

**Desarrollo de un Plan de Intervención Integral para
Reducir la Exposición al Plomo y otros Contaminantes
en el Centro Minero de La Oroya, Perú**

Preparado para la

**Agencia para el Desarrollo Internacional del gobierno de los
Estados Unidos, Misión Perú**

por los

**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**

Agosto de 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

**Departamento de Salud y Servicios Humanos del gobierno de los Estados Unidos
Centros para el 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**

El uso de nombres de industrias o marcas de productos es para identificación solamente y no significa que tengan el respaldo del gobierno de los Estados Unidos.

Colaboración en la traducción:

Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA)

Información adicional puede ser obtenida de:

Brian Hubbard, MPH
Investigador en Salud Pública
CDC/NCEH/DEEH/EHSB
4770 Buford HWY, NE
Mail Stop: F-28
Atlanta, GA 30341
EEUU

Teléfono: 770.488.7098

Fax: 770.488.7310

Email: bnh5@cdc.gov

Copias de este reporte están disponibles en formato PDF, el cual puede ser visto usando Adobe Acrobat Reader en http://www.cdc.gov/nceh/ehs/Docs/la_orya_report.pdf

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
APENDICES.....	4
FIGURAS.....	4
TABLAS.....	5
ABREVIATURAS.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	7
INVESTIGADORES Y COLABORADORES: EQUIPO EVALUADOR DEL CDC.	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	11
I. ANTECEDENTES.....	13
A. El Centro Minero de La Oroya, Perú.....	13
B. Propósito y Alcance de la Evaluación.....	15
II. ACTIVIDADES DE EVALUACION DEL CDC.....	16
III. HALLAZGOS DE LA VISITA DE EVALUACION Y REUNIONES.....	17
A. Estudios de Plomo en Sangre en Niños de La Oroya.....	17
B. Contaminación Ambiental.....	19
C. Coordinación de Actividades	20
D. Higiene.....	21
E. Comunicación.....	21
IV. DISCUSIÓN.....	23

A. Importancia del Plomo.....	23
B. El Plomo y la Salud Humana.....	24
C. Estudios Mundiales sobre Reducción del Plomo.....	27
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. RECOMENDACIONES.....	35
VII. REFERENCIAS.....	37

APENDICES

Apéndice A:	Pedido de Asistencia Técnica de la USAID
Apéndice B:	Términos de Referencia de DIGESA
Apéndice C:	Respuesta del CDC/NCEH al Pedido de Asistencia Técnica de USAID
Apéndice D:	Revisión Bibliográfica, Incluyendo Publicaciones en Español
Apéndice E:	Fuentes de Información Identificadas a través de la Revisión Bibliográfica
Apéndice F:	Agenda de Trabajo para el Equipo de Asistencia Técnica del CDC-Visita a La Oroya
Apéndice G:	Observaciones Preliminares y Recomendaciones a las partes Peruanas interesadas, 22 de Marzo, 2004
Apéndice H:	Tres Estudios de Caso
Apéndice I:	Quelación
Apéndice J:	Estructura para el Desarrollo del Plan
Apéndice K:	Problemas/Temas/Preocupaciones Claramente Establecidas
Apéndice L:	Hojas de Trabajo para las Declaraciones de Problemas

FIGURAS

Figura 1. Vías de contaminación por plomo del ambiente a los seres humanos

Figura 2. Niveles de plomo en sangre asociados con efectos adversos a la salud

Figura 3. Porcentaje de niveles de plomo en sangre ≥ 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ con respecto a la distancia de la planta procesadora Met-Mex de Peñoles, Torreón, Coahuila, México, 2003

Figura 4. Porcentaje de niños con niveles elevados de plomo en sangre ($>10 \mu\text{g/dL}$) con respecto a la distancia de su residencia a la fundición en niños de menos de 72 meses de edad.

TABLAS

Tabla 1. Niveles de plomo en sangre con respecto a la distancia de la fundición de ASARCO, El Paso, TX, Agosto 1972.

Tabla 2. Distribución de niveles de plomo en sangre en niños que viven en diferentes sectores del vecindario de Anapra, Ciudad de Juárez, México, 1997.

