

## **MODELO DEL BENEFICIO-COSTO LA GUÍA DE USUARIO**

INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
EMPEZANDO.....	1
Principales riesgos a de la salud humana en los sitios mineros.....	2
Estimando fuentes y vías de exposición .....	4
El análisis del beneficio-costo .....	5
Rango creíble de beneficios monetarios .....	7
Ordenando las alternativas jerárquicamente.....	7
ESTE MANUAL.....	8
Riesgos físicos .....	8
Plomo .....	9
Arsénico .....	18
Cadmio.....	26
LAS REFERENCIAS.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Contaminantes críticos para la salud humana en las zonas de minería bolivianas .....	3
Tabla 2 Vías de exposición con niveles críticos y naturales: Plomo.....	10
Tabla 3 Fuentes de exposición de plomo .....	11
Tabla 4 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir el daño a la salud del plomo.....	12
Tabla 5 Acciones posibles para reducir la exposición al plomo.....	13
Tabla 6 Resumen de beneficios potenciales de eliminar la exposición al plomo por suelo en Oruro.....	17
Tabla 7 Vías de exposición con niveles críticos y naturales: Arsénico.....	20
Tabla 8 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir la exposición al arsénico .....	21
Tabla 9 Posibles acciones para reducir la exposición al arsénico .....	22
Tabla 10 Resumen de valores monetarios seleccionados para los casos de cáncer en Bolivia (dólares en 1997).....	23
Tabla 11 Resumen de beneficios potenciales de reducir la exposición arsénico .....	26
Tabla 12 Vías de exposición con niveles naturales y críticos: Cadmio.....	28
Tabla 13 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir la exposición al cadmio .....	28
Tabla 14 Posibles acciones para reducir la exposición al cadmio.....	29
Tabla 15 Resumen de beneficios potenciales de reducir la exposición al cadmio.....	31

LA LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Metodología por estimar los beneficios en la salud de reducir la polución.....	7
Figura 2 Desarrollando un método rentable para reducir la exposición al plomo: Arbol de decisión .....	14

## INTRODUCCIÓN

El modelo de beneficio-costo es una herramienta de decisión para evaluar proyectos potenciales y políticas. Se usa para comparar los costos y beneficios de los proyectos y políticas. Los proyectos deben tener beneficios netos positivos para ser aprobados.

Hay normalmente, varias maneras de lograr un objetivo dado. Por ejemplo, reducir el daño a la salud de las personas expuestas a contaminantes de minería podría involucrar la remediación del sitio a través de las medidas como el recalificar y replantar, recubrimiento de colas, o tratamiento al drenaje ácido de mina antes de la descarga en el ambiente. Pero podría significar también la relocalización de un poblado fuera de una área contaminada o el proporcionar agua embotellada a las casas sin acceso agua potable. La solución que proporciona los beneficios netos mayores es la alternativa preferida desde un punto de vista económico. Sin embargo, habrá muchas otras consideraciones que jugarán un papel guiando en las decisiones, incluso el apoyo público para las alternativas particulares.

El tiempo es una dimensión crucial para evaluar alternativas y elegir entre las diferentes opciones. Algunas intervenciones pueden proporcionar muchos beneficios casi inmediatamente. Otras pueden traer beneficios retrasados. Pueden concentrarse los gastos en los primeros meses o años de un proyecto o pueden extenderse con a lo largo del tiempo. Las intervenciones pueden requerir costos altos de capital pero costos bajos de operación, o pueden reequerer costos bajos de capital pero costos de operación altos. El modelo del beneficio-costo evalúa los proyectos en las condiciones de valor de presente, permitiéndoles a analistas comparar alternativas de beneficios y costos en periodos diferentes.

La proporción del descuento juega un papel importante en el análisis. Los valores diferentes para la proporción del descuento producirán los resultados dramáticamente diferentes. El analista debe seleccionar la proporción del descuento que refleja el verdadero retorno marginal el más estrechamente a la capital en el momento que él o ella emprenden el análisis. Un procedimiento práctico es evaluar el proyecto encima de un rango de proporciones del descuento y ver si o no el valor presente se queda positivo para los valores todo razonables de la proporción del descuento. Si hace, el analista puede estar seguro que la conclusión no es sensible a la proporción del descuento.

## EMPEZANDO

El análisis del beneficio-costo es el paso final en un proceso emprendido para evaluar inversiones y actividades específicas de un sitio. Anteriormente a esta etapa, los analistas deben realizar análisis comparativo genera; de riesgo para identificar los contaminante que más probablemente causaran daño a la salud humana, sus fuentes primarias, y la población más propensa a ser afectada. El análisis comparativo comparativa no debe ser complicado o caro. Los tipos de riesgos de salud humanos del operaciones mineros y procesamiento metales son bien conocidos, y el análisis de riesgo debe enfocarse en éstos.

### **Principales riesgos a de la salud humana en los sitios mineros**

*Riesgos físicos.* En casi todos los sitios mineros y plantas de procesamiento de minerales, la mayor amenaza a la salud humana es de los riesgos físicos, no la exposición a los metales pesados. Los túneles de piedra dura pueden ser arriesgados para los niños y adultos que aventuran en ellos. El apaciguamiento de la tierra puede causar que los edificios se derrumben. Residuos químicos abandonados en un sitio pueden gotear o se pueden encender creando un riesgo de fuego. Las colas puede erosionarse o derrumbarse, enterrando casas o las personas debajo. Los riesgos físicos también son relativamente de resolver, involucrando la colocación de entradas cerradas con llave en minas abiertas, remoción de residuisabandonados y estabilización o levantamiento de colas. Afianzando la seguridad de sitios probablemente serán una prioridad para un programa con el objetivo de proteger la salud humana de los riesgos relacionados con la minería.

*Riesgos de metales pesados.* Conocidos por el potencial para causar daños a la salud humana, los metales de mayor preocupación en Bolivia son plomo, arsénico y cadmio. Dependiendo de los metales designados y los métodos de procesamieto utilizados, el mercurio y cianuro pueden causar problemas en algunos sitios. La tabla 1 lista los contaminantes ambiental de mayor preocupación en las áreas de la minería bolivianas. Se ordenan los metales pesados basado en la magnitud y severidad de daño de salud que causan con la exposición.

**Tabla 1 Contaminantes críticos para la salud humana en las zonas de minería bolivianas**

	La población al riesgo	El impacto de salud	Las vías principales de exposición
Los metales pesados (ordenados por de probabilidad para dañar la salud humana)			
La plomo	Los niños menores de 7 son particularmente vulnerables, pero los adultos también están en riesgo but adults are also at risk	Niños: daño sutil al cerebro y problemas de aprendizaje, incluyendo más bajo IQs, atención dañada, problemas de idioma, y problemas de conducta. Los adultos: la hipertensión, ataques cardíacos del	Suelo, aire, agua, comida
Mercurio	Población entera	Envenenamiento, muerte temprana	Aire, pescado
Arsénico	Población entera	Envenenamiento, cáncer de la piel, cáncer pulmonar, problemas de hígado, perturbaciones vasculares	Agua, suelo, aire, pescado
Cadmio	Población entera	Problemas renales	Suelo, aire, agua, comida
Cianuro	Población entera		Agua
Otro r			
Contaminación microbial en el agua	Población entera, sobre todo los niños	Diarrhea, cólera, tétano, las hepatitis a, dengue, malaria	Agua

Cuando se supone daño a la salud humana por la exposición a los metales pesados, se debe monitorear la salud humana para determinar si la substancia de preocupación está causando el daño de salud realmente. Existen procedimientos establecidos para los datos de exposición de salud humanos colectivos. Deben recolectarse muestras de sangre, orina o muestras de pelo de los niños y adultos que se mantienen vivos o cerca de sitios de la mina o de fundiciones. Es muy probable que obreros en las minas y fundiciones sean expuestos a metales a niveles que causan el daño, y su salud debe observada. No tiene sentido utilizar recursos escasos mine los sitios para proteger la salud humana sin saber la magnitud y severidad de daño de salud humano.

Además de los metales pesados, se exponen personas que viven en las comunidades mineras en Bolivia a los contaminantes microbiológicas del agua. Éstos pueden causar mucho más enfermedad y muerte que los metales pesados. Los analistas deben estimar los beneficios netos de asegurar el acceso a agua potable en áreas mineras, y comparar éstos con las estimaciones de medidas reducir la exposición a los metales pesados. Se usarían el mejor recursos para la remediación para dirigirse las amenazas primarias a la salud en las comunidades de la minería bolivianas.

