



CIES
Consortio de Investigación
Económica y Social

UNALM
Universidad Nacional Agraria la Molina
Dpto. de Economía y Planificación



Consortio de Investigación Económica y Social – CIES
Concurso de Investigación ACDI-IDRC 2007
Proyecto Breve Cerrado (PBC)

BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA REDUCCIÓN DE PLOMO EN LA SANGRE DE POBLACIÓN INFANTIL: “El caso de Puerto Nuevo, Callao”

Roger Loyola

Profesor Asociado
Departamento de Economía y Planificación
Universidad Nacional Agraria la Molina
Av. La Molina, La Molina s/n
rogerloyola@lamolina.edu.pe
Telf. (01) 349-5647 anexo 239
Fax: (01) 349-5742

Carlos Soncco

Profesor Auxiliar
Departamento de Economía y Planificación
Universidad Nacional Agraria la Molina
Av. La Molina, La Molina s/n
soncco@lamolina.edu.pe
Telf. (01) 349-5647 anexo 239
Fax: (01) 349-5742

LIMA - PERÚ

ÍNDICE GENERAL

Resumen	4
1.0 INTRODUCCIÓN	6
2.0 ANTECEDENTES	9
3.0 MARCO TEÓRICO	13
3.1 Efectos del plomo en la salud.....	13
3.2 Coeficiente Intelectual - Plomo en sangre	15
3.3 Beneficio económico por reducción de plomo en sangre.....	16
4.0 METODOLOGÍA	21
5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.1 Cálculo de los beneficios económicos.....	24
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 01. Niveles de concentración de plomo en sangre (ug/dL), 1998 - 2006
- Cuadro 02. Población infantil de Puerto Nuevo afectada por niveles de concentración de plomo en sangre superiores a 20 ug/dL, 1998-2042
- Cuadro 03. Niveles de Plomo en Sangre (ug/dL) y acciones recomendadas
- Cuadro 04. Ajuste de parámetros para las funciones de transferencia de beneficios para Perú
- Cuadro 05. Valores actuales (VA) transferidos de beneficios en salud equivalente a un punto de IQ
- Cuadro 06. Valores actuales totales (VA_{π}) transferidos de beneficios en salud por cada niño menor a 6 años
- Cuadro 07. Flujo de pérdida de ingresos por vida útil por reducción en el IQ atribuible a presencia de plomo en sangre
- Cuadro 08. Valores actuales totales (VAT) de beneficios en salud para la población total de niños afectados menores a 6 años

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 01. Niveles de plomo en sangre en población infantil de acuerdo al sitio de muestreo. Lima Metropolitana y Callao, 1998-1999
- Gráfico 02. Niveles de concentración de plomo en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Gráfico 03. Empresas productoras de Plomo en el Perú, 2007
- Gráfico 04. Exportaciones de plomo y concentrado de plomo del Perú, 2007
- Gráfico 05. Exportaciones de plomo (Millones de US\$), 1996 - 2007
- Gráfico 06. Asociación de la concentración del plomo en sangre y el coeficiente intelectual (IQ)
- Gráfico 07. Metodología para estimar el impacto económico en la salud

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Transporte de concentrados de plomo hacia el puerto del Callao.
- Figura 2. Niveles de plomo en sangre a los que se presentan efectos en niños en $\mu\text{g}/\text{dL}$

**“Beneficios económicos de la reducción de plomo en la sangre de población infantil”
El caso de Puerto Nuevo, Callao**

Resumen

El objetivo de esta investigación es estimar los beneficios económicos de reducir la contaminación del plomo en sangre en la población infantil menor a 6 años, en un área altamente expuesta a este contaminante en el Callao. Este beneficio, “costo evitado”, podría interpretarse como el beneficio que podría producirse si se implementara una política para la reducción de los niveles de plomo en sangre por debajo del umbral, 10 ug/dL, establecido por la OMS. Para ello, se parte por identificar a la población infantil con altos niveles de plomo en sangre y luego estimar el valor económico aplicando el método de transferencia de beneficios y Capital Humano en base a estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU (EPA), referidas al efecto de una reducción del Coeficiente Intelectual (IQ) en el valor actual (VA) de los ingresos esperados por cada punto de IQ. La estimación del VA, se realiza utilizando el método propuesto por Heintz y Tol (1996), basado en el diferencial del ingreso per cápita ajustado por índice de la paridad del poder de compra (PPC), ajustado por las variables de esperanza de vida y gastos nacionales en salud; además de la elasticidad ingreso. Los beneficios económicos totales calculados, para la población afectada, fluctúan entre US\$ 20,527.4 – 14,003.0 millones. Los resultados de la investigación podrían ser un insumo para fines de diseño de política ambiental, donde la actividad minera es el componente más dinámico de la economía, y donde la actividad minera presenta hasta hoy, niveles significativos de pasivos ambientales, muchos de los cuales están relacionados a contaminación por plomo.

Palabras clave: Plomo en sangre, coeficiente Intelectual (IQ), método de Capital Humano, Transferencia de beneficios.

**“Economic Benefits of the lead reduction in the blood of infantile population”
The case of Puerto Nuevo, Callao**

Summary

The objective of this research is to consider the benefits economic to reduce the contamination of the lead in blood in infantile population smaller to 6 years in an area highly set out to this polluting agent in the Callao. This benefit, avoided cost, could be interpreted as the benefit that could take place if a policy for the reduction of the lead levels were implemented in blood below the threshold, 10 ug/dL, established by the WHO. For it, part to identify itself to the infantile population with lead high levels in blood and soon to consider the economic value applying to the method of transference of benefits and Human Capital, on the basis of estimations of the Agency of Environmental Protection of the United States, referred in order that a reduction of the Intellectual Coefficient (IQ) in the present value (PV) of the income waited for by each point of IQ. The estimation of PV, is realized using the method proposed by Heintz and Tol (1996), based on the differential of the per capita income adjusted by purchase power parity (PPP), adjusted by the variables of life expectancy and national expenses in health; and elasticity income. The calculated total economic benefits, for the affected population, fluctuate between US\$ 20,527.4 – 14,003.0 million. The results of the research could be consumption for aims of design of environmental policy, where the mining activity is the most dynamic component of the economy, and where the mining activity presents until today, significant levels of environmental liabilities, many of which are related to contamination by lead.

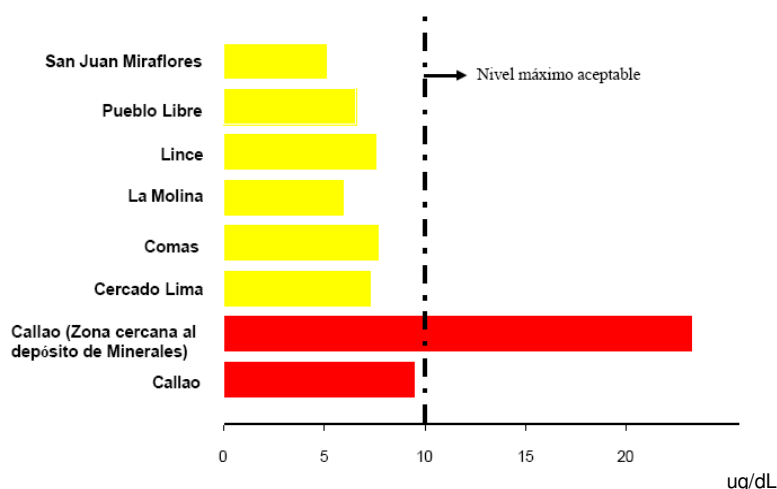
Key words: Lead in blood, Intellectual quotient (IQ), Human Capital method, Transference of benefits

1.0 INTRODUCCIÓN

El Callao presenta serios problemas ambientales ocasionados por el modelo de desarrollo, en el que la dimensión ambiental como eje insoslayable para alcanzar un desarrollo sostenible no ha tenido la atención debida por parte de las autoridades, el sector productivo y la sociedad en general. Una clara muestra de esta situación es el intenso pero desordenado crecimiento urbano e industrial, generado principalmente por la presión urbana de Lima Metropolitana, cuyos criterios de expansión no consideraron la protección ambiental como eje importante de desarrollo sostenible, teniendo como consecuencias los preocupantes niveles de pobreza y baja calidad de vida en términos de deterioro de salud, contaminación y degradación de recursos naturales. Precisamente entre los graves problemas en materia ambiental y de salud, son altos niveles de concentración de plomo que afecta a la población expuesta a la misma, pero en particular a la población infantil, que es la más vulnerable.

En 1998 la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud del Perú condujo un estudio epidemiológico para determinar el impacto del plomo de la gasolina en los habitantes de Lima Metropolitana. El estudio fue de carácter transversal descriptivo en población escolar y pre-escolar de 7 distritos de Lima, incluyendo el Callao. Los valores promedio de plomo en sangre en gestantes y niños menores de 6 años de toda la ciudad mostraban valores que no pasaban los 10 ug/dL recomendados por los Centros de control de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), salvo para el distrito del Callao (ver gráfico 1), donde se observó dos patrones en los 254 niños participantes en la muestra. Uno con valores promedio de 23.0 a 25.2 ug/dL para aquellos niños que vivían cerca de “depósitos de minerales”; y otro con valores más bajos en promedio de 8.3 ug/dL para aquellos que estaban en otras zonas del Callao.

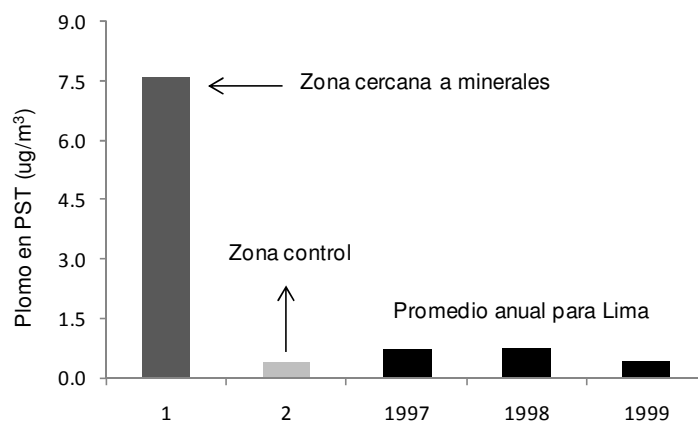
Gráfico 01. Niveles de plomo en sangre en población infantil de acuerdo al sitio de muestreo. Lima Metropolitana y Callao, 1998-1999.



