos de investigación, se ve en este estudio que los resultados de algunas pruebas de la batería neuroconductual se encuentran influenciadas de manera importante por la edad, el sexo y los niveles de escolaridad. De igual manera, una variable sencilla como el tipo de escuela (pública o privada) puede ser la expresión concreta de las condiciones socio-económicas de los niños de la cuenca. Otras pruebas de la batería, especialmente del dominio cognitivo (prueba de dígitos y habilidades verbales) cambian de acuerdo al tipo de escuela, con un rendimiento menor en los niños de escuelas públicas.
 16. La magnitud y características de la contaminación no se encuentra en correspondencia con la respuesta de las instituciones responsables del control (municipios, ministerios de energía y minas, ambiente y salud) ni de las organizaciones mineras, sin embargo, con el sin número de actividades de difusión de los resultados, de motivación y concienciación, se ha logrado algunas ordenanzas municipales para el control de las instalaciones y funcionamiento de las minas y de las plantas de beneficio. Igualmente se ha conseguido la institucionalización de las unidades de gestión ambiental municipal, UGAMs en los cantones de Zaruma y Portovelo. Por otro lado, los mineros, aunque en un número reducido, también se encuentran motivados para no realizar las descargas contaminantes hacia el río. El control de la contaminación por las autoridades de la cuenca alta del Puyango no es una prioridad, esto se expresa en una realidad perversa, el depósito diario de los desechos sólidos de tres cantones en el agua del río. Esta contaminación, más la que proviene de la minería es llevada río abajo.
 17. En el estudio de “poderes y posiciones” se pudo conocer el compromiso para una gestión ambiental sustentable de los actores sociales de los dos cantones (Zaruma y Portovelo), inicialmente con poco apoyo y luego de algunas intervenciones del Proyecto con un apoyo absoluto, sin embargo, mucho de ello queda solo en buenas intenciones, el pretexto es la falta de recursos económicos, cuando de por medio se cruzan conflictos de intereses, son autoridades y al mismo tiempo mineros (ellos o sus familiares).
 18. Contrariamente, en la cuenca baja se ha conseguido un importante fortalecimiento de las organizaciones comunitarias, fruto de lo cual, y con el apoyo del proyecto, se pudo conseguir el agua potable para Puyango Viejo y la elaboración de filtros de agua domésticos para todas las familias de Gramadal-Las Vegas. A más de ello, existe una total identificación de los habitantes con el Proyecto de FUNSAD-

- IDRC. Los miembros de la comunidad se han apropiado de los conocimientos surgidos de este estudio y se han generado diversos cambios de actitud en torno al cuidado y uso del agua, ingesta de peces, uso de ollas de hierro, etc.
19. Los alumnos y maestros de las instituciones educativas de Zaruma y Portovelo han participado de manera entusiasta en la gestión ambiental, a través de los clubes ecológicos, apoyados por este Proyecto. Ha sido en buen espacio para la difusión y discusión de los resultados.
 20. El Proyecto ha permitido una importante consolidación de los equipos de investigación y de la institución (FUNSAD), permitió que un grupo de docentes de la Universidad nacional de Loja adquiera conocimientos y destrezas rigurosos para el muestreo ambiental de una cuenca hídrica. Además, ha permitido el afianzamiento de las relaciones nacionales e internacionales que han permitido difundir al Proyecto y retroalimentarse de otras valiosas experiencias.
 21. En el análisis de los datos no fue posible aprovechar la riqueza de la información recogida en el estudio ambiental, debido a la inesperada muerte del investigador principal del componente ambiental, doctor Marc Roulet.
 22. No se puede dejar de mencionar que estos resultados no se hubieran alcanzado sin un apoyo continuo, oportuno, horizontal y respetuoso de los profesionales del IDRC.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el monitoreo del funcionamiento adecuado de los filtros de agua que adquirieron las familias de Gramadal-Las Vegas y el entregado a la escuela de esa localidad. Capacitar en el mantenimiento de los mismos. Es prioritario para evitar que los niños (y adultos) ingieran agua del río con el material particulado que contiene metales pesados.
2. Realizar talleres con los pobladores de la cuenca baja para orientar sobre el consumo de peces y buscar alternativas de diversidad alimenticia, al tiempo que se procuraría una consolidación de las organizaciones comunitarias.
3. Realizar talleres, asambleas y visitas casa por casa en las comunidades de la cuenca baja para analizar los resultados de la investigación
4. Realizar talleres y reuniones con los distintos actores sociales para analizar los resultados de esta segunda fase. Se debería poner especial atención a las reuniones con los tomadores de decisiones
5. Difundir por distintos medios los resultados del estudio en los gobiernos seccionales y nacionales (ministerios de minería, ambiente, salud, educación) y discusión de las soluciones de fondo.
6. Realizar un taller de discusión de los resultados y de las alternativas de gestión ambiental con los miembros de las UGAMs de Zaruma y Portovelo y procurar su desarrollo.
7. Realizar contactos con instituciones y personas claves de la ciudad de Tumbes (Perú) para difundir los resultados, en la perspectiva a que se tomen decisiones políticas para el control de la contaminación del río Puyango, que en territorio