## Estimando fuentes y vías de exposición

Antes de emprender el análisis del beneficio-costo, los analistas deben evaluar las fuentes principales del sitio y vías de contaminación y deben identificar sus amenazas físicas importantes. En la mayoría de sitios mineros las colas finas de procesamiento de molinos son fuentes mayores de contaminación y la inhalación es la vía primaria de exposición humana. Polvo del viento generado por colas finas puede suspenderse en el aire, y ser entonces inhalado por los seres humanos. Las colas también pueden erosionar en los ríos y arroyos, mientras contaminándolos con los metales pesados. Mientras el agua superficial contaminada puede ser sumamente dañina a la vida acuática, generalmente no es una fuente mayor de daño de salud humano a los residentes y obreros de comunidades de la minería bolivianas que obtienen el agua de las fuentes aguas arriba de las zonas mineras. Las personas también tienen poca probabilidad de exponerse a través del consumo de peces contaminados o cosechas, ya que los cuerpos de agua de superficie contaminada casi no se usan para pesca o irrigación. Las personas que viven o trabajan en la tierra contaminada o vadeando en el agua contaminada pueden ingerir los contaminantes de vez en cuando o pueden absorberlos a través de la piel.

Otra fuente mayor de contaminación relacionada con la minería es el drenaje de la mina ácido corriendo fuera de minas o inundando de los estanques de solución de superficie. El drenaje ácido de mina puede contaminar la superficie o el agua subterránea y suelos también. Sin embargo, no es probable que sea una fuente mayor de daño de salud humano porque las personas generalmente evitan tomar el agua contaminada, el medio ambiente es quien se afecta principalmente. Propone una amenaza significativa sin embargo a los ecosistemas y a la infraestructura económica.

Las colas de residuos de roca son fuentes de percolación que contienen metales pesados que pueden contaminar superficie y el agua subterránea. Ellos generalmente serán responsables por menor contaminación que las colas finas o el drenaje ácido de mina. Puede haber también otras fuentes significativas de contaminación en las áreas mineras, como el polvo de caminos o patios de recreo construidos con las tierras contaminadas.

Las fundiciones son una fuente mayor de metales aerotransportados y otras toxinas. Pueden exponerse las personas a los metales pesados respirando el aire contaminado. Ellos también pueden ingerir metales pesados que han establecido en cosechas o tierras después de que emitiéndose en los gases del cañón.

## El análisis del beneficio-costo

Realizar un análisis del beneficio-costo para las acciones orientadas a la salud medioambiental es un ejercicio complejo. Evaluar los beneficios de acción requiere especificar y entender una serie de eventos. Estas relaciones incluyen (a) el impacto de una acción potencial a la exposición; (b) las uniones entre la exposición y la respuesta de la salud humana (la incidencia de enfermedad y la mortalidad prematura); (c) los valores asociados con estos cambios.

### *Exposición*

Hay generalmente muchas medidas alternativas para reducir la exposición humana a contaminantes. Éstos incluyen limpiar una fuente de contaminación para reducir concentraciones de contaminantes en el aire, agua, tierras o comida. Pero, estas también incluyen medidas como relocalizar poblados humanos o proporcionar agua embotellada.

### *Relaciones entre la exposición y la respuesta de la salud humana*

Para muchos contaminantes medioambientales comunes los científicos han estimado funciones de dosis-respuesta que representan la relación entre la exposición e impacto. Estas relaciones diferirán dependiendo de las características particulares de la dosis (agudo o crónico) y la naturaleza del impacto (la mortalidad prematura, días de pérdida de trabajo, la incomodidad, etc.). Para algunas sustancias, principalmente el carcinogénico, la relación parece ser lineal, y hay ningún nivel seguro de exposición bajo el cual no ocurrirá daño a la salud. Para otros la exposición debe ocurrir a un nivel mínimo, llamado nivel límite, para el daño a ocurrir. Algunas sustancias, como el arsénico, causan ambos efectos tóxicos de cáncer y no-cáncer. Los analistas deben evaluar ambos tipos de riesgo separadamente, usando las funciones de respuesta de concentración apropiadas para el impacto considerado. Existe una incertidumbre considerable que considera ambas las formas de las funciones de la dosis-respuesta y sus coeficientes. La respuesta humana real varía dependiendo de la exposición, dependiendo principalmente de la edad, el estado general de la salud, la susceptibilidad genética, etc. Las estimaciones de impacto en la salud humana utilizadas en los modelos de beneficio-costo presentados aquí son basadas en las recientes estimaciones de la literatura científica y la Agencia de la protección del ambiente de Estados Unidos. Los resultados proporcionados por los algoritmos de Soluciones de Riesgo pueden servir de entrada al modelo de beneficio-costo.

### *Valorando los beneficios*

El paso final en el análisis de beneficios es valorar las mejoras en la salud en los términos monetarios o económicos. Generalmente el estimar el valor de daño de salud de la exposición a los riesgos medioambientales involucra estimar el costo de tratar una enfermedad particular, el valor de tiempo perdido del individuo afectado, y la reducción en bienestar experimentado por el individuo afectado y su familia y amigos. Típicamente, los costos incluirían los costos de visitar a un doctor o enfermera, el costo de medicamentos, los sueldos perdidos debido a días fuera del trabajo, y el deseo de pagar para reducir el riesgo de enfermedad o la muerte prematura. Si las víctimas de problemas de salud cargan con sus costos totales en lugar del gobierno o los programas de seguros, los beneficios de reducir la exposición a los problemas medioambientales aumentan considerablemente en el hogar. Por consiguiente la voluntad para pagar es una medida completa de beneficios.

Los modelos presentados usan valores de costos de cuidado médico y voluntad de pagar para reducir los riesgos de salud proporcionados por la Agencia de la protección del ambiente de Estados Unidos (USEPA) y otras fuentes, ajustadas para reflejar la diferencia en los ingresos per cápita entre los dos países. Este método tiene muchos problemas, ya que asume que los valores relativos entre bienes y servicios son similares en USA y en Bolivia. Esto no es totalmente cierto. Los analistas que usan al modelo deben sustituir los valores bolivianos reales por los valores usados en el modelo cuando éstos sean disponibles.

Algunos de los modelos de beneficio-costo presentados aquí confían en estimaciones de voluntad para pagar la reducción del riesgo de muerte de uno en uno millón. Esta muerte evitada también se llama una "vida estadística." Desafortunadamente existen datos con respecto a los bolivianos de la cantidad que estarían dispuestos a pagar para mejorar la seguridad, y evitar una muerte prematura estadística. En el hedonic de Estados Unidos y los estudios de valoración contingentes han encontrado que los individuos están dispuestos a pagar sobre US\$5.9 (1997 dólares) cada uno para reducir el riesgo de muerte por uno en un millón.<sup>1</sup> Agregando sobre una población considerablemente grande, equivale a pagar sobre US\$5.9 millón para evitar una muerte prematura estadística. Tomando esta figura y ajustándolo para reflejar las diferencias en los ingresos per cápita entre los Estados Unidos y Bolivia<sup>2</sup> da un valor de sobre US\$200,000

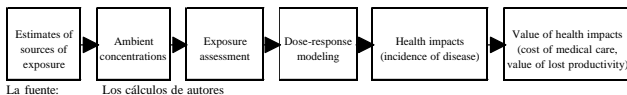
---

<sup>1</sup> Hedonic empuñan los estudios derivan las estimaciones de qué personas están deseosas a pagar para la seguridad comparando el sueldo tasa para dos trabajos que son idéntico en todo los respetos salvo el riesgo de muerte accidental. La valoración contingente usa estudios y encuestas para preguntarles lo que ellos estarían deseosos a la paga para el género del non-mercado directamente a las personas, como seguridad o los servicios medioambientales

<sup>2</sup> Los recientes datos muestran por el ingreso del cápita en los Estados Unidos ser US\$29,340 y en Bolivia para ser US\$1000. Por consiguiente, los valores de Estados Unidos han sido dividido por 29.4 estimar los valores bolivianos (el Banco Mundial, 1999.)

como una cantidad creíble que los bolivianos estaría dispuestos a pagar para salvar una vida estadística.<sup>3</sup>

**Figura 1 Metodología por estimar los beneficios en la salud de reducir la polución**



### **Rango creíble de beneficios monetarios**

Hay muchas fuentes de incertidumbre al estimar los beneficios y costos de medidas para reducir los riesgos a salud humana en las áreas mineras. Éstos incluyen las incertidumbres sobre los efectos de acciones de remediación en el aire, agua, comida, suelo y calidad del sedimento, incertidumbres sobre los efectos de cambios en el aire, agua y calidad de comida en los resultados de salud, e incertidumbres sobre la valoración económica de estos resultados. Por esta razón, un análisis del beneficio-costo de intervenciones potenciales debe proporcionar un rango creíble de beneficios monetarios que reflejan estas incertidumbres seleccionando los valores alternativos por cada uno de algunos las suposiciones importantes. Estas alternativas de suposiciones definen un extremo alto y un extremo bajo para estimar los beneficios. Las incertidumbres con respecto al impacto de sustancias específicas son indicadas en las secciones que tratan con esto.