Fuente: Espinoza, 1998

El estudio basal concluyó que en comparación con el resto de Lima y el Callao, los niños que habitan en el Asentamiento de Puerto Nuevo en el Callao tienen casi 50 veces más riesgo de presentar niveles elevados de plomo en sangre. Para los niños cuyos niveles de plomo en sangre se encuentran por encima de 20 microgramos por decilitro (ug/dL), el riesgo de reprobación algún año escolar es 3 veces mayor. De manera similar, al haberse realizado la evaluación de los niveles de concentración de plomo en el aire, se encontró que en las zonas cercanas a los depósitos de concentrados de plomo superaban en 15 veces el estándar de calidad ambiental¹. Ver gráfico 02

Gráfico 02. Niveles de concentración de plomo en aire (ug/m³)



Fuente. Espinoza, 1998

El plomo es un metal que no cumple ninguna función en el organismo del ser humano. Por el contrario, numerosos estudios epidemiológicos indican que es muy dañino porque interfiere con el desarrollo normal de los niños desde su formación por atravesar la barrera placentaria y hemato-encefálica hasta los dos años, disminuyendo por cada aumento de 10 ug/dL de plomo en sangre 2.5 puntos en el Coeficiente Intelectual (IQ) y 1 cm en el crecimiento (Hernández-Ávila et al. 1999, p.2). El plomo que ingresa en el organismo, se absorbe alrededor del 40% en los niños y el 10% en los adultos. Además, los niños retienen hasta un tercio de la dosis absorbida. Una vez en el organismo, la sustancia interfiere con la absorción del calcio y hierro al tener los mismos receptores intestinales. Los efectos varían de acuerdo al estado nutricional, la dosis absorbida y momento y duración de la exposición. Muchas veces el cuadro clínico es silencioso. Por ello hay que detectarlo por pruebas de laboratorio y estudios epidemiológicos ambientales que muestren fuentes de exposición.

En el Callao, el hallazgo del estudio basal ameritó un estudio de fuentes ambientales realizado entre 1999 y 2001. Mediante un estudio de isótopos de plomo efectuado en colaboración con el CDC y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) se determinó que la principal fuente del plomo en sangre de

¹ La Ley 26842, General de Salud, y del Decreto Supremo 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, establece en 0.5 ug/m³ de Pb en PTS en el aire.

estos niños provenía del polvo de las casas que por acción del viento venía de los depósitos de concentrados de minerales que se encontraban al aire libre. El más grande de estos depósitos colindaba con el colegio María Reiche en el asentamiento humano Puerto Nuevo y los valores de plomo en suelo en las viviendas más cercanas al depósito superaban los 4,000 ug/g. Los estudios ambientales demostraron que la concentración de plomo disminuía progresivamente conforme aumentaba la distancia a los depósitos.

En el caso del agua potable, no representó un riesgo para la salud por este metal; el suelo sí, porque contiene plomo de pasivos ambientales y contaminación reciente. Esto llevó a las autoridades locales y nacionales a tomar medidas como el reordenamiento de los depósitos, reordenamiento vehicular por pistas alternas, trabajo con padres de familia y promotoras de salud para adquirir hábitos y comportamientos que minimicen el riesgo de exposición, dado que no aceptaron la propuesta de reubicación de sus viviendas, el reordenamiento del sistema de transporte de minerales por camiones y tren. Actualmente se sigue trabajando la propuesta de construcción de una faja transportadora hermética desde los depósitos al muelle del Puerto del Callao. Sin embargo, las medidas de higiene y control biológico de exposición, así como las mediciones ambientales no determinan una recuperación inmediata de las facultades cognitivas de estos menores y se agravan por la desnutrición, pobreza y problemas sociales.

En este contexto, el objetivo central de esta investigación es estimar los beneficios económicos de reducir la contaminación del plomo en sangre en la población infantil menor a 6 años. En esta investigación se considera que los beneficios de establecer estándares que protejan la salud de la población y de los niños en particular, están determinados en función del valor actual (VA) del ingreso esperado a lo largo de la vida útil. Los beneficios se pueden definir como los daños evitados a la salud por la reducción del coeficiente intelectual (IQ) de un niño.

Adicionalmente se tiene los siguientes objetivos específicos: 1) Identificar las fuentes de contaminación por plomo en la zona de estudio; 2) Estimar el valor actual de los ingresos esperados por cada punto de Cociente Intelectual. Para ello se ha tomado como unidad de análisis a la población infantil del AA.HH Puerto Nuevo, un área altamente expuesta a contaminación por plomo, por su cercanía a los depósitos de concentrado de este mineral tóxico.

Los resultados de esta investigación podrían ser de mucha utilidad para fines de diseño de política ambiental en el Perú, donde la actividad minera es el componente más dinámico de la economía del país, y porque además las operaciones mineras presentan aún niveles significativos de pasivos ambientales que agravan el deterioro ambiental en el país, muchos de los cuales están relacionados a contaminación por plomo.

La estructura del documento es la siguiente. En la segunda parte se desarrolla una breve explicación de los antecedentes del estudio; en la tercera parte se explica brevemente el marco teórico que sustenta el estudio; en la cuarta parte se expone la metodología utilizada, mientras que en la quinta parte se estima el beneficio de la

reducción de los niveles de plomo en sangre en población infantil, para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones.

2.0 ANTECEDENTES

La interacción del ser humano con el medio ambiente produce diversos efectos, algunos benéficos y otros dañinos. El desarrollo industrial ha traído aparejada la acumulación de distintos elementos potencialmente tóxicos que generan riesgos y daños a la salud, con alto impacto ambiental y económico, entre éstos el plomo, que se encuentra en el medio ambiente principalmente como resultado de diferentes actividades económicas, en particular la actividad minera.

La exposición al plomo constituye un problema de salud pública a nivel mundial, particularmente en los países en desarrollo. El plomo no cumple ninguna función fisiológica en el organismo humano; sin embargo, su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición, aún a niveles bajos, para todos los grupos de edad, particularmente de la población infantil.

La contaminación por plomo es un problema presente desde varias décadas, primero en el ambiente laboral y posteriormente en la comunidad. El plomo, en sus diferentes formas inorgánicas, se constituye como el contaminante del ambiente en general, excepto el derivado de la combustión de la gasolina. La gasolina con altos niveles de plomo se constituye en uno de los mayores problemas, aunque en los últimos años las concentraciones de plomo en la gasolina han disminuido en muchos países². Los impactos de éste contaminante son mayores en sitios urbanos, dado el alto tráfico vehicular³ (Zeida et al., 1997). También son identificadas como fuentes de exposición; las emisiones industriales, reciclaje de baterías, pinturas y barnices, agua y alimentos contaminados (Romieu et al., 1994). En América Latina y el Caribe, el proceso de industrialización durante la segunda mitad de este siglo XX ha llevado a un aumento importante en la exposición a plomo. La contaminación por plomo es un problema prioritario para el 72% de estos países, y en el 50% existe alguna legislación tendiente a regular el contenido de plomo en ciertos productos (Romieu, Lascasana & McConnell, 1997).

En el Perú, la intoxicación y sobreexposición al plomo en los lugares de trabajo es frecuente, fundamentalmente en el sector minero. En los últimos años el desarrollo de la minería en el Perú ha alcanzado altos niveles de producción (Ver gráficos 03 y 04),

² El plan de acción suscrito en la Cumbre de las Américas por los Jefes de Estado de 34 países incluye la Alianza para Prevenir la Contaminación. Este acuerdo ha propiciado actividades de cooperación para el desarrollo de políticas de medio ambiente y para la puesta en vigencia de leyes e instituciones. Como parte del compromiso, los gobiernos respectivos se comprometieron a establecer planes nacionales de acción para la eliminación gradual del plomo de la gasolina. En la Cumbre de Santa Cruz de la Sierra de 1996, 11 países de la Región informaron que habían eliminado el plomo: Argentina, Bermuda, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras y Nicaragua. De acuerdo a los compromisos adquiridos, para el año 2005, todos los países de la Región con excepción de Chile, Cuba, Uruguay y Venezuela habrán eliminado el plomo de la gasolina.

³ En América Latina el 77% de la población vive en áreas urbanas, siendo un 30% menores de 15 años (Zeida et al., 1997)

convirtiéndose el Perú en el primer exportador de plomo en Latinoamérica y el cuarto a nivel mundial. La explotación de recursos mineros se ha convertido en un tema actual tanto en el campo económico, social, ambiental y en salud pública, en particular los metales pesados⁴. Sus efectos pueden ser tan severos y en algunos casos poco sintomáticos, que las autoridades ambientales y de salud necesitan poner la atención debida para minimizar la exposición de la población, en particular de la población infantil, a estos elementos tóxicos.

Gráfico 03. Empresas productoras de Plomo en el Perú, 2007.

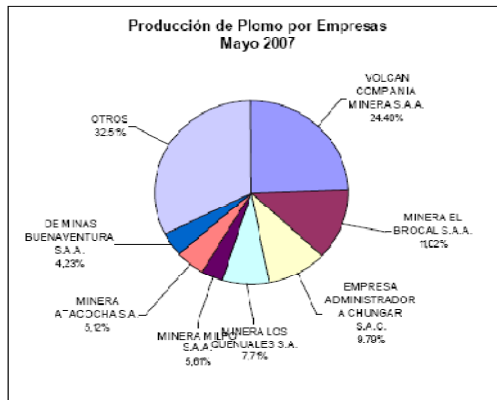
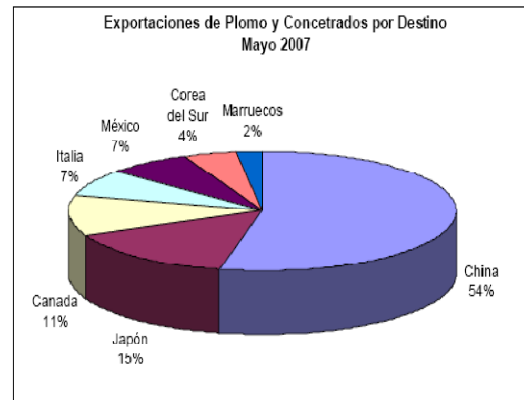


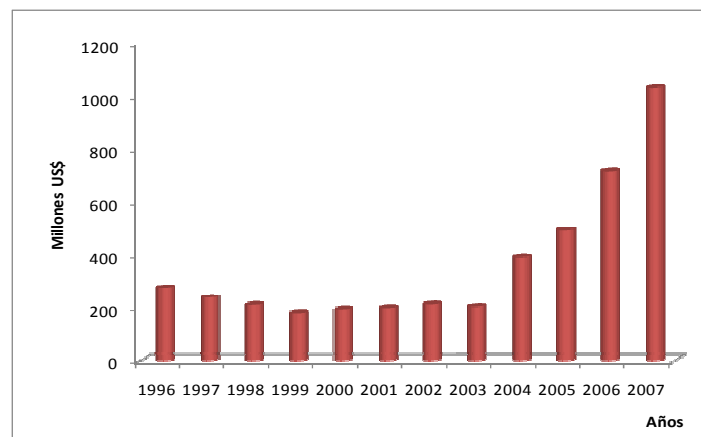
Gráfico 04. Exportaciones de plomo y concentrado de plomo del Perú, 2007.



Fuente: DGM/DPDM/Estadística Minera.

Las exportaciones de plomo han aumentado de US\$ 274.6 a US\$ 1033 millones de dólares entre los años 1996 – 2007. Ver gráfico 05

Gráfico 05. Exportaciones de plomo (Millones de US\$), 1996 - 2007

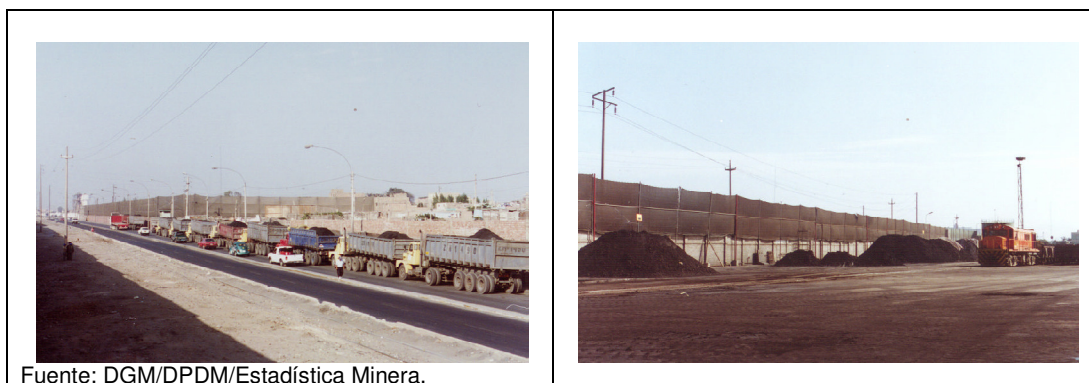


Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP)

⁴ El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb).