ABREVIATURAS

ASARCO:	Compañía Americana de Fundición y Refinado
ATDSR:	Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades
BLL:	Niveles de Plomo en Sangre
CDC:	Centros para la Prevención y Control de Enfermedades
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MEM:	Ministerio de Energía y Minas
NCEH:	Centro Nacional para la Salud Ambiental
ONG:	Organización No Gubernamental
NIOSH:	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, CDC
$\mu\text{g/g}$:	Microgramos por gramo
$\mu\text{g/dL}$:	Microgramos por decilitro
\geq	Mayor o igual a
UNES:	Unión para el Consorcio del Desarrollo Sustentable

USAID: Agencia para el Desarrollo Internacional del gobierno de los Estados Unidos

USEPA: Agencia de Protección Ambiental del gobierno de los Estados Unidos

RECONOCIMIENTOS

El equipo de asistencia técnica del CDC extiende un especial agradecimiento a Eusebio Robles, Juana Sueldo Mesones, y Rocío Espinoza Laín, por la guía al proyecto y el apoyo en facilitar la visita al lugar.

El equipo de asistencia técnica del CDC reconoce a las siguientes instituciones e individuos por su trabajo para entender y resolver el complejo tema ambiental y de salud pública en La Oroya.

Agencia de Desarrollo Internacional del gobierno de los Estados Unidos

Edilberto Alarcón
Timothy Miller
Marilu Bacigalupo
Martha García

Dirección General de Salud Ambiental, Perú

Juana Sueldo Mesones
Rocío Espinoza Laín
Eusebio Robles
Jorge Albinagorta

Departamento de Junín, Perú

Manuel Duarte

Municipalidad de La Oroya, Perú

Clemente Quincho

Comisión Ambiental Regional de los Andes Centrales, Perú

Carlos Rojas

Dirección de Salud de Junín, Perú

Luis Huampaní Palomino

Ministerio de Energía y Minas, Perú

CésarPolo Rosillard
Julio Bonelli Arenas
María Chappuis
Ministerio de Salud

Juan de Dios Altamirano del Pozo

Environmental Law Alliance Worldwide

Mercedes Lu

Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente

Anna Cederstav

Consultora

Carmen Gaztañaga

CARE Perú

Virginia Baffigo de Pinillos

**Movimiento por la Salud de La
Oroya, Perú**

Juan Aste
Eliana Ames

**Occupational Knowledge
International**

Perry Gottesfeld

Doe Run Perú

José A. Mogrovejo
Juan Carlos Huayhua

INVESTIGADORES Y COLABORADORES: EQUIPO EVALUADOR DEL CDC

Dra. Sharunda Buchanan (Dra. en Bioquímica y Toxicología), Líder del Equipo, Jefa de la División de Servicios de Salud Ambiental—Brinda dirección y supervisión a funcionarios del servicio de salud ambiental, epidemiólogos, médicos y veterinarios involucrados en una variedad de actividades relacionadas con servicios de salud ambiental (por ejemplo: saneamiento, evaluaciones e inspecciones de alimentos, monitoreo de calidad de aire, manejo de aguas residuales, control de vectores, etc.). Sdb4@cdc.gov

Dra. Pamela Meyer (Dra. en Epidemiología), Investigadora sobre los efectos del Plomo en la Salud en la División de Prevención de Intoxicaciones por Plomo—Coordina y supervisa el equipo de investigadores que realizan vigilancia en niños intoxicados por plomo y que desarrollan y evalúan las intervenciones para prevenir la intoxicación por plomo en niños. Pfm7@cdc.gov

Dr. Oscar Tarragó (Médico Cirujano, Maestro en Salud Pública Internacional), Líder del área de Comunicación de Riesgos para la Salud, División de Educación y Promoción para la Salud—Desarrolla programas de capacitación en salud ambiental para personal del área de salud y coordina la capacitación en comunicación de riesgos para la salud. Oat3@cdc.gov

Gary Noonan (Higienista Industrial, Maestro en Administración Pública), Director de Actividades Globales en Salud de la División de Peligros Ambientales y Efectos en la salud, Director Asociado para el Terrorismo Químico—Coordina la respuesta del Centro Nacional de Salud Ambiental para posibles eventos de ataques terroristas. Gpn2@cdc.gov

John Sarisky (Maestro en Salud Pública) Oficial de Salud Ambiental, División de Servicios de Salud Ambiental—Responde a los pedidos de asistencia técnica en salud pública ambiental de agencias internacionales, federales, estatales y locales. Ha trabajado en proyectos de salud ambiental en Perú durante 4 años. Zsel@cdc.gov