Bajo la guía del gobierno boliviano los modelos presentan sólo el enfoque en los *beneficios de salud humanos* que aumentarían por los cambios en la calidad medioambiental. Muchas de las acciones potenciales también reducirán el daño a la ecología y a la infraestructura económica. Si éstos fueran incluidos, los beneficios netos de la intervención potencial serían más altos.

### **Ordenando las alternativas jerárquicamente**

Calcular los beneficios netos requiere una comprensión buena de costos de intervenciones potenciales, pero también de hasta que punto una intervención particular reducirá los riesgos a la salud humana. La intervención que reduce los riesgos a un nivel especificado al costo más bajo es la intervención preferida. La información sobre los impactos probables de

<sup>3</sup> Claro este valor crecerá como los ingresos crezca

intervenciones en las condiciones medioambientales y por consiguiente el riesgo humano debe proporcionarse por los expertos técnicos conocedores de soluciones ingenieriles e hidrogeológicas de sitios mineros y otras características. Esta información es esencial para comparar los costos a los beneficios de medidas alternativas de reducir la exposición, pero está más allá del alcance de este manual. Los ingenieros también deben proporcionar la información sobre los costos (de capital y operación) de acciones alternativas.

## **ESTE MANUAL**

Este manual presenta modelos de beneficio-costo que pueden ser utilizados para evaluar los beneficios netos de medidas alternativas para reducir los riesgos medioambientales que más probablemente afectarán la salud humana en las comunidades de la minería bolivianas: riesgos físicos, plomo, arsénico y cadmio. Usando al modelo le exige al analista que proporcione los datos para muchos de los parámetros, o, dónde a éstos está les faltando, experimente con un rango de suposiciones realistas. Además de los modelos, se proporcionan ejemplos basados en suposiciones realistas.

### **Riesgos físicos**

En muchos centros mineros bolivianos, las minas abandonados proponen un riesgo considerable de lesión o la muerte accidental a esos viviedo o trabajando cerca. Los riesgos pueden incluir aperturas, residuos, suelos inestables, colas inseguras, explosivos abandonados, o equipo eléctrico o mecánico, edificios en ruinas, y cables de tranvía. En los Estados Unidos la causa principal de lesión o muerte a los sitios de la mina abandonados espor caidas en huecos de las minas.<sup>4</sup>

Los beneficios de considerar estos riesgos sería el reducir la probabilidad de lesión o muerte accidental. Los beneficios se valorarían como la disposición a pagar para reducir este riesgo. Como se mencionó antes, el valor de prevenir una muerte prematura en Boliva estaría sobre US\$200,000.

Un programa para evaluar y remediar los riesgos físicos de las minas abandonadas en Bolivia probablemente costarían menos de US\$100,000 para cada centro minero. Esta actividad merecería la pena si se esperararía salvar la vida de una sola persona. La actividad generaría los beneficios más altos en los sitios mineros con poblaciones mayores expuestas a los riesgos, como Oruro.

---

<sup>4</sup> La Sección de Estados Unidos de Interior, el Escritorio de Minas, . el 1994 de mayo

## **Plomo**

Probablemente de la variedad de metales, el plomo de minería de roca es el más propenso a dañar la salud humana al ser liberado en el ambiente. Niños expuestos a incluso las dosis bajas de plomo pueden sufrir daños del cerebro sutil y problemas de aprendizaje, incluyendo más bajos IQs, atención dañada, el habla y déficits del idioma, y problemas de conducta. Estos efectos pueden persistir a lo largo de la vida de una persona, con efectos a largo plazo en la educación, empleo, y habilidad para enfretarse a las tensiones de vida. Los adultos masculinos expuestos al plomo, tienen más probabilidad de sufrir hipertensión, infartos no-fatales, y la muerte temprana. Las exposiciones agudas pueden causar el cólico, shock, anemia severa, nerviosismo agudo, daño del riñón, daños irreversibles al cerebro y muerte temprana. Las mujeres de edad de maternidad están en riesgo especial, ya que el potencial para los impactos dañinos en el desarrollo del fetal son significantes. Este problema es de preocupación especial para mujeres que trabajan en las industrias de plomo, como las fundiciones de plomo.

### ***Recolectar datos de niveles de plomo en la sangre***

En la actualidad se tienen pocos datos con respecto a los niveles de plomo en la sangre de las personas viviendo y trabajando en las áreas de la minería bolivianas, por lo tanto, no sabemos si la exposición al plomo es realmente un problema, y en ese caso, qué grupos de la población están en la mayoría en el riesgo. El indicador más importante de exposición de plomo para los seres humanos es el nivel de plomo en la sangre. Hay evidencia creciente que el daño de salud empieza a ocurrir cuando el plomo en la sangre excede 10 microgramos de plomo por decilitro de sangre. En los Estados Unidos y otros países donde se ha reducido considerablemente el plomo en la gasolina, pintura, tuberías de agua, y la alfarería, el nivel de plomo en la sangre entre los niños, tiene un promedio 4-6 microgramos por decilitro. En países que no han tomado estos pasos todavía, el nivel de plomo en la sangre puede ser un promedio de 25 microgramos por decilitro y puede exceder 40 microgramos por decilitros en algunos casos.

### **Vías de exposición**

La exposición al plomo proviene de ingerir comida, tierra y polvo, de beber el agua o del aire respiratorio. La tabla 2 lista las vías de exposición para el plomo y los niveles de contaminación críticos para la salud humana. Éstos son niveles a los que las personas expuestas a la comida contaminada, tierra, agua, o aire, probablemente experimenten niveles elevados en la sangre con el daño de salud consecuente. Los números en la tabla servirán como guías para ayudar a identificar las principales vías de exposición de plomo.

**Tabla 2 Vías de exposición con niveles críticos y naturales: Plomo**

	Agua		Aire		Suelo		Cultivos		Pescadp	
	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural
Plomo	50 µg/l	<20 µg/l	2 µg/m <sup>3</sup>	0.00005 µg/m <sup>3</sup>	1,000 µg/g el peso seco	16 µg/g el peso seco	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Nota: Los niveles críticos son niveles considerados potencialmente peligroso a la salud humana. Las figuras son de la Organización de Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa 1987; Hutchinson y Meema 1987; (g es el microgram; l es el litro; g es el gramo; n.a. no está disponible

Identifique fuentes mayores de contaminación de plomo y estime la contribución relativa de cada uno a niveles de plomo elevados en la sangre

Las fuentes mayores de plomo en el ambiente son vehículos que usan la gasolina con plomo, las fundiciones, pintura con plomo, el polvo del camino contaminado, las baterías, latas para almacenar comida, y la alfarería de plomo-vidro (ver tabla 3). La tierra y polvo de la casa son fuentes importantes de exposición de plomo, sobre todo entre esos jóvenes que juegan en la tierra, mordiendo juguetes y otros objetos, y lamiéndose las manos sucias. Los

**Table 3 Fuentes de exposición de plomo**

	Muy importante	Ligeramente importante	Insignificante
La gasolina con plomo			
Las emisiones de las fundiciones			
Polvo de los caminos			
Polvo de las colas			
Agua de abastecimiento (puede contaminarse en la fuente o a través de lixiviar de las cañerías de plomo).			
Pintura con plomo			
La alfarería de vidrio con plomo			
Las latas de almacenamiento de comida			
Los juguetes y lápices			
Las tiendas de reparación de batería			
Otros			

niveles de plomo sobreen la tierra sobre 1,000 microgramos por gramo de peso seco son considerados críticos, y probablemente perjudiciales para la salud de aquéllos expuesta.

#### Datos necesarios

Para estimar la importancia relativa de las distintas vías y fuentes se requieren datos de niveles de plomo en el aire, la tierra, el polvo, agua de abastecimiento y comida. También se necesitan datos de las fuentes de plomo en el ambiente de la casa, como la alfarería, pintura y lápices. Las variaciones de los niveles de plomo en la sangre por barrio o distrito pueden proporcionar una idea de las fuentes de exposición. Por ejemplo, si los niveles de plomo en la sangre son particularmente altos entre niños que asisten a una escuela particular, la fuente puede ser el ambiente escolar y puede involucrar pintura de plomo o la tierra contaminada (ver tabla 4).