peruano toma el nombre de Tumbes. La idea es que se realice presión internacional para que las autoridades ecuatorianas (locales, regionales y nacionales) tomen decisiones de fondo en la solución de este problema, por ejemplo, la construcción de un relleno sanitario, de un lugar técnicamente construido para el depósito y tratamiento de los relaves y de los efluentes, tecnificación de la actividad minera para evitar otras formas de contaminación ambiental.

8. Promover y apoyar el fortalecimiento de los clubes ecológicos de la cuenca alta
9. Difundir los resultados con una serie de publicaciones en revistas indexadas y en eventos internacionales, algunos de los cuales ya se encuentran en la agenda de FUNSAD para este y el próximo año (2008)
10. En procura de ofrecer nuevos elementos a la comunidad científica elementos, sería adecuado profundizar el estudio sobre el Hg y MeHg, para disponer de datos empíricos relativos a las razones para la ausencia de metilmercurio en el eje central del río Puyango, fenómeno muy particular y novedoso de este ecosistema. Los hallazgos de esta fase ha generado nuevas hipótesis.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal, Bina (2004). *Debate sobre género y ambiente: lecciones de la India*. En Miradas al futuro, hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género; Pág. 239. Universidad Autónoma de México.

Akagi et al (1994). *Methylmercury pollution in Tapajós River Basin, Amazon*. Environmental Science. 3. p:25-32

Alviano, N (1999). *Toxicología laboral, criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas*, SRT, Argentina, p.49.

Anger (2003). *Neurobehavioural Tests and Systems to Assess Neurotoxic Exposures in the Workplace and Community*. Occupational and Environmental Medicine 60 (7), p: 531-538.

ATSDR (2001a). www.atsdr.cdc.gov/es/phs/_phs46.html

ATSDR (2001b). www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts151.html

ATSDR (2005a). *ToxGuide for Lead Pb*, CAS 7439-92-1, september 2005, www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-1.pdf.

ATSDR (2005b). *ToxGuide for Arsenic As*, CAS 7440-38-2, september 2005, www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-2.pdf.

ATSDR (2006). *ToxFAQs, Mercury, Chemical Agent Briefing Sheets (CABS)*. www.atsdr.cdc.gov/CABS/mercury/index.html

ATSDR(2000).*Toxicological Profile for manganese*.
www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.html

Barriga R., e Ibarra M. (1986) *Contribución al conocimiento de los peces del Sur del Ecuador*. Tesis Doctoral financiada por PREDESU, U.Central y Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Barriga, R. (1986) *Estudio de la Ictiofauna del Nororiente y Proyecciones en la piscicultura*. PRONAREG-MAG Ecuador.

Barriga, R. (1991) *Lista de Peces de Agua Dulce del Ecuador*. Politécnica.Vol.XVI(3): 7-56, Ecuador.

Barriga, R. (1994) *Los peces como bioindicadores*. ACCION ECOLOGICA Rev.No.2: 46-48, Ecuador.

Barriga, R. (1997) *Ictiogeografía del Ecuador*. (Artículo en preparación), Ecuador.

Betancourt, Narváez, Roulet (2005). *Small-scale Gold Mining in the Puyango River Basin, Southern Ecuador: A Study of Environmental Impacts and Human Exposures*, EcoHealth, Vol 2, No. 4. p: 323-332.

Boischio et al (1995). *Mercury exposure through fish consumption by the Upper Madeira River Population, Brazil-1991*. Ecosystem Health 1. p: 177-192

Boischio, Henshel (2000). *Fish Consumption, Fish Lore, and Mercury Pollution-Risk Communication for the Madeira River People*. Environmental Research. 4 . p: 108-126
Cole et al (1997). *Neurobehavioral Outcomes Among Farm and Nonfarm Rural Ecuadorians*. Neurotoxicology Vol. 19, Issue 4, p: 277-286.

Bohlke, J.E. (1958) *Studies on fishes of the family Characidae* No.14. A report on Several Extensive Recent Collections from Ecuador.- Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 110:1-121,13 figs., 42 tables, 7 pls.