Brian Hubbard (Maestro en Salud Pública Internacional) Investigador en Salud Ambiental, División de Servicios en Salud Ambiental—Brinda asistencia técnica a agencias internacionales, nacionales, estatales y locales para el diseño y conducción de evaluaciones en salud pública y para la evaluación de programas en salud pública ambiental. Ha vivido y trabajado en Perú por 4 años. Bnh5@cdc.gov

RESUMEN EJECUTIVO

La Oroya, Perú, es la sede de una fundición de metales que ha estado funcionando por más de 80 años. En octubre de 2003, la Agencia para el Desarrollo Internacional del gobierno de los Estados Unidos (*U.S. Agency for International Development, USAID*) le pidió a los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) que proporcionaran ayuda técnica para la elaboración de un plan integrado que permitiera enfrentar los problemas de contaminación por plomo en La Oroya. Un equipo de investigadores del Centro Nacional de Salud Ambiental (NCEH) visitó Perú del 13 al 22 de marzo de 2004, para conocer las condiciones y las preocupaciones existentes en La Oroya. Durante su estancia en Perú, el equipo del NCEH visitó las instalaciones de la fundidora de *Doe Run Perú* en La Oroya y habló con funcionarios del gobierno local, regional y nacional sobre los problemas de salud ambiental relacionados con las actividades de la fundición; asimismo, el equipo se entrevistó sobre el mismo tema con personal de la fundición, profesionales de la salud, ciudadanos interesados en el tema y otras partes interesadas. El equipo del NCEH también aprendió que tipo de infraestructura existe en salud pública ambiental y el descuido gubernamental en relación con las actividades de la industria minera en Perú. Este informe resume observaciones de las reuniones, destaca hallazgos relevantes de estudios realizados en varias partes del mundo y ofrece recomendaciones.

La situación en La Oroya no es un problema nuevo de salud pública ambiental. El plomo se ha convertido en un problema cada vez más importante en Latinoamérica y el Caribe como resultado de la rápida industrialización. Estudios realizados durante los últimos 30 años en comunidades de diferentes países del mundo que tienen plantas procesadores de metales han documentado la relación entre los niveles altos de plomo en sangre (BLL, por sus siglas en inglés) y los niveles de plomo en el aire y el suelo. Los efectos del plomo son bien conocidos y van desde trastornos leves del aprendizaje y la conducta, hasta convulsiones, estado de coma y la muerte.

Hallazgos principales:

- Los estudios para determinar los niveles de plomo en sangre realizados recientemente en La Oroya (1999–2001) mostraron que todos los niños en los estudios realizados tenían niveles elevados de plomo en sangre (de 15 a 80 microgramos por decilitro [$\mu\text{g/dL}$]). Estos resultados muestran que los niños de La Oroya están siendo expuestos al plomo en el ambiente donde viven.
- No se ha puesto en marcha el proceso de control de emisiones en la planta procesadora de plomo en La Oroya.
- No se ha determinado el nivel de contaminación del suelo y no se ha creado un plan de remediación del suelo para su implementación.
- La infraestructura de salud pública ambiental necesaria para controlar las emisiones de la fundidora y supervisar los esfuerzos de remediación del suelo está fragmentada y carece de recursos.

Recomendaciones:

La prioridad inmediata es reducir la exposición al plomo y a otros contaminantes. La mejor forma de lograrlo es a través de la creación de la infraestructura de salud pública ambiental necesaria para elaborar y poner en marcha un plan global de intervención integrada. Las partes interesadas necesitan unirse y colaborar en forma sistemática para reducir las emisiones, remediar la contaminación del suelo y operar un sistema de monitoreo de la contaminación de manera sostenible. Específicamente, el proceso debe

1. Reducir las emisiones de plomo en el aire, tanto de las chimeneas como emisiones fugitivas, a niveles que protejan a los niños contra niveles de plomo en sangre de ≥ 10 $\mu\text{g/dL}$. Hasta que no se logre este objetivo, ninguna otra intervención tendrá un impacto adecuado en la disminución de los niveles de plomo en la sangre de los niños.
2. Remover la tierra contaminada con plomo en el suelo, la cual es una acción demostrada científicamente para reducir el plomo en suelos contaminados históricamente.
3. Elaborar un plan científicamente sólido para monitorear el impacto de los esfuerzos para reducir las emisiones.