**Table 4 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir el daño a la salud del plomo**

Datos necesarios	Método de la colección
niveles de plomo en la sangre.	Pruebas de sangre.
Niveles de plomo en agua de abastecimiento, aire, suelo, cosechas, y peces.	Muestreo medioambiental.
Fuentes de plomo en el ambiente de la casa.	Muestras de polvo en la casa; estudios para determinar si están usándose objetos que contienen la plomo en la casa
Fuentes de contaminación de plomo.	Las variaciones en los niveles de plomo en la sangre por distrito residencial o escolar pueden indicar fuentes de exposición. La información sobre las emisiones en el aire de vehículos o fundiciones o descargas al agua de mena de plantas procesadoras pueden ayudar a identificar las fuentes.

*Identifique las acciones de prioridad para reducir la exposición*

Hay muchas acciones potenciales para reducir la exposición al plomo. Las acciones de bajo-costo generalmente involucran cambios de conducta, como lavarse las manos y las zonnas de estar, instalando y usando los cobertores en las ventanas, y evitando la alfarería y juguetes que contienen plomo. La efectividad de estas medidas depende de la disposición de los miembros de la comunidad para cooperar. Remediar residuos mineros prevendrían la exposición de plomo de las fuentes mineras sin requerir cambios en la conducta, pero costaría considerablemente más. Vea la tabla 5 para las acciones que reducen el daño de salud por exposición de plomo, incluso los costos relativos y ventajas y desventajas de varios métodos.

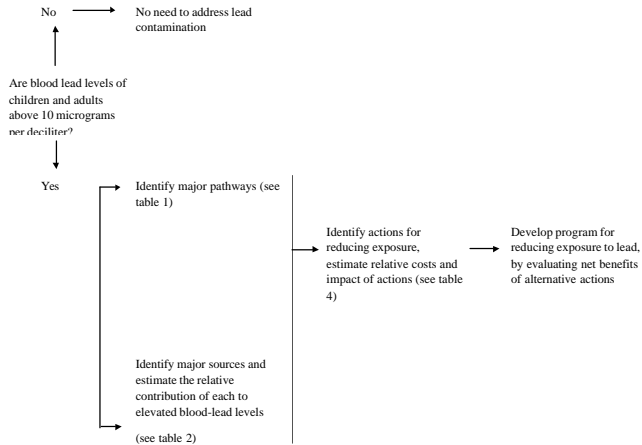
**Table 5 Acciones posibles para reducir la exposición al plomo**

<i>Acción</i>	<i>Costo</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Remediación de residuos mineros</i>		
Pavimentar o sellar los patios de recreo	Medio	Reducción de una fuente mayor de exposición a los niños bajo edad 7, el grupo más vulnerable para llevar el envenenamiento. También reducirá la exposición al arsénico, cadmio y cobre de niños, cadmium and copper of children.
Pavimentar los caminos en pueblos	TBD	Controlará una fuente mayor de plomo aerotransportada, y proporcionará otros beneficios como menores costos de transporte y beneficios de amenidad.
Movimiento o remoción de colas	Medio	Reducción de la exposición al cadmio, arsénico, y cobre además del plomo. Proporcionará los beneficios a la infraestructura y ecosistemas además de la salud humana.
<i>Otras acciones</i>		
Fomentar el lavado de manos	Bajo	La efectividad depende de la disponibilidad de la familia para aceptar este hábito y la disponibilidad de agua limpia.
Instalar cobertores de ventanas en casas	Bajo	La efectividad depende de la participación de la familia.
Cercar fuera las áreas contaminadas	Bajo	La efectividad depende de la disponibilidad de los habitantes para obedecer las prohibiciones.
Enseñar a las personas a evitar las latas de plomo	Bajo	La efectividad depende de la participación.
Fomentar a que las personas usen la alfarería sin plomo	Bajo	La efectividad depende de la participación.
Remediar la pintura con plomo	Medio	Pueda empeorar el problema en corto plazo. La casa para alojar la remediación puede ser cara.
Fomentar el uso de juguetes sin plomo	Bajo	La efectividad depende de la participación.

TBD será determinado

El próximo paso es estimar beneficios netos de acciones alternativas para reducir la exposición al plomo, usando la metodología descrita en detalle debajo. Las acciones preferidas son aquéllos que mantienen los beneficios mayores para los recursos utilizados. Los pasos se perfilan en el árbol de decisión de la figura 1.

**Figura 2 Desarrollando un método rentable para reducir la exposición al plomo: Arbol de decisión**



#### *El análisis del beneficio-costo*

Calcular el valor monetario de los beneficios de reducir la exposición de plomo se requiere (a) estimaciones de las reducciones en las concentraciones de plomo en la tierra, agua, aire y comida que serían el resultado de cualquier acción particular (removiendo las tierras contaminadas de plomo en los patios de recreo, evitando el lixiviado de plomo en el agua superficial, etc.); (b) estimaciones del impacto de la acción en los niveles de plomo en la sangre; (c) estimación del impacto niveles reducidos de plomo en la sangre en la salud; y (d) estimación del capital y costos de operación y mantenimiento de la acción.

#### *Beneficios de reducir la exposición al plomo*

Se reducirían los beneficios de reducir la exposición de plomo en las áreas de la minería bolivianas incluyendo (a) la reducción del daño neurológico en los niños; (b) reduciendo las incidencias de hipertensión en los adultos masculinos; (c) reduciendo las incidencias de infartos non-fatales en los adultos masculinos; y (d) reduciendo los casos de muerte temprana en los

adultos masculinos. Se han generado modelos en Excel basados en suposiciones confiables para cada una de estas categorías de daño de salud. Los detalles de las suposiciones utilizadas y requeridas, se describen a continuación.

#### *Reducir el daño neurológico en los niños*

Los estudios en los Estados Unidos y en otras partes han asociado el aumento de un microgramo por decilitro en plomo de sangre con un 0.25 de declive del punto en IQ. Así un declive en el nivel de plomo en la sangre de 6 decilitros por litro produciría una pérdida de IQ de 1.5 por individuo expuesto. En los Estados Unidos, los estudios han estimado que cada punto de IQ tiene un valor presente de sobre US\$6,820 (1997 dólares) en ganancias en la vida.<sup>5</sup> Convirtiendo esto para reflejar la diferencia en las ganancias entre los Estados Unidos y Bolivia da un valor presente de US\$230 por punto de IQ en Bolivia.

Ejemplo 1 ilustra el método que usa las siguientes suposiciones:

- a) los niveles de plomo en la Sangre son 25 microgramos por decilitro comparado con 5 microgramos por decilitro para los Estados Unidos (se supone que las fuentes artificiales de plomo en el ambiente contribuyen 20 microgramos de plomo por decilitro de sangre en Bolivia).
- b) la Exposición al plomo en el suelo contribuye 30 por ciento del total del nivel elevado de plomo en la sangre (otras fuentes de plomo incluyen gasolina con plomo, la alfarería, plomo en el agua y otros). Eliminando esta fuente de exposición así reducirían el nivel de plomo en la sangre por 6 microgramos el decilitro ( $20 \times .30 = 6$ ).
- c) El número de niños de edad 7 en Oruro (la mayoría de la población en riesgo son los niños de 7 y menores) es aproximadamente 2,700. Cada niño sufre una pérdida permanente de 1.5 IQ como resultado de la exposición al plomo por el suelo. Para Oruro, la pérdida total de puntos de IQ para cada cohorte de niños de 7-años es aproximadamente 4,050 (1.5 puntos x 2,700 niños) cada año.
- d) El valor presente de cada punto de IQ está sobre US\$230. Así, el valor presente de la pérdida de productividad de cada cohorte de niños de 7 años de Oruro está sobre US\$931,500.

---

<sup>5</sup> Esta estimación es de la Agencia de la protección del ambiente de Estados Unidos

- e) Una inversión para eliminar las fuentes de plomo en el suelo en Oruro prevendría sobre US\$7 millones de pérdidas en la sobre un periodo de veinte años (valor presente que usa una proporción del descuento de 12 por ciento). Un proyecto para eliminar la exposición de plomo en el suelo de menos de US\$7 millón (inversión y costos de operación) valdría la pena.

Eliminar la exposición al plomo del suelo también reduciría la exposición de niños al arsénico, cadmio, zinc y cobre que también pueden dañar la salud, mejorando los beneficios totales de la acción.

#### *Reduciendo la hipertensión en adultos masculinos*

Estudios en los Estados Unidos y en otras partes han asociado un incremento de un microgramo por decilitro en el plomo de la sangre con un aumento de (a) 3,630 casos de hipertensión por 100,000 hombres entre 20-70, (b) 17 casos de infartos no-fatales por 100,000 hombres entre 40-59, y (c) 17.5 muertes prematuras por 100,000 hombres entre 40-59.