Sin embargo, el Perú también es considerado como uno de los países más contaminados por este mineral, el cual es transportado desde los diversos centros de producción del país (minas de Pb de la zona Sur, norte y sierra central del país) hasta el puerto del Callao, por ferrocarril y camiones en 25% y 75%, respectivamente (Ver figura 01), y son almacenados temporalmente en depósitos ubicados en el Callao para su posterior exportación. Por tanto, el problema de la contaminación por plomo, no sólo está en los depósitos y en el tránsito a los barcos, sino también en toda la ruta de transporte entre los centros de producción y los depósitos del Callao, donde se va regando el mineral.

Figura 01. Transporte de concentrados de plomo hacia el puerto del Callao.



Fuente: DGM/DPDM/Estadística Minera.

En los alrededores de estos depósitos de concentrados de plomo existen numerosas viviendas, que corresponden a los pobladores de los barrios: San Juan Bosco, Santa Marina Sur, Santa Marina Norte, Puerto Nuevo, Barrio Fiscal 1 y 2, Centenario, Ciudadela Chalaca, Barrio Frigorífico y Chacarita, del Callao, los cuales acogen a cerca de 80,000 habitantes, quienes desde la década de los 50 sufren los efectos nocivos de este contaminante tóxico (el polvo respirable con plomo arrastrado por el viento alcanza los tres Kilómetros), debido a una inadecuada gestión ambiental en cuanto al almacenamiento, transporte y embarque de los concentrados de plomo.

A pesar de que este problema afecta al Callao desde hace muchos años, es a partir del año 1998, con el estudio basal realizado por la DIGESA para la determinación de concentración de Plomo en Sangre, el Estado Peruano y sus autoridades tienen conocimiento de este problema. El problema deriva de la presencia de importantes pasivos ambientales: el plomo depositado en los suelos, los techos y el interior de las viviendas. Desde entonces, hasta el año 2006, la DIGESA ha venido realizando mediciones de los niveles de concentración de plomo en sangre fundamentalmente en población infantil, encontrándose que del total de muestra analizada en estos años, en promedio el 80% de la población infantil, supera el valores de 10 ug/dL de plomo en sangre, establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los periodos de evaluación (Ver cuadro 01). Esto muestra claramente, de que a pesar de haberse

realizado algunas mejoras en cuanto al transporte y almacenaje⁵ de concentrado de plomo en los depósitos del Callao, el problema de contaminación aún persiste.

Cuadro 01. Niveles de concentración de plomo en sangre (ug/dL), 1998 - 2006

Rango	1998 ^a	1999 ^{b/1}	1999 ^{b/2}	2001 ^c	2002 ^d	2003 ^{e/1}	2003 ^{e/2}	2006 ^f
> 10 ug/dL	435		17		20	5	262	515
10 - 19.9 ug/dL	463		38	58	122	2	292	404
20 - 44.9 ug/dL		254	84	3	312	19	214	120
< 45 ug/dL			27		56	4	23	4
Total	898	254	166	61	510	30	791	1043

Fuente: Elaboración propia en base a DISA I – Callao, 2007.

- a Estudio basal, en la que se cuantificó plomo en sangre en niños del Callao, en edades comprendidas entre 6 meses a 3 años.
- b/1 Estudio ampliatorio realizado en Ciudadela Chalaca, Chacarita y Barrio Frigorífico. El promedio de plomo en sangre de 23,0 μ g/ dL encontrándose el mayor porcentaje (46,9%) de los niños en el rango de 20 a 44 ug/ dL de plomo en sangre.
- b/2 Estudio de evaluación maduracional de niños de 5 a 10 años de edad: los centros educativos analizados son: María Reiche, Ciudadela Chalaca, Chacarita y Frigorífico. Todos estos cercanos a los depósitos de concentrados de plomo.
- c Estudio realizado a 61 niños menores de 6 años del AA. HH. Barrio Frigorífico y Puerto Nuevo que presentaron un promedio de plomo en sangre de 11.1 y 23.3 ug/dL, respectivamente.
- d Estudio realizado al 100% de los niños (510) del AA.HH. Puerto Nuevo, entre las edades de 6 meses y 6 años, Julio 2002.
- e/1 Control de plomo en 30 niños menores de 6 años en el AA.HH. Puerto Nuevo, marzo 2003.
- e/2 Control de Plomo en 791 niños menores de 6 años de la jurisdicción del C.S. San Juan Bosco, setiembre 2003.
- f Control de Plomo en 1043 niños menores de 16 años en instituciones educativas de la jurisdicción del C.S. San Juan Bosco, Puerto Nuevo y Barton, noviembre y diciembre 2006.

Sin embargo, Puerto Nuevo es uno de los barrios más afectados por la contaminación por plomo en el Callao, por su cercanía a los depósitos de concentrado de Plomo. Diversos estudios indican que los niveles elevados de plomo en sangre en niños están relacionados con altos niveles de plomo en el suelo (Hertzman et al. 1991; Cook et al. 1993; Kimbrough et al. 1995; Lanphear BP 1998, Mielke and Reagan 1998) y en el aire (Landrigan et al. 1976). Consecuentemente, los niños que viven cerca de las fundiciones y/o centros de depósitos tienen niveles de plomo en sangre más altos que los niños que viven más lejos (Letourneau and Gagne 1992; Landrigan Gagne 1994; Kimbrough et al. 1995; Albalak et al. 2003; Maynard et al. 2003). Es por ello, que esta investigación toma como unidad de análisis la población infantil del AA.HH Puerto Nuevo.

⁵ Se reduce el número de depósitos de concentrados de plomo, pasando de 11 a 2 depósitos de plomo en la actualidad.

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Efectos del plomo en la salud

Existe una vasta literatura de diversos estudios que muestran los efectos tóxicos del plomo en la salud humana desde hace varias décadas. Sin embargo, en la actualidad aún con el desarrollo de la ciencia y del conocimiento de los efectos tóxicos del plomo, y más aún con toda la sofisticación técnica, no se le da el cuidado e importancia que le corresponde a este problema, por parte de algunos sectores de la población y/o autoridades, las cuales no son conscientes de los graves efectos en la salud, sobre todo de los niños. Según el Centro de Control de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, los efectos tóxicos del plomo mayormente son silenciosos; muchos niños afectados no evidencian síntomas.

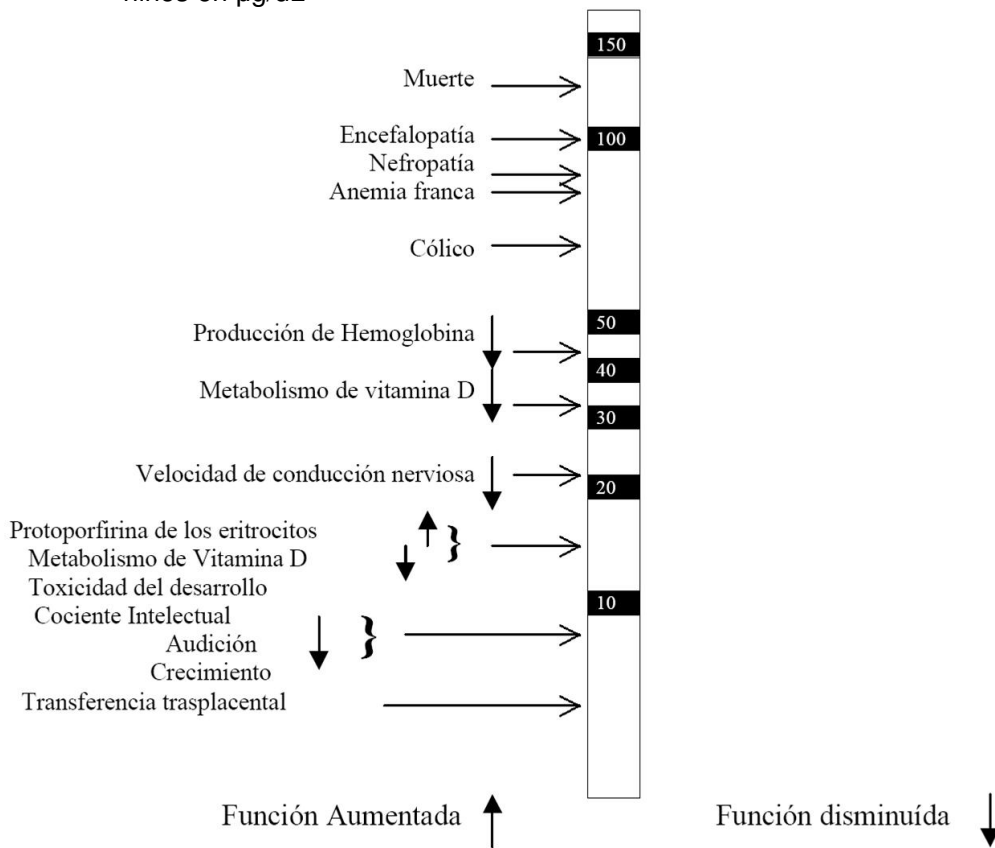
Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el plomo es un elemento tóxico de efecto acumulativo que afecta severamente el sistema nervioso. Interfiere con el funcionamiento del organismo, el desarrollo cerebral y las capacidades intelectuales. El plomo no ejerce ninguna acción benéfica en el organismo; su presencia interfiere con el proceso de desarrollo e impide un sano funcionamiento de las actividades cerebrales y el desarrollo intelectual.

Es preocupante que los niños más pequeños, por lo general, sean los más expuestos y los más afectados por sus costumbres de llevarse las manos o juguetes a la boca, de manera que pueden ingerir mayores cantidades de plomo. Esto es sumamente grave, porque los niños absorben el plomo con más facilidad durante el mismo período en el cual sus cerebros y capacidades intelectuales están en una etapa muy importante de su desarrollo. Entre los principales impactos a la salud, se puede mencionar los siguientes: Ver Figura 02

A través de diversos estudios, se ha reconocido los efectos nocivos de la contaminación por plomo en la salud humana, entre los que se pueden citar a los siguientes: Corey & Galvao (1989), Goyer (1993), Staessen (1995), Verberk et al. (1996), Foster et al. (1997) entre otros, los cuales analizan los efectos del plomo en las funciones reproductiva, renal, arterial y muscular.

Asimismo, la exposición crónica a niveles altos de plomo en sangre, está asociada a alteraciones neurofisiológicas, defectos en la audición y disminución en la velocidad de conducción nerviosa (Otto et al., 1982; Schwartz & Otto, 1986; Seppalainen & Hernberg, 1982; Calderón et al., 1996).