Las partes interesadas deben participar en la planificación, implementación y monitoreo de la reducción de emisiones de plomo y otros contaminantes, para fortalecer conjuntamente el plan y el proceso, e incrementar la credibilidad y asegurar que se cumplan el monitoreo y otras necesidades de las partes afectadas.

El marco de trabajo presentado en la reunión de clausura del 22 de marzo de 2004, en Lima, Perú, y las recomendaciones contenidas en este informe pueden servir de guía a las partes interesadas que están a cargo de la elaboración e implementación de un plan integrado de intervención.

I. ANTECEDENTES

A. El Centro Minero de La Oroya, Perú

La ciudad de La Oroya, localizada en el departamento de Junín, en la Sierra Central del Perú, es un departamento rico en minerales y el centro más grande y antiguo en fundición y refinado de plomo, cobre y zinc en el país. También existen ahí procesos de producción de plata, oro, cadmio y otros metales.

El complejo metalúrgico de La Oroya tiene una historia de 80 años de actividad minera. La Oroya está ubicada a lo largo de la Carretera Central y el Ferrocarril Central, el ferrocarril a mayor altura del mundo. Ambas rutas de transporte suben desde Lima, a través de las montañas, hasta La Oroya a 3,371 metros sobre el nivel del mar. La ciudad está a 180 Km. al noreste de Lima y tiene una población de aproximadamente 35,000 habitantes (para información adicional del lugar ver los siguientes documentos: La Oroya No Espera [Cederstav 2003]; Situación Ambiental del Aire, Aguas, y Suelos en la Provincia de Yauli-La Oroya [UNES 2003]; Estudio de Dispersión de la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de La Oroya [DIGESA 2001]; Estudio Socio-económico 2001, Distrito La Oroya [INEI 2001]).

Los resultados de estudios llevados a cabo en Lima/Callao en 1998 y 1999 indicaron que los depósitos de concentrados de mineral ubicados cerca de hogares y centros educativos fueron las fuentes principales de contaminación de plomo que causaron niveles elevados de plomo en sangre en niños. El cincuenta por ciento de los concentrados de mineral de los depósitos de almacenamiento en Lima/Callao provienen de La Oroya. Como resultado del estudio en Lima/Callao, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) llevó a cabo estudios de niveles de plomo en sangre en Noviembre de 1999 con poblaciones seleccionadas en La Oroya. Los resultados revelaron un promedio de 33.6 µg/dL de plomo en sangre (n=346) para niños de 6 meses a 10 años de edad (Hernández-Avila et al 1999). Más impactantes fueron los resultados que indicaban que el 99.1% de los niños examinados tuvieron niveles de plomo en sangre mayores de 10 µg/dL. En Estados Unidos se planea que ningún niño tenga niveles mayores de 10 µg/dL para el año 2010. Dados los elevados niveles de plomo en sangre en la zona, DIGESA priorizó el desarrollo de un plan integral para mejorar la salud de los residentes de La Oroya.

B. Propósito y Alcance de la Evaluación

El 31 de Octubre de 2003, el Centro de Prevención y Control de Enfermedades (CDC) recibió una solicitud de asistencia técnica de la Agencia Internacional de Desarrollo del gobierno de los Estados Unidos (USAID). Un acuerdo entre el CDC y la misión de la USAID en Perú establecido en el 2001, permite a la USAID solicitar asistencia técnica al CDC, referente a asuntos ambientales y de salud pública. La enmienda 6 del acuerdo CDC/USAID número AAG-P-00-99-00006-00 establece el mecanismo para solicitar la asistencia técnica.