Los Ejemplos 2 (a), (b) y (c) ilustran el método para estimar los beneficios de reducir la exposición de adultos masculinos al plomo usando las siguientes suposiciones:

- a) los niveles de plomo en la sangres son 20 microgramos por decilitro comparado con 5 micrograms por decilitro en los Estados Unidos. Así, se supone que los niveles de sangres pueden reducirse por 15 microgramos por el decilitro con los controles medioambientales en Bolivia.
- b) la Exposición al plomo por residuos de piedra contribuye 30 por ciento de los niveles de plomo totales elevados de la sangre (otras fuentes de plomo incluyen gasolina con plomo, la alfarería, plomo en el agua, etc.); eliminando esta fuente de exposición se reducirían los niveles de plomo en la sangre por 4.5 microgramos por decilitro (15 microgramo por decilitro x .30 = 4.5 microgramos por decilitro).
- c) El número de adultos masculinos entre 20-70 en Oruro es aproximadamente 22,800. El número de adultos masculinos entre 40-59 es aproximadamente 6,850.
- d) En los Estados Unidos, los costes durante el cuidado médico y el tiempo de trabajo perdido para la hipertensión son US\$550 y para los ataques cardíacos no-fatales US\$7,000 son (1997 dólares). En 1997, los gastos médicos per cápita promediaron

US\$1,950, mientras en Bolivia los gastos médicos per cápita promediaron US\$38<sup>6</sup> (el Banco Mundial, 1999). Si los costes para la hipertensión y ataques cardíacos del no-fatales consideran para la misma proporción de gastos médicos totales en Bolivia como en los Estados Unidos (28 por ciento y 360 por ciento respectivamente), entonces cada caso de hipertensión en Bolivia se valoraría sobre US\$10.65, y cada caso de ataques cardíacos del no-fatales se valoraría en US\$137. El valor de prevenir una muerte prematura estadística en Bolivia sería US\$200,000 como discutido anteriormente.

- e) Así los beneficios anuales totales de reducir casos de hipertensión en Oruro serían US\$39,665 (0.0363 casos por la persona por 1 microgramo por decilitro x 4.5 microgramos por reducción de decilitro de plomo en la sangre debido a la remediación del suelo x US\$10.65 por caso x 22,800 hombres). Los beneficios anuales totales de reducir los ataques cardíacos no-fatales debido a la exposición del plomo por el suelo estarían sobre US\$717. Los beneficios anuales totales en Oruro de prevenir una muerte prematura de la exposición de por suelo serían US\$1.08 millón.

Los beneficios anuales de reducir las enfermedades entre los varones adultos en Oruro debido a la exposición de plomo de la tierra contaminada serían así US\$1.12 millón. El valor presente total computado para un periodo de 20 años estaría sobre US\$8.6 millón, asumiendo una proporción del descuento de 12 por ciento. Vea tabla 1, la parte de la hoja de cálculo para la plomo.

Medidas que reducirían la exposición del plomo en la tierra también reducirían la exposición a otros metales pesados y metaloides en la tierra, como el cadmio y arsénico. Estos beneficios estarían además de aquéllos de reducir la exposición al plomo.

*Beneficios totales de salud por eliminar la exposición al plomo por el suelo*

El total de los beneficios cuantificables de eliminar la exposición al plomo por el suelo para niños y adultos masculinos podrían estar sobre US\$15.6 millón. Además, las acciones para eliminar la exposición de plomo por suelo también proporcionarían beneficios de la exposición reducida al arsénico, cadmio y otros metales pesados.

**Table 6 Resumen de beneficios potenciales de eliminar la exposición al plomo por suelo en Oruro**

<i>Categoría del beneficio</i>	<i>El valor presente</i>
--------------------------------	--------------------------

<sup>6</sup> Durante 1990-97 gastos médicos considerados para 6.6 por ciento del producto doméstico grueso de Estados Unidos y 3.8 por ciento del producto doméstico grueso de Bolivia.

	(EE.UU. \$)
El daño reducido de salud reducido debido a los niños	7,000,000
El daño reducido de salud debido a la exposición al plomo, varones entre 20-70	
Hipertensión	300,000
Infartos no-fatales	5,000
La mortalidad prematura	8,300,000
<b>El total</b>	<b>15,600,000</b>

### Arsénico

La ingestión de arsénico inorgánico puede causar cáncer. También puede causar efectos de no-cáncer en la salud, mientras incluyendo problemas de la piel, efectos en el sistema nervioso como picar y pérdida de sensibilidad, deterioro del oído, efectos en el corazón y sistema circulatorio, diabetes, y efectos en el sistema gastrointestinal e hígado. La inhalación de arsénico inorgánico puede producir el cáncer pulmonar.

Casi no hay información disponible sobre los efectos de compuestos del arsénico orgánicos en los humanos. Los estudios en los animales muestran que ese compuestos del arsénico más orgánicos son menos tóxicos que las formas inorgánicas. Sin embargo, las dosis altas pueden producir algunos de los mismos efectos.

Debe notarse que los efectos en la salud debido a la exposición de arsénico no se conocen bien. El arsénico no se conoce por dañar la salud humana con concentraciones existentes en el aire, agua y suelos en las zonas mineras de Bolivia, excepto cerca de las fuentes del punto como las fundiciones. La dosis más baja para la cual el arsénico afecta se ha encontrado ser aproximadamente 100 microgramos por litro en agua de abastecimiento. (Wildavsky, 1995).

### *Los niveles críticos de exposición*

Los estudios indican que personas diferentes reaccionan diferentemente a la exposición y es difícil de identificar con la certeza la exposición de atención. Por ejemplo, algunas personas pueden ingerir sobre de 150 microgramos por kilogramo de arsénico cada día sin los efectos en la salud, mientras los individuos más sensibles empiezan a mostrar uno o más de los síntomas de toxicidad arsénico con la ingestión de 20 microgramos por kilogramo por día (o aproximadamente 1,000 a 1,500 microgramos por día para un adulto). Los efectos son normalmente apacibles en este nivel de la exposición, mientras poniéndose más severo cuando la dosis aumenta. La dosis de 600 a 700 microgramos por kilogramo por día (alrededor de 50,000 micrograms por día en un adulto o 3,000 micrograms por día en un infante) ha causado la muerte en algunos casos. Cuando la exposición es del agua contaminada, las concentraciones de alrededor de 100 a 200 microgramos por el litro no parecen generar riesgo significativo en la salud, se han informado señales típicas de toxicidad de arsénico en varias poblaciones que beben el agua con 400 micrograms por el litro de arsénico o más. Para la exposición de la inhalación, las concentraciones aéreas de alrededor de 200 micrograms por el metro cúbico son asociados con la irritación a la nariz, la garganta y la piel expuesta, y los niveles más altos pueden llevar de vez en cuando a las señales apacibles de toxicidad sistémica similar a eso visto con la ingestión. El contacto de la piel directo con los compuestos del arsénico puede causar irritación superficial severa, pero ninguna estimación de dosis fiable está disponible en los niveles de la exposición a que estos efectos empiezan a aparecer.

De los datos disponibles en los humanos, la Agencia de la protección del ambiente de Estados Unidos (EPA) ha calculado que de toda la vida la ingestión de 1 microgramo por kilogramo por día (alrededor de 50 a 100 micrograms por día en un adulto) es asociado con un riesgo de cáncer superficial de aproximadamente 0.1 por ciento (1/1,000). Este nivel de dosis es comparable a beber agua que contiene 25 a 50 micrograms por el litro. De toda la vida la inhalación de aire que contiene 1 micrograms por el metro cúbico se estima que pueda causar un riesgo de cáncer pulmonar de aproximadamente 0.4 por ciento (4 en 1,000). Hay incertidumbre considerable subsecuentemente en el proceso de valoración de riesgo de cáncer, las estimaciones cuantitativas de riesgo de cáncer son intencionalmente conservadoras. Es decir, los riesgos reales de cáncer podrían ser más bajo, pero es improbable ser más alto.

*Recolectar datos de arsénico en la orina o pelo*

La información sobre los niveles de arsénico en orina o pelo indicaría si están exponiéndose los habitantes a los niveles de arsénico alto bastante para causar la preocupación.

*Identifique las vías de exposición*

El arsénico está extensamente distribuido en el ambiente, y todos los humanos se exponen a niveles bajos de esta substancia. Pueden exponerse las personas al arsénico a través de la ingestión de agua, tierra, comida o polvo y a través de la inhalación de aire contaminado. En la mayoría de los lugares, la vía más importante es ingestión de beber el agua: en las regiones con propiedades geoquímicas especiales, el nivel natural de arsénico en superficie o agua subterránea puede ser suficientemente alto como para dañar la salud cuando este agua se usa para beber. La inhalación de aire contaminado puede ser una vía importante cerca de las fundiciones. Los niños pueden recibir exposición significativa a través de ingerir tierra contaminada y polvo. Algún pescado comestible y marisco que contenga elevado nivel de arsénico, pero esto está predominantemente en una forma orgánica que tiene la toxicidad baja. Otras vías incluyen cosechas crecidas en el suelo contaminado de arsénico, y polvo transportado por el aire de las colas y caminos. Las cantidades pequeñas de arsénico pueden entrar en el cuerpo a través de la piel, pero ésta normalmente no es una vía importante de exposición. La tabla 7 lista las vías importantes, niveles críticos y naturales para el arsénico.