Cuvi, Sánchez, María (2000). *Discursos sobre género y ruralidad en el Ecuador: la década de 1990/ M. Cuvi; Emilia Ferraro, Alexandra Martínez*. Quito-Ecuador. Consejo Nacional de Mujeres (CONAMU)

Davée Guimaraes, Roulet, Lucotte, Mergler (2000). *Mercury methylation along a lake-forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon : seasonal and vertical variations*. The Science of the Total Environment. 261. p: 91-98

Dietrich et al (2005). *Principles and Practices of Neurodevelopmental Assessment in Children: Lessons Learned from the Centres for Children's Environmental Health and Disease Prevention Research*. Environmental Health Perspectives, Vol. 113, No.10, p:1437-1446.

Dolbec et al (2000). *Methylmercury exposure affects motor performance of e riverine population of the Tapajós River, Brazilian Amazon*. Occupational Environmental Health. 73. p:1-9

Fowler, H. (1943) *Los Peces del Perú. Catalogo sistemático de los peces que habitan en aguas peruanas*. Bol.Mus.Hist.Nat. Javier Prado, Universidad mayor de San Marcos, Lima –Perú pp. 298.

FUNSAD (2002) *La pequeña minería del oro: impactos en el ambiente y la salud humana en la cuenca del Puyango, sur del Ecuador*, Informe Técnico Final, Quito.

Guzmán, María Antonieta (1997). *Para que la yuca sea nuestra: trabajo, género y parentesco en una comunidad quichua de la amazonía ecuatoriana*. Ediciones Abya-Yala / CEDIME. Quito, Ecuador.

Haraway, Donna (1995). *Ciencia, cyborgs y mujeres: la reinención de la naturaleza*. Ediciones Cátedra, Universitat València. Instituto de la mujer. Madrid.

Hindmarsch J. (2002). *Caveats in hair analysis in chronic arsenic poisoning*. Clinical Biochemistry. 35. p: 1-11

IULA (1992). *De la mujer al género: democratización municipal y nuevas perspectivas de desarrollo local*. Quito-Ecuador.

IULA/CECADEL (1998). *Guía de planificación y formulación de políticas municipales de promoción de la equidad entre los géneros*, Quito.

Kimmel et al (2005). *Lessons Learned for the National Children's Study from the National Institute of Environmental Health Sciences/U.S. Environmental Protection Agency Centers for Children's Environmental Health and Disease Prevention Research*. Environmental Health Perspectives, Vol 113, No. 10, p: 1414-1418.

Lagarde, M. (1996) *Género y feminismo, desarrollo humano y democracia*. Editorial Horas y horas: Madrid, Spain.

Lamas, Marta (1998). *Usos y dificultades y posibilidades de la categoría de género: Diferencias de idiomas, analogías y confusiones conceptuales*. En: Para entender el concepto de género. Ediciones Abya-Yala. Quito.

Leach, Melissa; Joeques Susan; Green Cathy (2004). *Las relaciones de género y el cambio ambiental*. En Miradas al futuro, hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género; Pág. 95. Universidad Autónoma de México.

Lebel et al (1997). *Fish diet and mercury exposure in a riparian Amazonian Population*. Water, Air and Soil Pollution. 97. p: 31-44

Lebel et al (1998). *Neurotoxic Effects of Low-Level Methylmercury Contamination in the Amazonian Basin*. Environmental Research. 79. p: 20-32

Maldonado, Viviana P. (2000) *Educación y Género: la importancia del monitoreo y del control ciudadano de los acuerdos internacionales*. Red de Educación Popular Entre Mujeres de América Latina y el Caribe (REPEM) -Ecuador.

Martínez, Alexandra (2000). *“Vida cotidiana de hombres y mujeres en la cuenca del Río Papalango (provincia de Loja)”*. Estudio hecho para el proyecto Bosque Seco del Servicio Holandés de Cooperación para el Desarrollo, Quito, doc. Inédito.

Martínez, Alexandra (2001) *“Para los hombres, las heridas son flores: cuerpo, trabajo y memoria e Pindal”*. En, “Masculinidades del Ecuador”. Andrade y Herrera Editores, Quito, Ecuador.

Mielke et al (2005). *Multiple metal accumulation as a factor in learning achievement within various New Orleans elementary school communities*. Environmental Research 97, p: 67-75.

Mies, María (2004) *La necesidad de una nueva visión: la perspectiva de la subsistencia*. En Miradas al futuro, hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género; Pág. 95. Universidad Autónoma de México.