Figura 02. Niveles de plomo en sangre asociados con efectos adversos a la salud en niños en $\mu\text{g}/\text{dL}$



Fuente: Centers for Disease Control and Prevention, "Preventing lead poisoning in young children", 1991

En las últimas décadas los estudios se han centrado preferentemente en la población infantil. En relación a la exposición fetal, diversos estudios indican que el plomo cruza la barrera placentaria y se acumula en los tejidos fetales durante la gestación (McMichael et al., 1986; Dietrich et al, 1987). Algunos datos (Needleman, Rabinowitz & Leviton, 1984) relacionan la exposición prenatal con anomalías congénitas menores.

Varios estudios prospectivos han mostrado consistentemente que la exposición prenatal a plomo estaría asociada a déficits en el desarrollo tanto físico como mental del niño durante el primer año de vida (Bellinger et al, 1984, 1986, 1987; Faust & Brown, 1987), demostrándose efectos nocivos en individuos aún con niveles de concentración de plomo en sangre menores a 7 $\mu\text{g}/\text{dL}$, lo que cuestiona la existencia de un umbral de seguridad. Estos efectos pueden tener una expresión más dramática si están presentes otros factores que comprometen el desarrollo del niño, como es la desnutrición o un nivel socioeconómico bajo. La exposición a plomo es endémica en áreas de extrema pobreza y mala calidad de las viviendas (Alvarez et al., 1997).

En la última década, el conocimiento acerca de la toxicidad de la exposición crónica a plomo en dosis bajas en niños ha ido creciendo. La toxicidad del plomo es evidente en

glóbulos rojos y sus precursores, riñones y sistema nervioso central y periférico. Estudios de seguimiento han demostrado que durante los primeros años de vida se puede afectar el desarrollo pondoestatural (talla y peso) en forma significativa (Shulka et al., 1989, 1991). Bhattacharya et al., (1995) en su estudio revela que con concentraciones promedio de plomo sanguíneo de 11,9 ug/dl se incrementa en forma significativa la oscilación postural, implicando un pobre balance postural.

Se ha demostrado mayor incidencia de conductas antisociales asociadas al síndrome de déficit de atención en los niños expuestos a plomo (Needleman et al., 1979). Un estudio de cohorte retrospectiva (Needleman et al., 1996) en una comunidad escolar evaluó la asociación entre la carga corporal de plomo, medida por espectroscopía de fluorescencia de rayos X de tibia, y el ajuste social. A los 7 años, ya se observaron asociaciones entre los niveles de plomo y agresión a profesores y delincuencia. A los 11 años esto fue más fuerte, observándose además comportamientos ansioso-depresivos, problemas de atención y problemas sociales.

3.2 Coeficiente Intelectual - Plomo en sangre

El Coeficiente Intelectual⁶ (IQ), es una manera de medir la inteligencia de una persona. De acuerdo al CDC, se reconoce la existencia de estudios científicos que claramente apoyan la afirmación que existe una disminución del nivel cognitivo infantil en niveles de plomo en sangre menores que 25 ug/dL.

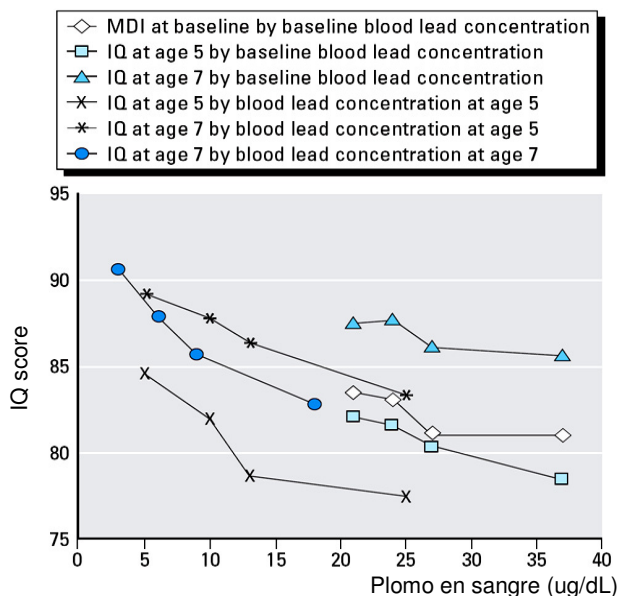
Needleman y Gatsonis (1990) evaluaron 24 estudios transversales⁷ y demuestran que el Coeficiente Intelectual infantil es inversamente proporcional al contenido de plomo en sangre. Asimismo, diversos estudios de seguimiento (Baghurst, 1992; Dietrich et al., 1990, 1992, 1993a, 1993b; Leviton et al., 1993; McMichael et al., 1988; Wigg et al., 1988) muestran una relación inversa entre los niveles de plomo en sangre y el desarrollo mental y motor temprano, encontrándose un efecto máximo en el Coeficiente Intelectual en la edad preescolar y sugieren que el promedio acumulado de plomo en sangre sobre 20 ug/dL se asocia con un déficit en el IQ de rendimiento de aproximadamente 7 puntos, al compararlo con concentraciones medias menores o iguales a 10 ug/dl. Los metanálisis de estudios transversales y prospectivos concluyen que niveles de concentración de plomo en sangre entre 10 a 20 ug/dL está asociado con una disminución en el IQ en promedio de 1 a 2.5 puntos (Needleman & Gatsonis, 1990, Schwartz J., 1994, Pocock et al., 1994,). El grafico 06 muestra la media del coeficiente intelectual (IQ) de las edades actuales y subsecuentes por cuartiles de plomo en la sangre a los 2, 5, y 7 años de edad. Aunque las concentraciones del plomo en sangre disminuyeron en un cierto tiempo y las puntuaciones del test del coeficiente intelectual primero disminuyó y después aumentó, la asociación inversa

⁶ El valor del Coeficiente Intelectual se basa en los resultados de unas pruebas escritas en las que se obtiene una relación entre la edad mental de una persona –de acuerdo a los resultados de una prueba-, y la edad cronológica de la persona. Este valor es un indicador cuantitativo de las habilidades mentales e intelectuales de una persona y es un medio técnicamente aceptable para predecir las capacidades de aprendizaje de la misma.

⁷ Estudios transversales son aquellos que se realizan con un grupo determinado de personas por edad y por única vez.

entre la concentración del plomo en sangre y las puntuaciones del test del coeficiente intelectual seguía siendo constante.

Grafico 06. Asociación de la concentración del plomo en sangre y el coeficiente intelectual (IQ)



Fuente: Aimin Chen, et al, 2005.

También se ha intentado medir los efectos de la exposición a largo plazo (Needleman et al., 1990; Tong et al., 1996); un estudio de seguimiento en niños de nivel socioeconómico medio y bajo mostró que niveles elevados de plomo en sangre a los 24 meses de edad se asocian con déficits en el rendimiento intelectual y académico a los 10 años. Un estudio de cohorte retrospectivo (Fergusson, Horwood & Lynskey, 1997) hasta los 18 años encontró una relación dosis-respuesta significativa entre niveles elevados de plomo en dientes de leche (obtenidos entre los 6 y 8 años) y una pobre capacidad de lectura, abandono escolar precoz y malas calificaciones. Otros datos (White et al., 1993) sugieren que los sujetos expuestos a plomo que cursan con encefalopatía aguda en la infancia permanecen con encefalopatía crónica subclínica asociada a disfunción cognitiva aún después de los 50 años de edad.

3.3 Beneficio económico por reducción de plomo en sangre

En esta investigación se establece que el beneficio de establecer estándares (OMS⁸ y CDC⁹) que protejan la salud de la población –beneficio de reducir los niveles de plomo

⁸ MINSA, Dirección de Salud, Callao, Plan Integral de Prevención y Control de Intoxicación por Plomo en el Callao, 2002.

⁹ Centers for Disease Control and Prevention, (1991). "Preventing Lead Poisoning in Young Children", U.S. Department of Health and Human Services. Tabla 6-3, p.46 y pp. 58-59.

en sangre en población infantil menores de 6 años– está determinado en función del valor actual (VA) del incremento en el ingreso esperado a lo largo de una vida útil.

Se calcula el beneficio del control de riesgos por medio de la estimación del *costo económico evitado* –costos por reducciones en el IQ– correspondiente al efecto adverso a la salud evitado. El modelo utilizado define “evitado” como la diferencia entre el escenario base, que asume el no establecer estándares y el incluir concentraciones de remediación basadas en estudios de riesgo a la salud, es decir el establecimiento de estándares.

El beneficio se puede definir como el daño evitado a la salud y por lo tanto, una reducción de la concentración de plomo en la sangre por debajo del umbral¹⁰ (10 ug/dL). La necesidad de la población por atenderse estaría dada por una reducción en los ingresos esperados por la pérdida de un punto del IQ.

El alcance de esta investigación no considera otros beneficios económicos que podrían producirse por la reducción de los niveles de contaminación de plomo en sangre, en los niños en particular, determinados en función de:

- Los costos no incurridos por gastos futuros en educación especial, para un recién nacido que supera el umbral de su coeficiente intelectual (de IQ < 70 a IQ >70).
- Los costos no incurridos por gastos futuros en educación compensatoria para un recién nacido, el que presentará una menor concentración de plomo en sangre (niveles menores a 20 ug/dL).
- Los costos médicos a evitar previstos para un recién nacido que pasa de un mayor nivel de riesgo a uno de menor nivel (medido en términos de concentraciones de plomo en sangre).
- Los costos médicos futuros evitados y los salarios perdidos evitados con base en la reducción de la probabilidad de tener efectos adversos a la salud.

Cuando se trata de valorar en términos monetarios el impacto de la contaminación en la salud, generalmente se utilizan métodos indirectos¹¹, que utilizan modelos para evaluar los daños económicos de la contaminación. El método, generalmente, más usado es la función de daño, el cual permite monetizar los cambios en los efectos en la salud. Sin embargo, la falta de información en torno a los niveles de contaminación y los efectos en la salud, dificulta la estimación de la curva de la función de daño, es decir, la función de morbilidad o mortalidad (funciones dosis-respuesta).

Una característica común en países en desarrollo es la falta de evidencia empírica local para aplicar el método de la función de daño. Debido a estas limitaciones, una

¹⁰ Los centros para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos, recomiendan reducir el nivel de intervención comunitaria a 10 mg/dL de plomo en sangre en niños y establecen varias etapas de acción.

¹¹ Los métodos indirectos consisten en el uso de modelos para determinar los impactos físicos de la contaminación, y en modelos económicos para valorar estos impactos. Por un lado, se recurre a modelos epidemiológicos o físicos para determinar el efecto que un cambio en la concentración de contaminantes _el plomo en este caso_ tiene sobre la salud de las personas, la visibilidad, el daño a materiales y la vegetación. Una vez cuantificados cada uno de estos impactos, se procede a monetizarlos utilizando técnicas de valoración monetaria.

alternativa es usar el método de transferencia de beneficios. Los valores transferidos de otros lugares, deberán ser ajustados a fin de adaptarlos a la realidad local. Esta transferencia de valores puede asumirse como válida para una estimación de corto plazo pero deberá de pensarse en la conveniencia de realizar estudios precisos tanto de disposición a pagar (DAP) como de costos de capital humano para tener datos precisos y propios de la realidad de la zona de estudio.