**Table 7 Vías de exposición con niveles críticos y naturales: Arsénico**

	agua de abastecimiento		aire		suelo		cultivos		pescado	
	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural
arsénico	200 el g/l	<10 el g/l	250 el g/m <sup>3</sup>	.02-.10 el g/m <sup>3</sup>	500 el g/g el peso seco	40 el g/g el peso seco	40 el g/g el peso seco	1 el g/g el peso seco	n.a.	n.a.

(g es microgramos; l litros; g gramos; ng nanogramos; n.d. no está disponible.

Nota: Los niveles críticos son niveles considerados potencialmente peligroso a la salud humana.

La fuente: La Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa 1987; Hutchinsonson y Meema 1987; la Agencia de Estados Unidos para las Substancias Tóxicas y Registro de la Enfermedad, 1989.

*Identifique las fuentes significativas y estime la importancia relativa de cada una*

Las fuentes importantes de arsénico incluyen fundiciones, el colas finas de los molinos, desechos de piedra y fuentes naturales. Los pesticidas también pueden ser fuentes importantes de arsénico. Un programa para reducir el daño de salud de la exposición arsénico debe

considerar los costos y viabilidad de reducir la exposición de las fuentes más importantes.

**Table 8 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir la exposición al arsénico**

<i>Datos necesarios</i>	<i>Método de la colección</i>
Niveles de arsénico en la orina o pelo	Pruebas orina o pelo.
Niveles de arsénico en agua de abastecimiento, aire, suelo, cosechas, y peces	Muestreo medioambiental
Fuentes de contaminación de arsénico	Las variaciones en los niveles de arsénico en la orina o pelo por distrito residencial o escolar pueden indicar fuentes de exposición. La información sobre las emisiones en el aire fundiciones puede ayudar a identificar las fuentes.

*Identifique las acciones para reducir la exposición*

Las acciones por reducir la exposición arsénico dependen de su fuente. Si la fuente mayor es una fundición, se necesitarán controles de las emisiones. Si la fuente importante es agua de abastecimiento naturalmente contaminada, la única manera de reducir la exposición sería desarrollar suministros alternativos de beber el agua. Si el polvo contaminado transportado por el aire es una fuente mayor, entonces el recubrir, revegetar o remover las colas puede ayudar. Las acciones preferidas son aquéllos que logran la reducción más grande en la exposición arsénico para los fondos disponibles.

**Table 9 Posibles acciones para reducir la exposición al arsénico**

<i>Acción</i>	<i>Costo</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Remediación de residuos mineros</i>		
Pavimentar o sellar los patios de recreo	Medio	Reducción de una fuente de arsénico en el aire. Reducirá la probabilidad de ingestión por suelo o polvo.
Pavimentar los caminos en pueblos	TBD	Reducción de una fuente de arsénico en el aire como de plomo y cadmio.
Canalizar y tratar el drenaje ácido de mina	Medio	Reducción de el riesgo de contaminación de arsénico, al abastecimiento del agua. Poco impacto inmediato en la calidad del agua.
Reduce emissions from smelters	High	Older plants may need expensive retrofitting. Some benefits may be achieved by upgrading production technology.
<i>Otras acciones</i>		
Fomentar el lavado de manos	Bajo	La efectividad depende de la disponibilidad de la familia para aceptar este hábito y la disponibilidad de agua limpia.
Instalar cobertores de ventanas en casas	Bajo	La efectividad depende de la participación de la familia.
Cercar fuera las áreas contaminadas	Bajo	La efectividad depende de la disponibilidad de los habitantes para obedecer las prohibiciones.

TBD será determinado.

#### *Análisis de Beneficio-Costo*

Para calcular el valor monetario de los beneficios de reducir la exposición arsénico se requiere (a) una estimación de las reducciones en las concentraciones arsénico en el agua, tierra, comida y aire que serían el resultado de cualquier acción particular (remediar colas y desmontes, mientras reduciendo las emisiones arsénico de las fundiciones); (b) estimación del impacto de la acción en la respuesta de la salud humana; (c) estima del valor monetario de morbilidad reducida y mortalidad; y (d) estimación de capital y costos de operación y mantenimiento de la acción.

#### *Beneficios de reducir la exposición al arsénico*

Los beneficios de reducir la exposición al arsénico en las zonas mineras bolivianas sería la reducción en el daño a la salud humana, incluyendo (a) reducción de casos de cancer (b) los efectos de salud de noncancer reducidos.

*Valorando los beneficios*

*Reducción de casos de cáncer.* El valor de reducir el riesgo de cáncer es la voluntad de las personas para pagar para reducir el riesgo de contraer la enfermedad. No hay suficiente disposición desgraciadamente, para pagar estudios específicamente dirigiéndose a los riesgos de cancer. El método usado aquí valoras los beneficios de reducir el riesgo no-fatal y los casos de cáncer fatales. Los beneficios de reducir los casos de cáncer de no-fatal son calculados como el valor presente de los costos que se espera que sean incurridos sobre el curso de la enfermedad, mientras incluyendo costo esperado de cuidado médico y valor de tiempo de trabajo perdido. El costo de la metodología de enfermedad no incluye costos asociados con el dolor y sufrimiento, para que tienden a infravalorar la verdadera voluntad para pagar. Se estiman los beneficios de reducir los casos de cáncer fatales como el valor de reducir riesgo de una muerte estadística prematura asociado con el cáncer. Las estimaciones para fatal y se combinan los casos de cáncer no fatal para obtener un solo valor por nuevo caso de cáncer que usa los Estados Unidos la supervivencia quinquenal tasa para el cáncer.

Hay muy pocos estudios que estiman los costos de enfermedad debido al cáncer. Los estudios que existen son para todos los tipos de cáncer, no los cánceres probablemente para ocurrir con la exposición al arsénico: la piel, pulmón y cáncer de la ampolla. Estos reflejan la media de 5-años cáncer supervivencia proporción en los Estados Unidos que pueden ser muy diferente de eso en Bolivia. Las estimaciones presentadas aquí deben considerarse inciertas. La tabla a continuación lista las mejores estimaciones para los valores monetarios por reducir los casos de cáncer en los Estados Unidos, ajustados para las diferencias en por los ingresos per cápita entre los Estados Unidos y Bolivia.<sup>7</sup>

**Table 10 Resumen de valores monetarios seleccionados para los casos de cáncer en Bolivia (dólares en 1997)**

	Dólares por caso de cáncer nofatal (EE.UU. \$)	Dólares por caso de cáncer fatal (EE.UU. \$)	Dólares promedio para todos los casos de cáncer (EE.UU. \$)*
Bajo	4,250	125,000	64,000
Central	8,550	200,000	102,000
Alto	17,000	300,000	156,000

\* Basado en la media proporción de supervivencia de 5-año de 51 por ciento en los Estados Unidos

<sup>7</sup> Los valores de Estados Unidos han sido dividido por 29.3 como explicado en nota a pie de página 2

La voluntad para pagar estimada por nuevo caso de cáncer fue calculada según la siguiente ecuación:  $\text{voluntad para pagar por cancer} = (\text{la proporción de supervivencia} \times \text{US\$8,550}) + (1 - \text{la proporción de supervivencia}) \times \text{US\$200,000}$ . La tasa de supervivencia para los pacientes de cáncer depende del sitio del cáncer y de la fase en que el cáncer se descubre. Para este análisis la media proporción de supervivencia de 5-año de 51 por ciento para todos los pacientes de cáncer en los Estados Unidos fue usada (el Escritorio de Estados Unidos del Censo, 1992). Claramente, el valor de prevenir un cáncer fatal es mucho más alto que el valor para prevenir un cáncer no-fatal, por lo tanto la proporción de supervivencia representa una diferencia significativa para determinar el valor promedio por caso de cáncer. Cuando se consigan datos de la tasa de supervivencia para el pulmón, piel y cáncer de la vejiga en Bolivia, la voluntad para pagar las medidas debe ajustarse.