Morton, Carolam, Gardiner (2002). *Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry*. Analytica Chimica Acta. 455. p: 23-34

Odum, E. (1975) *Ecología*. Quinta edición. Interamericana, Caracas, Venezuela.

OIT (2002) *Un futuro sin trabajo infantil: Informe global con arreglo al seguimiento de la Declaración de la OIT relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo, Informe I (B)*, Primera ed., Ginebra. P: 33-35.

Orcés-Villagómez, G. (1980) *Contribuciones al conocimiento de los Peces del Ecuador*. II Distribución de algunos géneros de peces en los ríos ecuatorianos. Politécnica 5 (1): 53-63.

Paulson, Susan (1998). *Desigualdad social y degradación ambiental en América Latina*, Abya Yala, Quito.

Pereira, Rivero, Gonçalves (2004). *Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal)*. Science of the Total Environment. 327. p: 81-92

Pillajo, E. (2007). *Cámara de la Pequeña Minería del Ecuador, Desarrollo y Perspectivas de la Pequeña Minería en el Ecuador*, en Foro Internacional "Minería Ambiental y Socialmente Sustentable", Ministerio de Minas y Petróleos (comunicación directa ppt).

Pourrertt, P. (1983) *Los climas del Ecuador*. Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas. Documento de Investigación IPGH, No.4:87, 1983.

Rahman et al (2000). *Determination of mercury, selenium, bismuth, arsenic and antimony in human hair by microwave digestion atomic fluorescence spectrometry*. Talanta. 52. p: 833-843

Reich, Cooper. *Policy Maker, computer-Aided Political Analysis; Improving the Art of the Feasible*. Polimap ver. 2.2 Brookline.

Rocheleau, Dianne; Laurie Ross ; Morrobel, Julio (2004) *Conocimiento con perspectiva de género: derechos y espacios de dos comunidades de Zimbawe. Reflexiones sobre métodos y resultados*. En Miradas al futuro, hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género. Pág. 373. Universidad Autónoma de México.

Rocheleau, Dianne; Thomas-Slayter, Bárbara; Wangari, Esther (2004) *Género y ambiente: una perspectiva de la ecología política feminista*. En Miradas al futuro, hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género. Pág. 343. Universidad Autónoma de México.

Rohlman et al (2001). *Development of a Neurobehavioral Battery for Children Exposed to Neurotoxic Chemicals*. Neuro Toxicology 22, p: 657-665.

Roulet et al (1999). *Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian Ecosystems*. Water, Air and Soil Pollution. 112. p: 297-313

Roulet et al (2000a). *Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon*. Chemical Geology, Elsevier, 243. p: 243-266

Roulet et al (2000b). *Methyl Mercury in water, seston, and epiphyton of an Amazonian river and its floodplain, Tapajós River, Brazil*. The Science of the Total Environment, Elsevier 261. p: 43-59.

Roulet, Lucotte (1995). *Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America*. Water, Air and Soil Pollution 80. p: 1079-1088.

Saad, Mahmoud, Hassanien (2001). *Assessment of arsenic level in the hair of the nonoccupational Egyptian population: Pilot study*. Environment International. 27. p: 471-478

Saul, W.G. (1975) *An ecological study of fishes at a site in Upper, Amazonian Ecuador*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 127 (12) 93:134.

Sera, Futatsugawa, Murao (2002). *Quantitative analysis of untreated hair samples for monitoring human exposure to heavy metals*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 189. p: 174-179

Stauber JL, Florence TM (1989). *Manganese in scalp hair: problems of exogenous manganese and implications for manganese monitoring in Groote Eylandt aborigines*. The Science of the Total Environment., jul. 1; 83 (1-2): 85-98 en www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis

Van Wendel de Joode (2000). *Manual de Pruebas Neuroconductuales*. IRET-CINBIOSE-OPS/OMS-CEST, San José.

Vega, Silvia, (1995). *La dimensión de género en las políticas y acciones ambientales ecuatorianas*, CEPLAES, FNUAP, Quito. (comp.).

Walkowiak et al (1998). *Cognitive and Sensorimotor Functions in 6-Year-Old Children in Relations to Lead and Mercury Levels: Adjustment for Intelligence and Contrast Sensitive in Computerized Testing*. Neurotoxicology and Teratology, Vol. 20, No. 5, p: 511-521.

Webb et al (2004). *Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador*. EcoHealth 1 (Suppl. 2). p: 59-71

World Health Organization (1991) *Environmental Health Criteria Number 118, Inorganic Mercury*, Geneva: World Health Organization—International Programme on Chemical Safety.

World Health Organization (1995) *Environmental Health Criteria Number 165, Inorganic Lead*, Geneva: World Health Organization—International Programme on Chemical Safety