Método de Transferencia de Beneficios (MTB)

El método de Transferencia de Beneficios consiste en el traspaso del valor monetario de un bien ambiental, denominado sitio de estudio, a otro bien ambiental, denominado sitio de intervención (Brouwer, 2000). Este método permite evaluar el impacto de políticas ambientales cuando no es posible aplicar técnicas de valoración directas debido a restricciones para levantar información primaria, presupuestarias y a límites de tiempo. Las cifras derivadas de la transferencia de beneficios constituyen una primera aproximación, valiosa para los tomadores de decisiones, acerca de los beneficios o costos de adoptar una política o programa ambiental.

Según, Navrud y Bergland (2001) la transferencia de beneficios¹² deberían aplicarse cuando la necesidad de precisión en la medida de bienestar es baja o cuando la información (en caso la hubiere) disponible sea insuficiente. En este estudio se realiza transferencia de valores para complementar la valoración de la pérdida económica producida por la disminución del coeficiente Intelectual de la población infantil estimado por el método de Capital Humano.

La estimación del valor actual de los ingresos esperados para cada punto de IQ, se puede realizar a través de dos funciones de transferencia. Una simple, propuesta por Markandya (1998), la función 1, basada solamente en el diferencial del producto nacional bruto per cápita y elevado por la elasticidad ingreso de la demanda. La función 2, propuesta por Heintz y Tol (1996) quienes incluyen los ajustes para las variables de la esperanza de vida y los gastos nacionales en salud¹³. Sin embargo, para el caso de análisis, se ha utilizado solamente la función 2, además se ha considerado en lugar del producto nacional bruto per capita, el índice de la paridad del poder de compra (PPC). Ver formulas [1] y [2].

$$VA_{Perú} = VA_{EE.UU} * \left(\frac{PPC_{Perú}}{PPC_{EE.UU}} \right)^{\epsilon_i} \quad [1]$$



 Función 1

¹² Un amplio detalle de las aplicaciones y limitaciones del método de transferencia de beneficios se encuentra en Rosenberger y Loomis (2000).

¹³ Heintz y Tol (1996) no ajustan al ingreso percapita por la paridad del poder adquisitivo, como lo hacemos nosotros en este análisis.

$$VA_{Perú} = VA_{EE.UU} * \underbrace{\left(\frac{PPC_{Perú}}{PPC_{EE.UU}} \right)^{\varepsilon i} * \left(\frac{E_{Perú}}{E_{EE.UU}} \right) * \left(\frac{G_{Perú}}{G_{EE.UU}} \right)}_{\text{Función 2}} \quad [2]$$

Donde:

$VA_{Perú}$ = Valor actual del ingreso esperado en vida equivalente a cada punto de IQ

$VA_{EE.UU}$ = Valor actual del ingreso esperado en vida equivalente a cada punto de IQ

$PPC_{Perú}$ = Ingreso per capita de Perú ajustado por la paridad del poder de compra

$PPC_{EE.UU}$ = Ingreso per capita de los EE.UU ajustada por la paridad del poder de compra

E = Esperanza de vida nacional

G = Gasto nacional en salud

εi = Elasticidad de ingreso de la demanda

El ingreso per cápita en comparaciones internacionales se mide en términos de la paridad del poder adquisitivo (PPC)¹⁴. La PPC es una medida más adecuada para comparar los niveles de vida que el producto interno bruto per cápita, puesto que toma en cuenta las variaciones de precios. Este indicador elimina la ilusión monetaria ligada a la variación de los tipos de cambio, de tal manera que una apreciación o depreciación de una moneda no cambiará la PPC de un país, puesto que los habitantes de ese país reciben sus salarios y hacen sus compras en la misma moneda. Es decir, permite que los tipos de cambio entre las diversas monedas sean tales que se permita que una moneda tenga el mismo poder adquisitivo en cualquier parte del mundo. Por tal razón, los ingresos se miden en términos de PPC de los ingresos nacionales en un país de referencia, que para el caso de estudio es Estados Unidos de Norteamérica. (World Resources, 2008).

La elasticidad ingreso de la demanda εi se introduce porque existe la posibilidad de que el VA por beneficios en la salud dependa del ingreso de una manera no-lineal (Cropper and Simon, 1996). El valor de la elasticidad ingreso de la demanda (εi) representa la reducción marginal del valor de la disposición a pagar (DAP) de una persona por un cierto beneficio en relación a la reducción marginal del ingreso de la persona y, consecuentemente, esto variaría espacialmente de acuerdo a cambios de las preferencias de las personas. Cuanto menor sea el valor adoptado por la elasticidad ingreso εi , mayor será el valor transferido del VA_{PERU} . El valor de εi igual a 1.0 se considera un supuesto razonable para no producir valores del VA_{PERU} que sean extremadamente altos. Sin embargo, Ardila, Quiroga y Vaughan (1998) hicieron la estimación específica de εi para los países de Latinoamérica y el Caribe basados en estudios de valoración contingente de programas de saneamiento, los cuales generaron un valor de εi igual a 0.54. Por lo tanto, debido a la sensibilidad del VA_{PERU} tanto a la medida de ingreso utilizado (producto bruto nacional per cápita, producto

¹⁴ La PPC es un indicador económico introducido a principios de los años noventa por el Fondo Monetario Internacional (FMI) para comparar de una manera realista el nivel de vida entre distintos países, atendiendo al producto interior bruto per cápita en términos del coste de vida en cada país.

bruto nacional per cápita corregido según poder de compra, ingreso promedio nacional) y al valor de ϵ_i , se ha utilizado el valor de ϵ_i igual a 0.54 con un intervalo de +/- 20%.

Método de Capital Humano (MCH)

El método de capital humano (MCH), postula que el valor asociado a reducir un episodio de morbilidad o mortalidad (muerte prematura) está dado por el ingreso que se deja de generar como consecuencia de dicho efecto sobre la salud (Rice, G.; J. K. Hammitt y P. K. Amar, 2005; Freeman III, M.). Para el caso de estudio, episodio de morbilidad, el valor del capital humano por el daño en la salud por la disminución del IQ, resulta ser el valor de los ingresos esperados totales que la persona deja de producir durante su vida útil de trabajo productivo.

En este estudio se realiza transferencia de valores de los ingresos esperados por cada punto de IQ para calcular los beneficios totales por la mejora ambiental, estimada por el método de Capital Humano. La estimación del valor actual de los ingresos esperados totales (VAT) para la población afectada es calculada a través de la siguiente expresión:

$$VAT = \sum_{i=1}^N \frac{VA_{Ti}}{(1 + \delta)^t} \quad [3]$$

Donde VA_{Ti} es el Valor actual total del ingreso esperado en vida de cada individuo, por la reducción de los niveles de concentración de plomo en sangre hasta el umbral, N el total de población afectada, δ la tasa de descuento y t el periodo de vida productiva de una persona en el Perú.

Nivel de daño

Para determinar la población afectada, debe precisarse los daños que puede ocasionar la contaminación por plomo. Aunque estos daños pueden ser sobre el ecosistema, la flora y la fauna, el ornato público y hasta sobre la vida misma de pacientes con intoxicación severa, nos concentraremos en los efectos sobre la salud de las personas (niños y adultos)¹⁵. Entre los principales impactos a la salud, se puede mencionar los siguientes:

- Retardo Mental
- Reducción del Coeficiente Intelectual (IQ) de niños
- Mortalidad por ataques cardiacos
- Enfermedades gastrointestinales en niños

¹⁵ Un buen resumen de los efectos del plomo en la salud se encuentra en diferentes fuentes, una de las cuales se ha usado asiduamente para la elaboración del presente manual: Cfr. Hernández-Ávila, Mauricio et al. 1999. Otra fuente interesante es un estudio reciente de Larsen, B. y E. Strukova 2005 elaborado para el Banco Mundial.

- Incremento de presión arterial en adultos
- Anemia en población infantil y adulta

La estimación total del valor de cada uno de los daños arriba mencionados escapa a los alcances del presente estudio y, por ende, el ejercicio de valoración se circunscribe al impacto sobre el Coeficiente Intelectual (IQ), obteniendo como resultado un monto conservador, es decir, el valor mínimo del daño a la salud de la población afectada.

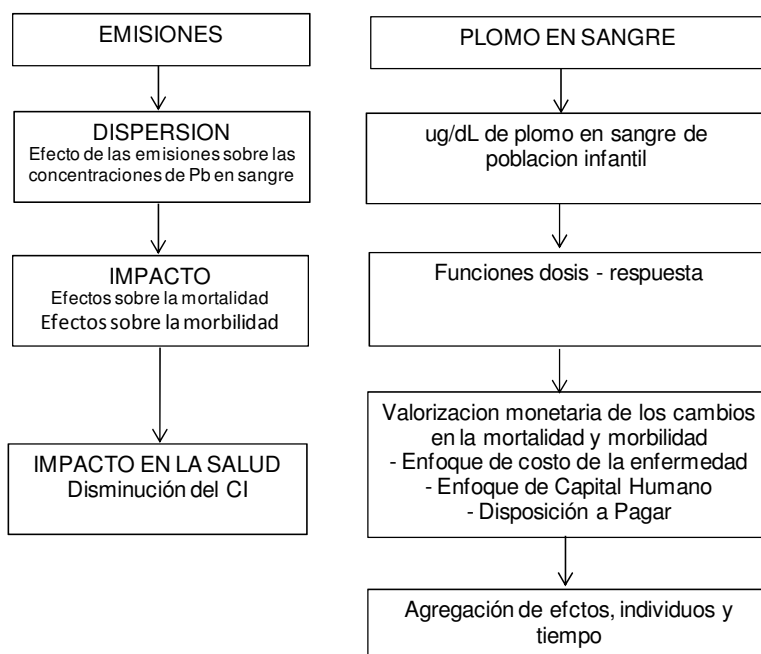
El informe elaborado por Hernández-Ávila, Espinoza y Carbajal (1999) determinó los niveles de exposición de plomo en Lima y Callao. En dicho informe se señala literalmente: “Estimaciones del impacto del metal sobre el desarrollo intelectual de los niños indican que por cada microgramo de plomo en sangre se presenta una disminución de 0.25 puntos en el coeficiente intelectual (IQ). Esta disminución puede parecer pequeña a nivel individual; sin embargo, en el ámbito poblacional es importante. Una población expuesta a plomo con una media de 20 ug/dL tendría un aumento del 68% de individuos con niveles de IQ bajos (menores de 65 puntos).

De otro lado, el Informe de Larsen y Strukova 2005 cita dos fuentes que determinan una correlación entre la pérdida de coeficiente intelectual y la reducción en el nivel de ingreso (medido como el Valor Presente Neto del flujo de ingresos a lo largo de una vida productiva de un individuo sano). Una de las fuentes (Schwartz 1994, citado por Larsen, B. y E. Strukova, 2005) estima una reducción de 1.7% en el nivel de ingreso a lo largo de una vida como resultado de una reducción en un punto en el nivel de Coeficiente Intelectual (IQ); mientras que la otra fuente (Salkever 1995, citado por Larsen, B. y E. Strukova 2005) estima la pérdida en el nivel de ingreso resultante de una reducción en un punto del IQ en 2.3%.