El pedido fue acompañado por términos de referencia específicos, desarrollados por DIGESA. El objetivo de los términos de referencia es apoyar a los funcionarios de DIGESA para resolver los problemas de salud en la población de La Oroya como

resultado de la exposición a contaminantes ambientales, lo cual se cree está asociado con las operaciones actuales e históricas de la fundición de plomo. La solicitud de asistencia técnica especificó las siguientes actividades:

- Enviar un equipo de CDC a La Oroya, Perú, para evaluar las condiciones que pueden estar contribuyendo con los reportes de quejas de salud y niveles elevados de plomo en sangre. Determinar los niveles de contaminación
- Determinar y evaluar las actividades actuales y planificadas en La Oroya para abordar las preocupaciones de los funcionarios del Ministerio de Salud, particularmente las del personal de DIGESA que trabajan con funcionarios mineros, el operador de la fundición, miembros de la comunidad, proveedores de servicios médicos y organizaciones no gubernamentales (ONGs);
- Después de la visita de 10 días en Perú y en coordinación con DIGESA, elaborar un plan de trabajo para abordar los problemas de salud asociados a la fundición en La Oroya. El plan de trabajo incluirá términos de referencia para proporcionar asistencia por parte del CDC en el futuro y acciones recomendadas para los ministerios, grupos mineros y otros grupos interesados.

II. ACTIVIDADES DE EVALUACION DEL CDC

Como respuesta a la solicitud de asistencia técnica (Apéndice A) y los términos de referencia que la acompañan (Apéndice B), El Centro Nacional de Salud Ambiental (NCEH) del CDC fue asignado la tarea y preparó una respuesta a la USAID el 16 de Diciembre de 2003 (Apéndice C). La Dra. Sharunda Buchanan, Jefa de la División de Servicios en Salud Ambiental del NCEH organizó y dirigió al equipo de asistencia técnica que

- (1) Llevó a cabo una extensiva revisión bibliográfica de estudios en salud y medio ambiente en La Oroya y otras comunidades mineras y de procesamiento de minerales (Apéndice D). La revisión bibliográfica identificó 188 documentos en inglés y 15 en español pertinentes a las condiciones de La Oroya. Esta revisión bibliográfica fue entregada a funcionarios de la USAID en Diciembre de 2004. Información relevante de los estudios más importantes y los hallazgos más notables están presentados en la sección de Discusión de este reporte. Copias electrónicas y en papel de los documentos referentes al plomo e informes elaborados por agencias del gobierno de los Estados Unidos fueron entregadas a representantes de DIGESA, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y la USAID durante la visita en Marzo de 2004. La revisión bibliográfica también identificó las fuentes de información presentadas en el Apéndice E.
- (2) Colaboró con la misión de la USAID en Perú, DIGESA, funcionarios de la minera Doe Run Perú y ONGs para desarrollar una agenda de visita al lugar (Apéndice F). El equipo del CDC no obtuvo muestras humanas o ambientales, ni elaboró, revisó, o recomendó un plan de muestreo ambiental o cualquier otro plan para obtener y analizar muestras humanas.
- (3) Completó la visita técnicas del 13 al 22 de Marzo de 2004 y se reunió con grupos interesados clave, en un esfuerzo para entender los complejos temas de salud pública y ambiental en La Oroya.
- (4) Presentó observaciones preliminares y recomendaciones para la elaboración de un plan integral de intervención para las partes Peruanas interesadas el 22

- de Marzo de 2004, en la oficina Central de DIGESA, Lima, Perú (Apéndice G).
- (5) Elaboró este informe como guía para DIGESA y otros grupos interesados para la *Elaboración de un Plan Integral de Intervención para Reducir la Exposición de Plomo y otros Contaminantes en el Centro Minero de La Oroya, Perú.*

III. HALLAZGOS DE LA VISITA DE EVALUACION Y REUNIONES

A. Estudios de Niveles de Plomo en Sangre en Niños de La Oroya

Los resultados de tres estudios de niveles de plomo en sangre en niños de la Oroya fueron presentados al equipo del CDC durante la visita. En 1999 DIGESA estudió los niveles de plomo en sangre de 139 niños entre 3 y 10 años de edad que vivían en La Oroya Antigua. La Oroya Antigua se encuentra a 650 metros de la chimenea principal de la fundición. El estudio de DIGESA reportó niveles de plomo en sangre de 14.7 a 79.9 µg/dL. La media de los niveles de plomo en sangre fue de 43.5 µg/dL (DIGESA 1999). Todos los niños de La Oroya Antigua que participaron en el estudio tuvieron niveles de plomo en sangre mayores de 10 µg/dL. DIGESA también obtuvo muestras de sangre de 162 niños de 4 a 9 años de edad que vivían en La Oroya Nueva, la cual está aproximadamente a 2,500 metros de la chimenea principal de la fundición. Los niveles de plomo en sangre estaban entre los 6.9 y 67 µg/dL y la media fue de 26.6 µg/dL. Cuarenta y cinco niños de Santa Rosa de Sacco de 3 a 9 años de edad fueron incluidos en este estudio. Este lugar se encuentra a 8,100 metros de la chimenea principal de la fundición. Los niveles de plomo en sangre estuvieron entre 14.6 y 52.5 µg/dL y la media fue 28.7 µg/dL.