*Reduciendo efectos de no-cancer en la salud.* No hay ninguna estimación disponible de los costos de enfermedad o disponibilidad para pagar por los efectos de salud de noncancer asociados con la exposición al arsénico. Los efectos varían ampliamente e incluyen dolor del estómago, náusea, y vomito durando unas horas sin requerir ningún tratamiento, así como envenenamiento requiriendo la hospitalización. Algunos de los efectos son totalmente reversibles, otros pueden tener efectos de meses o años. No hay valores para estos. Podemos asumir que éstos son positivos y aumentan los beneficios de acciones para reducir los casos de cáncer.

#### *Ejemplo*

El ejemplo 3 ilustra el método para estimar los beneficios de reducir la exposición al arsénico que usa las suposiciones siguientes:

- a) La exposición al arsénico en el suelo contribuye 30 por ciento de carga del cuerpo total de arsénico, la exposición al arsénico en el agua contribuye 30 por ciento, la exposición al arsénico en el aire contribuye 20 por ciento y exposición al arsénico en las cosechas contribuye 20 por ciento. Los modelos de Riesgo combinados con sus modelos de Hydroqual deben poder especificar y dar una idea clara de las sendas de exposición arsénico. Éstos pueden sustituirse para esta suposición
- b) El número de las personas expuesto 100,000.
- c) La reducción en casos de cáncer por año debido a la remediación de cualquier fuente varía de 0.3-0.45. Esta es una suposición

- d) La reducción en casos de no-cancer por año debido a la remediación de cualquier una fuente varía de 40-60. De nuevo ésta es simplemente una suposición.
- e) El valor por caso de cáncer es US\$102,000. El valor por caso de noncancer es US\$10. El valor para los casos de no-cancer es estrictamente ilustrativo, ya que no tenemos la información sobre el verdadero valor efectos de no-cancer debido a la exposición arsénico.
- f) Los beneficios anuales de reducir la exposición son US\$48,300 por reducir la exposición arsénico de la tierra y agua, y US\$32,200 por reducir la exposición arsénico del aire y cosechas.

El valor presente de reducir la exposición arsénico del suelo y el agua está sobre US\$350,000. El valor presente de reducir la exposición del aire y las cosechas están sobre US\$230,000 (computó para un periodo de 20 años con una proporción del descuento de 12 por ciento). Vea la tabla 2, de la hoja de cálculo para el arsénico.

Las medidas que reducirían la exposición al arsénico también reducirían la exposición a otros metales pesados, como la plomo y cadmio. Estos beneficios sería además de aquéllos de reducir la exposición al arsénico..

#### *Beneficios totales de reducir la exposición al arsénico*

Los beneficios totales cuantificables de reducir la exposición arsénico por todas las vías estarían sobre US\$1.2 millón, usando las suposiciones mencionadas anteriormente. Las acciones para reducir exposición arsénico con un costo menor de US\$1.2 millón (inversión y costosde operación) valdría la pena.

**Table 11 Resumen de beneficios potenciales de reducir la exposición arsénico**

<i>Categoría del Beneficio</i>	<i>El valor presente (EE.UU. \$)</i>
Reducción en casos de cáncer y no-cancer	
Suelo	350,000
Agua	350,000
Aire	230,000
Cultivos	230,000
<b>Total</b>	<b>1,160,000</b>

### **Cadmio**

El cadmio puede causar varios efectos de salud adversos. La ingestión de dosis altas causa irritación severa del estómago, llevando al vómito y diarrea. La inhalación de plomos de dosis altas a la irritación severa de los pulmones. Las tales exposiciones altas, sin embargo, son sumamente raras. De preocupación mayor los efectos que pueden ocurrir son, mientras siguiendo la exposición a largo plazo, de bajo nivel. La inhalación de cadmio y ciertos compuestos del cadmio puede causar cáncer pulmonar. Ingestión o inhalación de cadmio pueden llevar a los efectos de no-cancer en la salud. La inhalación puede causar enfisema. La ingestión o inhalación pueden causar daños del riñón. Esta enfermedad del riñón normalmente no pone en peligro la vida, pero puede llevar a la formación de piedras del riñón y puede afectar el esqueleto, ambos son dolorosos y debilitan.

Como con el arsénico, no se entienden bien los impactos de exposición del cadmio. El daño de salud no se conoce ocurre a concentraciones normales en el aire, agua y tierras de la región minera de Bolivia.

#### *Niveles críticos de exposición*

La cantidad de cadmio necesaria para causar un efecto adverso en una persona expuesta depende de la forma química y física del elemento. En general, compuestos del cadmio que se disuelven fácilmente en el agua (el cloruro del cadmio), o aquéllos que pueden disolverse en el cuerpo (el óxido del cadmio), tienden ser más tóxicos que los compuestos difícil de disolver (el sulfide del cadmio).

Las concentraciones de aire de 1,000 micrograms por metro cúbico son asociadas con la irritación aguda de pulmón. La exposición a largo plazo y la exposición a largo plazo a niveles de 100 micrograms por metro cúbico pueden aumentar el riesgo de enfisema. Estos mismos niveles también son asociados con el desarrollo de daño del riñón similar al observado con exposición oral. Se piensa que la exposición a largo plazo a un nivel de 20 micrograms por metro cúbico propone un riesgo relativamente bajo de lesión a pulmones o riñones. Basado en los datos disponibles, se ha estimado que de toda la vida la inhalación de aire que contiene 1 microgramo por metro cúbico de cadmio es asociada con un riesgo de cáncer pulmonar de aproximadamente 2 en 1,000.

Para los compuestos del cadmio solubles, una dosis oral de aproximadamente 50 micrograms por kilogramo (3,500 micrograms por kilogramo en un adulto) se considera que es el mínimo que causa la irritación al estómago. La ingestión a largo plazo de aproximadamente 5 micrograms por kilogramo (350 micrograms por día en un adulto) se cree que tiene riesgo relativamente bajo de causar la lesión al riñón u otros tejidos. La ingestión no se conoce por causar el cáncer.

#### *Recolecte datos de cadmio en sangre u orina*

La cantidad de cadmio en la sangre es un buen indicador de reciente exposición. La cantidad de cadmio en la orina refleja cuánto cadmio está presente en el cuerpo. La información sobre los niveles de cadmio en sangre o la orina indicaría si están exponiéndose los habitantes a los niveles de cadmio alto suficientemente altos para causar.

#### *Identifique las vías de exposición*

Las cantidades pequeñas de cadmio ocurren naturalmente en el aire, agua, tierra, y comida. Para la mayoría de las personas, los granos, verduras y peces son la fuente primaria de exposición del cadmio; las cosechas tienden a obtener el cadmio de la tierra y los peces tienden a tomarlo del agua. El agua raramente contiene concentraciones altas de cadmio de preocupación. Pueden exponerse personas que viven cerca de las fundiciones al cadmio en el aire. Las personas pueden ingerir tierra de vez en cuando contaminada, sobre todo los niños.

Fumar es otra fuente importante de cadmio. Como otras plantas, el tabaco contiene cadmio, el cual se inhala en el humo del cigarro. La mayoría de las personas que fuman tienen sobre el doble de cadmio en sus cuerpos que los no-fumadores.

Muy poco cadmio muy pequeño entra en el cuerpo a través de la piel. Normalmente sólo aproximadamente 1 a 5 por ciento de lo que se toma por la boca es absorbido por la sangre, mientras aproximadamente 30 a 50 por ciento de lo que se inhala entra en la sangre. Sin embargo, una vez el cadmio entra en el cuerpo, es generalmente retenido. Por consiguiente, incluso las dosis bajas pueden construir niveles de cadmio significantes si la exposición continúa por periodos largos.

**Table 12 Vías de exposición con niveles natural es y críticos: Cadmio**

	Agua de abastecimiento		Air		Suelo		Cultivo		Peces	
	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural	crítico	natural
Cadmio	10 µg/l	n.a.	200 ug/m <sup>3</sup>	>10 ug/m <sup>3</sup>	n.a.	.15 ug/g el peso seco	50 ug/g el peso seco	>0.5 ug/g el peso seco	n.a.	n.a.

ug son microgramos; l litros; g gramos; n.d. no está disponible.

Nota: Los niveles críticos son considerados potencialmente peligrosos a la salud humana.

Fuente: La Agencia de Estados Unidos para las Substancias Tóxicas y Registro de la Enfermedad, 1989..

*Identifique las principales fuentes y estime la importancia relativa de cada uno*

Las fuentes importantes de cadmio en las áreas mineras bolivianas incluyen las fundiciones, colas finas de los molinos y desechos de roca de minas .