4.0 METODOLOGÍA

La secuencia de estimación parte por determinar, en primer lugar, los niveles de exposición y/o concentración del contaminante, en este caso, el plomo. A continuación, es preciso identificar la población expuesta y desagregarla en categorías conforme sea necesario, normalmente para aislar a la población más vulnerable; en este caso, la población infantil, que asimila más fácilmente el plomo en virtud de su acelerado metabolismo. El siguiente paso consiste en determinar los niveles de morbilidad y mortalidad que afectan a la población objetivo mediante la aplicación de relaciones de causalidad que relacionan ciertos niveles de morbilidad o mortalidad con determinados niveles de exposición o concentración del contaminante. Estas relaciones de causalidad se conocen como funciones dosis-respuesta o funciones de daño y constituyen el paso previo a la estimación de los costos de: i) tratar el daño ocasionado o atribuido a determinado nivel de contaminación; ii) menor rendimiento por pérdida de productividad; iii) salario que no se percibe por días sin trabajar; iv) flujo de ingresos futuros que se deja de percibir por un daño o impedimento permanente o por una muerte prematura; y v) costo del sufrimiento propio de un estado de postración que toda enfermedad acarrea. Ver gráfico 07

Gráfico 07. Metodología para estimar el impacto económico en la salud



Fuente: Adaptado de Sánchez et. al. (1998)

Los datos de morbilidad han sido obtenidos a partir de un estudio realizado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en colaboración con el Proyecto de Salud Ambiental (EHP, por sus siglas en inglés), auspiciado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) entre 1998 y 2001¹⁶. Para estimar los beneficios económicos, costos evitados, se ha aplicado el método Capital Humano complementado por la transferencia de valores en base a estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos¹⁷ (USEPA) referidas al efecto de una reducción del Coeficiente Intelectual sobre el nivel de ingreso, medido como el valor actual del flujo de ingresos esperados a lo largo de una vida laboral promedio de un individuo sano.

Para la aplicación del MCH con transferencia de valores se usa la función 2, el ratio Ingreso per cápita ajustado por la paridad del poder de compra entre Perú y EE.UU, la esperanza de vida nacional y los gastos nacionales en salud. Se ha utilizado información entre 1998-2000 y se proyecta hacia el año 2042.

De contar con la información disponible, se hubiera utilizado los datos de población a lo largo del horizonte de evaluación. Sin embargo, al no existir esta información para todo el periodo, se procedió con su estimación en base a la tasa de crecimiento poblacional intercensal y a los datos de población infantil de la zona de estudio, en este caso, del barrio Puerto Nuevo de la provincia Constitucional del Callao.

¹⁶ Hernández-Ávila M., R. Espinoza y L. Carbajal 1999.

¹⁷ Economic Analysis of Toxic Substances Control Act Section 403: Lead-Based Paint Hazard Standards, Economic and Policy Analysis Branch, Office of Pollution Prevention and Toxics, US Environmental Protection Agency, December 21, 2000

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se ha mencionado, el método de función de daño requiere determinar o conocer: i) el nivel de daño a la salud para la población afectada, incluyendo la población expuesta a contaminación por plomo; y ii) las pérdidas económicas asociadas con dicho nivel de daño. En base a estos datos, se procede posteriormente a transformar los niveles de daño a la salud en pérdidas en el nivel de bienestar de la población afectada, sea directamente, en términos del gasto en recuperar la salud o del salario que se deja de percibir directamente por causa de los daños (por enfermedad o deceso prematuro); o indirectamente, por causa del sufrimiento psicológico asociado con la enfermedad o los gastos de la(s) persona(s) que debe cuidar del paciente afectado, por citar algunos ejemplos.

Al no contar con información sobre población para todo el horizonte de evaluación¹⁸, se procede con su estimación en base a la tasa de crecimiento poblacional intercensal y a los datos de población infantil del barrio Puerto Nuevo referidos por expertos que han realizado estudios en la zona. Se parte de la información sobre población total citada por Torres (2001), quien afirma que la población total del barrio ascendía aproximadamente a 6,000 personas entre 1998-2000, de las cuales unas 500 correspondían a población infantil igual o menor a 6 años. Esta proporción parece bastante baja (8.33%) y se corrige usando la distribución poblacional del censo de 2005 para la Provincia del Callao, que alberga al barrio Puerto Nuevo. Según el censo de 2005, la población de niños entre 0 y 6 años de edad correspondía al 14% de la población de la Provincia. Aplicando este porcentaje al dato proporcionado por Torres 2001, se concluye que la población infantil en la zona de estudio (el barrio Puerto Nuevo) debería haber sido 840. Este número se usa como base para 1998 y se proyecta sobre el horizonte de evaluación hasta el año 2042, equivalente a 45 años (1998-2042) en base al periodo de vida laboral productiva en el país, según información consignada en Ministerio de Economía y Finanzas (2006) y Olivera (2002), considerando una tasa de crecimiento calculada sobre la fórmula para la *tasa intercensal anual*, la cual es una tasa de crecimiento histórica cuya estimación requiere, además del dato estadístico ya disponible (año m), otro referido a la misma población, pero de un periodo previo (año b). Esta fórmula, usada por el Ministerio de Economía y Finanzas¹⁹, se presenta a continuación:

$$\left[\begin{array}{c} Poblacion \\ Referencial \end{array} \right]_{(año "b")} = \left[\begin{array}{c} Poblacion \\ Referencial \end{array} \right]_{(año "m")} * \left\{ \left[\begin{array}{c} Tasa \\ intercensal \end{array} \right] + 1 \right\}^{b-m} \quad [4]$$

A continuación, se procede a estimar la población expuesta a pérdida de coeficiente intelectual. Para ello se recurre a los datos de Hernández-Ávila et al. 1999, quienes encuentran que la media de presencia de plomo en sangre en la población infantil menor a 6 años en el barrio Puerto Nuevo está en el orden de 26.7 ug/dL , y que el

¹⁸ El horizonte de evaluación seleccionado es de 45 años (1998-2042) en base al periodo de vida laboral productiva en el país, según información consignada en Ministerio de Economía y Finanzas 2006 y Olivera Angulo, Javier 2002.

¹⁹ Ver Ministerio de Economía y Finanzas 2006.

67.7% de la población de la zona cercana a la fuente de contaminación presenta niveles de plomo por encima de 20 ug/dL. Posteriormente en los años 1999 y 2001 se encuentra que el 66.9% y 72.2% de la población, presenta niveles por encima de los 20 ug/dL. Asimismo, es importante indicar que en este estudio no se toman en consideración aquella población infantil con niveles entre 10 - 19.9 ug/dL de plomo en sangre, por tanto, los resultados son una cota inferior respecto al valor total. Se procede, consecuentemente, a aplicar este porcentaje (67.7%) a la población infantil de 0 a 6 años de la zona de estudio a lo largo del periodo de evaluación. Ver cuadro 02

Cuadro 02. Población infantil de Puerto Nuevo afectada por niveles de concentración de plomo en sangre superiores a 20 ug/dL, 1998-2042

Año	Población Infantil Total	Población Infantil Afectada	Año	Población Infantil Total	Población Infantil Afectada
1998	840	569	2021	1,355	917
1999	858	581	2022	1,383	936
2000	876	593	2023	1,412	956
2001	894	605	2024	1,442	976
2002	913	618	2025	1,472	997
2003	932	631	2026	1,503	1,018
2004	952	644	2027	1,535	1,039
2005	972	658	2028	1,567	1,061
2006	992	672	2029	1,600	1,083
2007	1,013	686	2030	1,633	1,106
2008	1,034	700	2031	1,668	1,129
2009	1,056	715	2032	1,703	1,153
2010	1,078	730	2033	1,738	1,177
2011	1,101	745	2034	1,775	1,202
2012	1,124	761	2035	1,812	1,227
2013	1,147	777	2036	1,850	1,253
2014	1,171	793	2037	1,889	1,279
2015	1,196	810	2038	1,929	1,306
2016	1,221	827	2039	1,969	1,333
2017	1,247	844	2040	2,053	1,390
2018	1,273	862	2041	2,096	1,419
2019	1,300	880	2042	2,140	1,449
2020	1,327	898			

Fuente: Elaboración propia en base a Hernández-Ávila et al. 1999, Torres 2001 e INEI (Censos Nacionales 1993 y 2005)

En el cuadro 02 se presentan la población afectada para fines de la valoración económica de los beneficios económicos por la mejora ambiental. A esta población se le aplica el nivel de reducción en el cociente intelectual por efecto de la presencia de plomo en sangre, que podría evitarse si se promueve una política y/o programa ambiental para la reducción de éste contaminante tóxico.

5.1 Cálculo de los beneficios económicos

El estudio realiza una estimación aproximada de los beneficios de un único escenario que consiste en una reducción de 26.7 ug/dL hasta un valor menor o igual a 10 ug/dL del nivel de concentración de plomo en sangre, asociados únicamente a la reducción del cociente intelectual, evitado, de la población infantil menor a 6 años.

Según las recomendaciones efectuadas por el Centro de Prevención y Control de Enfermedades de los Estados Unidos²⁰ los niños que presentan niveles de plomo en sangre igual o mayor que 10 µg/dL tienen que ser controlados con determinadas acciones médicas. Ver cuadro 03 (Anexo 01).

En base al dato de Hernández-Ávila et al. 1999, de acuerdo con el cual por cada microgramo de plomo en sangre se presenta una disminución de 0.25 puntos en el coeficiente intelectual (IQ), se estima que los niveles de 16.7 ug/dL de plomo en sangre se traduce en una reducción en 4.18 puntos del IQ de la población afectada. De acuerdo a Schwartz (1994) y Salkever (1995), ambos citados por Larsen, B. y E. Strukova, (2005), estiman que la reducción de un punto en el IQ representa una reducción entre el 1.7% - 2.3 % en el nivel de ingreso esperado a lo largo de la vida laboral productiva.

Al no disponerse del valor actual de los ingresos esperados de una vida laboral productiva para el Perú y menos para la zona afectada por cada punto de IQ (VA), se utiliza el método transferencia de beneficios, utilizando la información de un país que sí ha calculado ese valor, como los Estado Unidos de Norteamérica, haciendo las correcciones debidas.

Para fines del presente estudio se ha transferido el valor actual de este ingreso esperado, obtenido por la Agencia de los Estados Unidos para la Protección Ambiental (EPA) para un poblador promedio de los Estados Unidos de Norteamérica equivalente a US\$ 6,820.00 por cada punto de IQ. Para nuestro caso de análisis se procedió a calcular el VA utilizando la función 2, y el valor de la elasticidad ingreso de la demanda de 0,54. Los resultados de la transferencia de beneficios se presentan en los cuadros 04 y 05.

Cuadro 04. Ajuste de parámetros para la función de transferencia de beneficios para Perú (Indicar unidades y fechas (años) de cada valores

Parámetros	Perú	EE.UU
Ingreso per cápita ajustado por poder de compra (PPC = US\$) ^{a/}	7,803	45,845
Expectativa de vida (E = años) ^{b/}	71	78
Gastos nacionales en salud (G = %) ^{c/}	1.9	6.9
	$L_0 = -20\%$	$L_1 = +20\%$
Función	$\epsilon i = 0.432$	$\epsilon i = 0.648$
Función 2 *	0.116639	0.079567

Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados de World Resources 2008 y Markandya (1998)

a/ Datos de ingreso percapita ajustado por el poder de compra para el año 2007), tomados de Wikipedia 20/06/07.

b/ Datos de esperanza de vida al nacer (2005 – 2010), tomados de World Resources 2008.

c/ Datos de gastos en salud pública para el año 2004, tomados de World Resources 2008.