La Unión para el Consorcio del Desarrollo Sustentable (UNES) estudió los niveles de plomo en sangre de 30 niños entre recién nacidos hasta 3 años de edad en 1999. Los niños incluidos en el estudio venían de La Oroya Antigua y Santa Rosa de Sacco. Los niveles de plomo en sangre estuvieron entre 15.8 µg/dL y 64.7 µg/dL, con una media de 41.8 µg/dL (UNES 1999). Los niveles de plomo en sangre en todos los niños estudiados fueron mayores de 10 µg/dL.

Doe Run Perú estudió los niveles de plomo en sangre de 252 niños recién nacidos hasta 3 años de edad entre el año 2000 y 2001. La media de los niveles de plomo en sangre fue 26.1 µg/dL (PERU 2002). La media para ubicaciones específicas en el área de La Oroya fue de 36.7 µg/dL en La Oroya Antigua, 27.1 µg/dL en Buenos Aires/Huaymanta, y 22.8 µg/dL en Santa Rosa de Sacco. Doe Run no reportó los rangos de los niveles de plomo en sangre para los niños de 0 a 3 años de edad en las respectivas áreas de estudio.

La revisión de los resultados de estos 3 estudios en la zona de La Oroya indica que los niveles de plomo en sangre están elevados en la población que vive cerca de la fundición de Doe Run. Estudios realizados en México, Estados Unidos y otros países han demostrado que los niveles de plomo en sangre incrementan cuando la distancia a una planta con actividades de fundición disminuye, lo cual es consistente con los resultados obtenidos de los estudios de La Oroya (ver tres estudios de caso en el apéndice H). Estos estudios de niveles de plomo en sangre proporcionan evidencia de

que las instalaciones de la fundición en La Oroya son la fuente principal de contaminación de plomo en la zona.

B. Contaminación Ambiental

Cuando el equipo del CDC visitó el lugar (Marzo 2004), los grupos responsables no se habían puesto de acuerdo en un plan para controlar las emisiones atmosféricas, ni habían implementado las actividades de remediación necesarios para enfrentar la contaminación histórica del suelo. Adicionalmente no habían sido evaluadas completamente la extensión de la contaminación en el área y la magnitud del impacto sobre la calidad de agua superficial y subterránea, calidad de aire, vegetación, sistemas agrícolas y ecológicos, y la salud humana. Parece que no está bien entendida la distribución geográfica del plomo y otros contaminantes de preocupación. No se ha hecho nada para remediar la contaminación histórica. Se necesita más información para elaborar un plan efectivo para remediar la contaminación histórica.

Es evidente en numerosas y grandes colinas de escoria el plomo acumulado, como resultado de una larga historia de actividad de fundición en la Oroya. El impacto que tienen las prácticas de almacenamiento de escoria en la salud humana no ha sido totalmente investigado y no está claro como contribuyen estas prácticas con la contaminación histórica en la zona. Adicionalmente, no se ha evaluado adecuadamente el impacto que tiene el transporte de materiales asociados a las operaciones de fundición (camión, tren, sistema de fajas transportadoras) sobre la salud de la población.

Al momento de la visita de evaluación del equipo del CDC, el efluente de aguas de desecho proveniente de las instalaciones de la fundición no tenía ningún tratamiento. No se conoce el impacto de estos efluentes en los suministros de agua potable, agua superficial y subterránea, el ecosistema de la cuenca y las actividades río abajo.