**Table 13 Datos necesarios para desarrollar un programa para reducir la exposición al cadmio**

<i>Datos requeridos</i>	<i>El método de colección</i>
Niveles de cadmio en la sangre u orina	Muestras de sangre u orina.
Niveles de cadmio en la comida (los granos, las verduras, pescado), aire, suelo y agua de abastecimiento	Monitoreo medioambiental.
Fuentes de contaminación del cadmio	Las variaciones en los niveles del cadmio en la sangre o la orina por hogar pueden indicar a las fuentes de comida. La información sobre las emisiones para aire de las fundiciones sería valiosa

*Identifique acciones para reducir la exposición*

Las acciones para reducir la exposición al cadmio dependen de su fuente. Si la fuente primaria es una fundición, el control de las emisiones ayudará. Si la fuente principal es tierra

contaminada utilizada para la agricultura o arroyos contaminados de donde se toman los peces, la acción más inmediata es detener a las personas de consumir la comida de estas fuentes y dejar de usar los recursos para la producción de comida hasta que el problema pueda resolverse. Se necesitarán medidas para reducir la descarga de cadmio en el ambiente entonces. Algunas alternativas específicas aparecen en la tabla 14.

**Table 14 Posibles acciones para reducir la exposición al cadmio**

<i>Acción</i>	<i>Costo</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Remediación de residuos mineros</i>		
Estabilizar diques de colas	Medio	Reduciría descargas de cadmio al agua superficial, reduciendo el riesgo de que las personas consuman el pez contaminado..
Minimizar el drenaje de roca	Medio	Reducción de descargas de cadmio al agua superficial
Canalizar y tratar el drenaje ácido de mina	Medio	Reducción de descargas de cadmio en el agua superficial.
Mejore los diques de retención para minimizar las descargas	Medio	Reducción de descargas de cadmio en el agua superficial
Reducción de las emisiones de las fundiciones	Alto	Las plantas más viejas pueden necesitar el renovación cara. Algunos beneficios pueden lograrse actualizando la tecnología de la producción.
<i>Otras acciones</i>		
Detener el consumo de comida contaminada	Bajo	La efectividad depende de la efectividad de crear conciencia y la disponibilidad de fuentes alternativas de comida.
Cercar fuera de las áreas contaminadas. Prohibir el crecimiento de cosechas en las tierras contaminadas	Bajo	La efectividad depende de la disponibilidad de los habitantes para obedecer las prohibiciones

TBD será determinado.

#### *Análisis de beneficio-costo*

Para calcular el valor monetario de los beneficios de reducir la exposición del cadmio se requiere (a) estimarlas reducciones en las concentraciones del cadmio en la comida, tierra, aire y agua de la superficie que serían el resultado de cualquier acción particular (remediación de desechos mineros, reducción de las emisiones del cadmio de las fundiciones, etc.); (b) estimar el impacto de la acción en las respuestas de salud humanas; y (c) estimar el valor monetario de morbilidad reducida y mortalidad; y (d) estimar el capital y costos de operación y el mantenimiento de la acción.

#### *Beneficios de reducir la exposición del cadmio*

Los beneficios de reducir la exposición del cadmio en las áreas de la minería bolivianas serían la reducción en el daño a la salud humana, incluyendo (a) casos reducidos de cancer, y (b) los efectos de salud de noncancer reducidos. El valor de eliminar un caso de cáncer debido a la exposición del cadmio es US\$102,000, como explicado en la sección del arsénico. En cuanto al arsénico, hay ninguna estimación del valor de los efectos de no-cancer en la salud debida a la exposición al cadmio.

### *Ejemplo*

El ejemplo 4 ilustra el método para estimar los beneficios de reducir la exposición al cadmio usando las suposiciones siguientes:

- a) La exposición al cadmio en la comida contribuye 60 por ciento de carga del cuerpo total de cadmio, la exposición al cadmio en el agua contribuye 15 por ciento, la exposición al cadmio en el aire contribuye 15 por ciento, y la exposición al cadmio en la tierra contribuye 5 por ciento.
- b) El número de las personas expuesto es 100,000..
- c) La reducción en los casos de cáncer por año debido a la reducción en las emisiones aéreas es 0.3. La inhalación de aire contaminado es la única senda conocida de cáncer del cadmio.
- d) La reducción en casos de no-cancer por año debido a la remediacion de cualquier una fuente varía de 10-60. De nuevo ésta es simplemente una suposición
- e) El valor el caso de cáncer es US\$102,000. El valor por caso de no-cancer es US\$10. El valor para los casos de no-cancer es estrictamente ilustrativo, cuando no se tiene la información sobre el verdadero valor del efecto de no-cancer en la salud debido a la exposición del cadmio
- f) Los beneficios anuales de reducir la exposición al cadmio varía desde US\$100 por reducir la exposición del cadmio de la tierra, a US\$30,600 por reducir la exposición del cadmio del aire.

El valor presente de reducir la exposición del cadmio va de US\$100 para la tierra, a US\$30,750 para el aire (computó para un periodo de 20 años con una proporción del descuento

de 12 por ciento). La gama amplia es el resultado del valor alto de casos de cáncer comparado a los efectos de salud de non cancer. Vea la tabla 3, la parte de la hoja de cálculo del cadmio.

Medidas que reducirían la exposición al cadmio también reducirían la exposición a otros metales pesados, como la plomo y arsénico. Estos beneficios estarían además de aquellos de reducir la exposición al cadmio.

*Beneficios totales en la salud por reducir la exposición arsénico*

Los beneficios totales cuantificables de reducir la exposición del cadmio de por todas las vías estarían así sobre US\$240,000. Las acciones para reducir exposición al cadmio que cuesten menos de US\$240,000 (en inversión y costos de operación) valdría la pena. Las acciones que reducen la exposición del cadmio al costo más bajo deben seguirse primero.

**Table 15 Resumen de beneficios potenciales de reducir la exposición al cadmio**

<i>Categoría del beneficio</i>	<i>Valor presente (EE.UU. \$)</i>
Reducción de cáncer y casos de no-cáncer	
Comida	4,500
Agua	1,100
Aire	230,000
Suelo	750
<b>Total</b>	<b>236,350</b>

## LAS REFERENCIAS

- American Society for Testing and Materials. 1994. *Emergency Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*. (ES 38-94).
- Bradley, David, Sandy Cairncross, Trudy Harpham, and Carolyn Stephens. 1992. *A Review of Environmental Health Impacts in Developing Country Cities*. Urban Management Discussion Paper 6. Washington, D.C.: World Bank.
- Center for Disease Control. 1991. "Strategic Plan for the Elimination of Childhood Lead Poisoning." United States Department of Health and Human Services.
- Choe, KyeongAe, Dale Whittington, and Donald Luria. 1996. "The Economic Benefits of Water Quality Improvements in Developing Countries: A Case Study of Davao, Philippines." *Land Economics* 72: 519-37.
- Hutchinson, T., and K. Meema, eds. 1987. *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*, New York: John Wiley and Sons.
- Johnson, P. and D. Rounds. 1994. "Risk-Based Corrective Action at Petroleum Release Sites." *American Society for Testing and Materials News* (May).
- Ostro, Bart. 1992. "The Health Effects of Air Pollutants: A Methodology with Applications to Jakarta." World Bank, Policy Research Department, Public Economics Division, Washington, D.C.
- . 1994. "Estimating the Health Effects of Air Pollutants." Working Paper 1301. World Bank, Policy Research Department, Public Economics Division, Washington, D.C.
- United States Agency for International Development. 1990. "Ranking Environmental Health Risks in Bangkok, Thailand." Working Paper. Office of Housing and Urban Programs.
- United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1989. "Public Health Statement: Arsenic," Washington, D.C.
- United States Department of Interior, Bureau of Mines. 1994. "Abandoned Mine Inventory and Hazard Evaluation Handbook," May, Washington, D.C.

United States Environmental Protection Agency. 1985. "Costs and Benefits of Reducing Lead in Gasoline: Final Regulatory Analysis ." Office of Policy, Planning and Evaluation, Economic Analysis Division, Washington, D.C.

———. 1999. "Draft Regulatory Impact Analysis Control of Air Pollution from New Motor Vehicles: Tier 2 Motor Vehicle Emissions Standards and Gasoline Sulfur Control Requirements." Office of Air and Radiation, Washington, D.C., April.

United States National Academy of Sciences. 1983. *Risk Assessment in the Federal Government*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

———. 1994. *Science and Judgment in Risk Assessment*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

Viessman Jr., W. and M. Hammer. 1985. *Water Supply and Pollution Control, 4th edition*. New York: Harper and Row.

Wildavsky, Aaron. 1995. *But Is It True?* Cambridge, MA: Harvard University Press.

World Bank. 1993. *World Development Report 1993: Investing in Health*. New York: Oxford University Press.

———. 1997. *World Development Report 1999/2000: Entering the 21<sup>st</sup> Century*. New York: Oxford University Press.

World Health Organization, Regional Office for Europe. 1987. *Air Quality Guidelines for Europe*. Copenhagen.