* $(PPC_{pe}/PPC_{eu})^{\epsilon i} * (E_{pe}/E_{eu}) * (G_{pe}/G_{eu})$

²⁰ Centro de Prevención y Control de Enfermedades de los Estados Unidos, Managing Elevated Blood Lead Levels Among Young Children. Atlanta, GA: US Dept. of Health and Human Services, March 2002.

Cuadro 05. Valores actuales (VA) transferidos de beneficios en salud equivalente a un punto de IQ

		Función 2 US\$
EE.UU		6,820.00
Perú	$\epsilon i = 0.432$ (L_0)	795.48
	$\epsilon i = 0.540$	657.01
	$\epsilon i = 0.648$ (L_1)	542.64

Fuente: Elaboración propia

L_0 = Límite inferior

L_1 = Límite superior

En el cuadro anterior se puede ver que los valores transferidos son muy sensibles a los valores de la elasticidad ingresos de la demanda. Por ejemplo, con la introducción de variación del +/- 20% del valor de ϵi , los valores actuales transferidos de beneficios en salud equivalente a un punto de IQ oscila entre US\$ 795.48 – 542.64.

Para el cálculo de los ingresos esperados totales se procedió a multiplicar los valores del VA obtenidos en el cuadro 05 por el valor de los puntos totales de IQ reducidos = 4.18. Los resultados se muestran en el cuadro 06.

Cuadro 06. Valores actuales totales (VA_{π}) transferidos de beneficios en salud por cada niño menor a 6 años

Factor	Función 2 US\$
$\epsilon i = 0.432$ (L_0)	3,321.12
$\epsilon i = 0.540$	2,743.02
$\epsilon i = 0.648$ (L_1)	2,265.54

Fuente: Elaboración propia

Este beneficio, costo evitado, atribuible a la reducción de contaminación por plomo debe ser expandida a la población afectada para cada año del horizonte del periodo de vida laboral productiva, mostrado en el cuadro 02, para cada uno de los escenarios según cada tipo de ajuste. Esta expansión se presenta en el Cuadro 07 (anexo 1).

Finalmente, la agregación de los beneficios totales para la población afectada, AA.HH Puerto Nuevo, son presentados en el cuadro 08. En el cuadro se puede ver que los resultados de los beneficios totales son sensibles a los ajustes realizados y la variación de la elasticidad ingreso de la demanda, estos valores pueden oscilar entre US\$ 20,527.4 – 14,003.0 millones.

Cuadro 08. Valores actuales totales (VAT) de beneficios en salud para la población total de niños afectados menores a 6 años

Factor	Función 2 US\$ (miles)
$\varepsilon_i = 0.432$	20,527.4
$\varepsilon_i = 0.540$	16,954.2
$\varepsilon_i = 0.648$	14,003.0

Fuente: Elaboración propia

Además de los objetivos planteados en este estudio, nuestra intención era mostrar que, si la valoración de los beneficios por salud son importantes, estos beneficios servirán para justificar y promover acciones para combatir los cambios en la calidad ambiental, en este caso la contaminación por plomo procedente del transporte y almacenamiento de los concentrados de plomo en los depósitos ubicados cerca a la población afectada, mayores esfuerzos de investigación podrían ser desarrollados para su valoración, puesto que la escogencia de cualquier aproximación específica afectará significativamente los ingresos (impuestos) de estas acciones. Por lo tanto, sería recomendable que se pudiera promover y mejorar cada vez más el uso de los diferentes métodos de valoración, como por ejemplo el método de valoración contingente, aplicando la encuesta de disponibilidad a pagar en países en desarrollo, para ofrecer valoraciones más confiables de los beneficios en salud.

Asimismo, en el Cuadro 2 muestra que la población infantil afectada estimada para el año 2007 corresponde a 1,013; sin embargo, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) ha informado recientemente que unos 1,430 niños de la provincia constitucional del Callao están afectados con altas concentraciones de plomo en la sangre²¹. De modo que la estimación puede ser revisada a la luz de esta información.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontró que el beneficio económico, costo evitado, derivado de la reducción por cada punto del Coeficiente Intelectual (IQ) por contaminación de plomo en sangre a nivel individual fluctúa entre US\$ 795.48 y 542.64 para valores de la elasticidad ingreso de la demanda de 0.432 – 0.648, utilizando el método sugerido por Heintz y Tol (1996), cuando se hace la variación al método tradicional agregando las variables de esperanza de vida y gastos nacionales en salud.

Los montos estimados son definitivamente un cálculo conservador del valor real del daño a la salud de la población por una serie de razones, que incluye: i) limitar el estudio al grupo poblacional más vulnerable, que representa en la zona de estudio apenas el 14% de la población total; ii) limitar el cálculo a uno –reducción del cociente intelectual– de los varios impactos a la salud asociados a la intoxicación por plomo identificados en la literatura.

²¹ Diario El Comercio. Edición impresa del 05/07/07.

Estas aproximaciones pueden ser refinadas, tal como lo han hecho en México²², los costos por gastos futuros en educación especial y la compensación para un recién nacido con anomalía en su coeficiente intelectual derivado de una concentración de plomo en sangre superior a 20 ug/dL.

El estudio y las aproximaciones realizadas podrían tener una gran replicabilidad para fines de diseño de política ambiental en el Perú, un país en donde la actividad minera es una de las más dinámicas de la economía, y donde las operaciones mineras presentan aún niveles significativos de pasivos ambientales, muchos de los cuales están relacionados a contaminación por plomo.

²² Gobierno de la República de México 2004.

BIBLIOGRAFIA

- Aimin Chen, Kim N. Dietrich, James H. Ware, Jerilynn Radcliffe, and Walter J. Rogan, (2005). IQ and Blood Lead from 2 to 7 Years of Age: Are the Effects in Older Children the Residual of High Blood Lead Concentrations in 2-Year-Olds?. *Environmental Health Perspectives*. VOLUME 113, NUMBER 5, May 2005
- Álvarez, M. et al. (1997) Childhood lead poisoning on the US-Mexico border: A case study in environmental health nursing lead poisoning. *Public Health Nursing* 14 (6/Dec.): 353–360.
- Baghurst, P.A. et al. (1992) Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years: The Port Pirie Cohort Study. *New England Journal of Medicine* 327: 1279–1284.
- Bellinger, D. et al.
(1987) Longitudinal analyses of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. *New England Journal of Medicine* 316 (17): 1037–1043.
(1986) Low level lead exposure and infant development in the first year. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology* 8: 151–161.
(1984) Early sensory motor development and prenatal exposure to lead. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology* 6: 387–402.
- Bhattacharya, A. et al. (1995) Effect of early lead exposure on children's postural balance. *Developmental Medicine and Child Neurology* 37 (10/Oct.): 861–878.
- Brouwer, R. (2000). *Environmental value Transfer: State of de Art and Future prospects*. *Ecological Economics*, 32:137-152.
- Calderón, J.V. et al. (1996) Evolution of lead toxicity in a population of children. *Human and Experimental Toxicology* 15 (5/May): 376–82.
- Centers for Disease Control and Prevention, (1991). "Preventing Lead Poisoning in Young Children", U.S. Department of Health and Human Services. Tabla 6-3, p.46 y pp. 58-59.
- Corey, G. & L. Galvao (1989) *Plomo Serie Vigilancia 8* (Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud). Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).
- Cropper, Maureen L., and Nathalie B. Simon. (1996). *Valuing the health effects of air pollution*. Washington, DC: World Bank.
- Dietrich, K. et al.
(1987) Low-level fetal lead exposure effect on neurobehavioral development in early infancy. *Pediatrics* 80 (5): 721–730.
(1990) Lead exposure and neurobehavioral development in later infancy. *Environmental Health Perspectives* 89 (Nov.): 13–19.
(1991) Lead exposure and the cognitive development of urban preschool children: The Cincinnati Lead Study Cohort at age 4 years. *Neurotoxicology and Teratology* 13: 203–211.
(1992) Lead exposure and the central auditory processing abilities and cognitive development of urban children: The Cincinnati Lead Study cohort at age 5 years. *Neurotoxicology and Teratology* 14 (1/Jan.): 51–56.
(1993a) The developmental consequences of low to moderate prenatal and postnatal lead exposure: Intellectual attainment in the Cincinnati Lead Study Cohort following school entry. *Neurotoxicology and Teratology* 15 (1/Jan.–Feb.): 37–44.
(1993b) Lead exposure and the motor developmental status of urban six-year-old children in the Cincinnati Prospective Study. *Pediatrics* 91 (2/Feb.): 301–307.
- DISA I (2007). *Dirección de Salud ambiental I - Callao. El Análisis de Situación de Salud – 2007 de la Provincia Constitucional del Callao*
- EPA (2000). *Economic Analysis of Toxic Substances Control Act Section 403: Lead-Based Paint Hazard Standards*, Economic and Policy Analysis Branch, Office of Pollution Prevention and Toxics, US Environmental Protection Agency, December 21, 2000
- Faust, D. & J. Brown (1987) Moderately elevated blood lead levels: Effects on neuropsychological functioning in children. *Pediatrics* 80 (5): 623–629.
- Fergusson, D.M., L.J. Horwood & M.T. (1997) Early dentine lead levels and educational outcomes at 18 years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines* 1997 May; 38(4): 471–8.
- Foster, W.G. et al. (1997) Chronic lead exposure effects in the cynomolgus monkey (*Macaca fascicularis*) testis. *Ultrastructural Pathology* 22 (1/Jan–Feb): 63–71.

- Freeman III, M., W. D. Shipman (2000). The Valuation of Environmental Health Damages in Developing Countries: Some Observations. Biannual Workshop of the Economy and Environment Program of South East Asia (EEPSEA), Chiang Mai, Thailand, November 21, 2000
- Gobierno de la República de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2004. Anteproyecto de Norma Oficial mexicana ANTEPROY-NOM-XXX-SEMARNAT/SSA-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio. Disponible en: http://www.apps.cofemer.gob.mx/mir_xml/xmlhtml/mirxmlhtml6.asp?vrlDmir=5678 Sitio visitado el 19/02/07. El Anexo 4A contiene un método bastante completo y relativamente accesible para la estimación del valor económico de la reducción del plomo en sangre. Este anexo está disponible por separado en el siguiente sitio: <http://www.cofemer.gob.mx/uploadtests/5678.62.59.1.Anexo%20A%20Evaluaci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20de%20los%20beneficios.doc> Visitado el 19/02/07.
- Goyer, R.A. (1993) Lead toxicity: Current concerns. *Environmental Health Perspectives* 100 (Apr.): 177–187.
- Hernández-Avila, M., Rocío Espinoza y Luz Carbajal 1999. Estudio de Plomo en Sangre en Población seleccionada de Lima y el Callao (Junio 1998 – Marzo 1999). *EHP Activity Report* N° 72. Washington DC: Environmental Health Project and U.S. Agency for International Development. Disponible en: http://www.ehproject.org/ehkm/eh_pubslanguage.html Sitio visitado el 04/07/07.
- Hubbard, B. (2005) Desarrollo de un Plan de Intervención Integral para Reducir la Exposición al Plomo y otros Contaminantes en el Centro Minero de La Oroya, Perú. Centros de Control y Prevención de Enfermedades. Centro Nacional para la Salud Ambiental Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades. División de Servicios de Emergencia y de Salud Ambiental. http://www.cdc.gov/nceh/ehs/Docs/la_orya_report.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. Censos Nacionales 2005: X de Población y V de Vivienda. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/> Sitio visitado el 22/06/07.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/> Sitio visitado el 22/06/07.
- Larsen, Bjorn y Elena Strukova 2005. Peru, Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment. Final Draft (Octubre 2005). Mimeo.
- Leviton, A. (1993) Pre- and postnatal low-level lead exposure and children's dysfunction in school. *Environmental Research* 60 (1/Jan.): 30–43.
- McMichael, A.J. et al.
 (1986) The Port Pirie Cohort Study: Maternal blood lead and pregnancy outcome. *Journal of Epidemiology and Community Health* 40: 18–25.
 (1988) Port Pirie Cohort study: Environmental exposure to lead and children's abilities at the age of four years. *New England Journal of Medicine* 319 (8/Aug 25): 468–475.
- Ministerio de Economía y Finanzas.
 (2006). Sistema Nacional de Inversión Pública, Dirección General de Programación Multianual. Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública del Sector Salud a nivel de Perfil.
 (2006). Dirección General de Asuntos Económicos y Sociales (DGAES) 2006. Los Sistemas de Pensiones en Perú. Mimeo, presentación en Power Point. Disponible en: www.mef.gob.pe/DGAES/Seminarios_talleres/SistPensiones_JVillena_22JUN06.pdf Sitio visitado el 28/06/07.
- Ministerio de Salud (MINSA)
 (2007). Curso Internacional de Emergencias Toxicológicas Intoxicaciones por Metales Pesados. Dirección General de Salud Ambiental. Lima, julio de 2007.
- Markandya, Anil, (1998). The Valuation of Health Impacts in Developing Countries. *Planejamento and Políticas Públicas*, n.18, Dec.1998.
- Navrud, S. y O. Bergland (2001). "Value Transfer and Environmental Policy. *Policy Research Brief* N° 8. Cambridge Research for the Environment.
- Needleman, H.L. & C.A. Gatsonis (1990) Low-level lead exposure and the IQ of children. A meta-analysis of modern studies. *Journal of the American Medical Association (JAMA)* 263 (5/Feb. 2): 673–678.
- Needleman, H.L. et al.

- (1990) The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. An 11-year follow-up report. *New England Journal of Medicine* 322 (2/Jan. 11): 83–88.
- (1996) Bone lead levels and delinquent behavior. *Journal of the American Medical Association (JAMA)* 275 (5/Feb. 7): 363–369.
- Needleman, H.L., M. Rabinowitz & A. Leviton (1984) The relationship between prenatal exposure to lead and congenital anomalies. *Journal of the American Medical Association (JAMA)* 251: 322.
- Olivera Angulo, Javier 2002. La Tasa de Reemplazo en el Sistema Privado de Pensiones. Lima: Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones. Documento de Trabajo DT/02/2002. Junio 2002. Disponible en: www.sbs.gob.pe/portalsbs/Publicaciones/working/SBS-DT-02-2002.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD s.d. (ca. 1997). Project and Policy Appraisal: Integrating Economics and Environment
- Ortiz, R. A. and R. Serôa da Motta (2002). The Economic Impact of PROCONVE on Air Pollution Health Effects in São Paulo, Brazil: A benefit transfer exercise. Sao Paulo, Brazil, IPEA:02/12/2002.
- Otto, D. et al. (1982) Effects of low to moderate lead exposure on slow cortical potentials in young children: Two-year follow-up study. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology* 4: 733–737.
- Pocock SJ, Smith M, Baghurst P., (1994). Environmental lead and children's intelligence: A systematic review of the epidemiological evidence. *BMJ* 1994;309:1189-1197
- Rice, G.; J. K. Hammitt y P. K. Amar (2005). Economic Valuation of Human Health Benefits of Controlling Mercury Emissions from U.S. Coal-Fired Power Plants. Northeast States for Coordinated Air Use Management, NESCAUM.
- Romieu, I. et al. (1994) Sources of lead exposure in Mexico City. *Environmental Health Perspectives* 102: 384–389.
- Romieu, I., M. Lascasana & R. McConnell (1997) Lead exposure in Latin America and the Caribbean. *Lead Research Group of the Pan American Health Organization. Environmental Health Perspectives* 105 (4/April): 398–405.
- Rosenberger, R. S. y J. B. Loomis (2000): "Using meta-analysis for benefit transfer: In sample convergent validity tests of an outdoor recreation database", *Water Resources Research*, 36(4), 1097-1107.
- Schwartz J, Otto D. (1987). Blood lead, hearing thresholds, and neurobehavioral development in children and youth. *Arch Environ Health* 1987;42:153-160.
- Schwartz J., (1994). Low-level lead exposure and children's IQ: A meta-analysis and search for a threshold. *Environ Res* 1994;65:42-55.
- Sánchez, José Miguel; Sebastián VALDES y Bart OSTRO (1998). Los Efectos en Salud de la Contaminación Atmosférica por PM10 en Santiago. *Estudios Públicos*, N° 69, pp. 125-154, Verano 1998.
- Torres, Marco Polo 2001. Developing a Hygiene Behavior Change Program for Children with Lead Poisoning Living in Informal Urban Areas of Lima, Peru. *Environmental Health Project (EHP)*. Prepared for the USAID Mission to Peru under EHP Project 26568/OTHER.PE.URBANEH.BEHAVIOR. Disponible en: www.ehproject.org/PDF/Activity_Reports/AR107PEBehChgArch.pdf. Sitio visitado el 04/07/07
- United States Environmental Protection Agency, (1985). "Costos and Benefits of Reducing Lead in Gasoline: Final Regulatory Analysis". Office of Policy, Planning and Evaluation Economic Analysis Division, Washington, D.C.
- WIKIPEDIA s.d. List of Countries by GDP (PPP) per capita. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(PPP\)_per_capita](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(PPP)_per_capita) Sitio visitado el 20/06/07.
- White, R.F. et al. (1993) Residual cognitive deficits 50 years after lead poisoning during childhood. *British Journal of Industrial Medicine* 50 (7/Jul.): 613–622.
- Wigg, N.R. (1988) Port Pirie Cohort study: Childhood blood lead and neuropsychological development at age two years. *Journal of Epidemiology and Community Health* 42 (3/Sep): 213–219.
- Zejda, J.E. et al. (1997) Blood lead levels in urban children of Katowice Voivodship, Poland: Result of the population-based biomonitoring and surveillance program. *Central European Journal of Public Health* 5 (2/June): 60–64.

ANEXO 01

Cuadro 03. Niveles de Plomo en Sangre (ug/dL) y acciones recomendadas

Niveles de Pb en Sangre (ug/dL)	Acciones recomendadas
10 - 14	<ul style="list-style-type: none">• Repetir plúmbemia dentro de 3 meses• Evaluar fuentes de contaminación por plomo• Educar: Limpiar manos y boca
15 - 19	<ul style="list-style-type: none">• Repetir plúmbemia dentro de 2 meses• Evaluar fuentes de contaminación por plomo• Educar: Limpiar manos y boca• Remitir al área de salud
20 -44	<ul style="list-style-type: none">• Repetir plúmbemia dentro del meses• Evaluar fuentes de contaminación por plomo• Educar: Limpiar manos y boca• Remitir al área de salud
45 - 70	<ul style="list-style-type: none">• Repetir plúmbemia dentro del meses• Evaluar fuentes de contaminación por plomo• Educar: Limpiar manos y boca• Remitir al área de salud• Tratamiento de QUELACIÓN
>70	<ul style="list-style-type: none">• Hospitalización Inmediata• QUELACIÓN con dos drogas

Fuente: Centro de Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC). Elevated Blood Lead Levels Among Young Children: Recommendations from the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention, 2002.

Cuadro 07. Flujo de pérdida de ingresos por vida útil por reducción en el IQ atribuible a presencia de plomo en sangre

Año	Beneficios en base a Función 1 US\$ (miles)		Beneficios en base a Función 2 US\$ (miles)	
	Escenario 1 $\epsilon_i = 0.54$	Escenario 2 $\epsilon_i = 1.00$	Escenario 1 $\epsilon_i = 0.54$	Escenario 2 $\epsilon_i = 1.00$
1998	6,159.06	2,727.45	1,543.77	683.64
1999	6,288.82	2,784.91	1,576.30	698.04
2000	6,421.33	2,843.59	1,609.51	712.75
2001	6,556.62	2,903.50	1,643.42	727.76
2002	6,694.76	2,964.68	1,678.04	743.10
2003	6,835.82	3,027.14	1,713.40	758.75
2004	6,979.85	3,090.92	1,749.50	774.74
2005	7,126.91	3,156.05	1,786.36	791.06
2006	7,277.07	3,222.54	1,824.00	807.73
2007	7,430.39	3,290.44	1,862.43	824.75
2008	7,586.95	3,359.77	1,901.67	842.13
2009	7,746.80	3,430.56	1,941.74	859.87
2010	7,910.02	3,502.84	1,982.65	877.99
2011	8,076.68	3,576.64	2,024.42	896.49
2012	8,246.85	3,652.00	2,067.08	915.37
2013	8,420.61	3,728.94	2,110.63	934.66
2014	8,598.02	3,807.51	2,155.10	954.35
2015	8,779.18	3,887.73	2,200.50	974.46
2016	8,964.15	3,969.64	2,246.87	994.99
2017	9,153.02	4,053.28	2,294.21	1,015.96
2018	9,345.87	4,138.68	2,342.55	1,037.36
2019	9,542.78	4,225.88	2,391.90	1,059.22
2020	9,743.84	4,314.92	2,442.30	1,081.54
2021	9,949.14	4,405.83	2,493.76	1,104.32
2022	10,158.76	4,498.66	2,546.30	1,127.59
2023	10,372.80	4,593.44	2,599.95	1,151.35
2024	10,591.35	4,690.23	2,654.73	1,175.61
2025	10,814.51	4,789.05	2,710.66	1,200.38
2027	11,042.36	4,889.95	2,767.77	1,225.67
2028	11,275.02	4,992.98	2,826.09	1,251.49
2029	11,512.58	5,098.18	2,885.63	1,277.86
2030	11,755.14	5,205.59	2,946.43	1,304.78
2031	12,002.82	5,315.27	3,008.51	1,332.27
2032	12,255.71	5,427.26	3,071.90	1,360.34
2033	12,513.93	5,541.61	3,136.62	1,389.01
2034	12,777.59	5,658.37	3,202.71	1,418.27
2035	13,046.81	5,777.59	3,270.19	1,448.15
2036	13,321.70	5,899.32	3,339.09	1,478.67
2037	13,602.38	6,023.61	3,409.44	1,509.82
2038	13,888.97	6,150.53	3,481.28	1,541.63
2039	14,181.61	6,280.12	3,554.62	1,574.11
2040	14,480.41	6,412.43	3,629.52	1,607.28
2041	14,785.50	6,547.54	3,705.99	1,641.14
2042	15,097.02	6,685.49	3,784.07	1,675.72

Elaboración propia