C. Coordinación de las Actividades

No parece que ningún grupo tenga la responsabilidad de gestionar las actividades de evaluación, monitoreo y remediación. No existe un plan integral para evaluar el impacto ambiental de las intervenciones para reducir el plomo en el medio ambiente en La Oroya. Igualmente, no existe un plan coordinado a largo plazo para monitorear los niveles de plomo en sangre mientras se llevan a cabo las actividades de remediación que reduzcan la exposición humana al plomo y otros contaminantes. Las actividades de implementación, esfuerzos para recolectar información y planes de monitoreo entre los sectores están frecuentemente fragmentados, incompletos y no tienen continuidad. Estas actividades algunas veces son llevadas a cabo desde fuera de la agencia de gobierno responsable, y pueden enfocarse en las prioridades más importantes: reducción de las emisiones, y remediación de la contaminación histórica. Los esfuerzos para la recolección de información no están coordinados y podrían ser redundantes. Ningún grupo ha tomado responsabilidad para coordinar, recolectar, revisar y resumir información ambiental y de salud.

No ha habido un acuerdo en los planes de monitoreo y recolección de información y los resultados de las diferentes evaluaciones e investigaciones existentes no parecen ser compartidas con las partes interesadas en una manera consistente. No está claro si los laboratorios de DIGESA tienen la capacidad para el monitoreo. La falta de esta

capacidad podría limitar los esfuerzos para desarrollar sistemas efectivos de monitoreo de los niveles de plomo en sangre y los esfuerzos de remediación.

D. Higiene

Un programa de educación en higiene está siendo implementado en La Oroya. Algunos funcionarios locales pensaron que el lavado de manos y la limpieza de las casas protegerían a los niños de la intoxicación por plomo. Sin embargo, estudios llevados a cabo alrededor del mundo han demostrado que los esfuerzos enfocados únicamente en la higiene y cambios de conducta no producirán resultados significativos hasta que se tome como una prioridad la reducción en los niveles de emisiones y la remediación de contaminación histórica.

E. Comunicación

No existe un plan de comunicación de riesgos para la salud en la zona de La Oroya ni tampoco un proceso para desarrollar un plan que comunique el riesgo. No se ha logrado un consenso entre los habitantes de la Oroya, funcionarios de gobierno a nivel nacional y local, la gerencia de Doe Run Perú, y los proveedores de servicios de salud, sobre los impactos potenciales en la salud debido a la exposición de las actividades de fundición. La limitada infraestructura de salud pública a nivel nacional y local puede impedir la recolección y generación de la información necesaria para comunicar en forma clara y oportuna el estado de la salud de la población a las autoridades, tomadores de decisiones, Doe Run Perú y los residentes de la comunidad.

Los proveedores de servicios de salud en La Oroya y Huancayo parecen dar más prioridad a las medidas curativas que las preventivas. Las autoridades de salud pueden no tener la suficiente información acerca de las medidas que pueden prevenir y controlar significativamente la exposición al plomo y a otros contaminantes provenientes de las actividades mineras. Los proveedores de servicios de salud se orientan más por los cuidados curativos que por los preventivos por no contar con la información y participación apropiada en programas vigentes. Se discutió el tema específico de la relación con la Dirección Regional de Salud en Huancayo durante la visita del CDC. Las recomendaciones de CDC están en el Apéndice I.

No se utilizan ampliamente y de manera consistente en la Oroya procedimientos actualizados y culturalmente apropiados para evaluar el comportamiento de los niños y los síntomas de intoxicación por plomo. El brindarles acceso a los proveedores de servicios de salud a herramientas apropiadamente diseñadas para medir los cambios crónicos en comportamiento asociado con la intoxicación por plomo, puede ayudarles a que tengan un entendimiento más claro de la extensión de los problemas en salud y contaminación en La Oroya así como en otras comunidades mineras. Todos los niños con niveles elevados de plomo en sangre [en La Oroya]-virtualmente toda la población de niños- deberían ser evaluados para determinar el retraso en su desarrollo, dificultades en el habla y la lectura y desarrollo cognoscitivo, al momento de ingresar a la escuela.

Las personas de la comunidad reciben materiales educativos contradictorios sobre los contaminantes ambientales, los efectos en la salud y los niveles de riesgo. Algunos miembros de la comunidad expresaron su preocupación por no ser totalmente incluidos

en las discusiones y toma de decisiones con respecto a los impactos en la salud por la exposición a los contaminantes.

IV. DISCUSIÓN

A. Importancia del Plomo

El plomo es un metal tóxico que se encuentra en forma natural en el ambiente. La producción y uso del plomo en la industria y productos de consumo han expuesto a la gente a este metal. Debido a que el plomo es un elemento básico, este no puede ser degradado o disociado en una sustancia menos tóxica. Por lo tanto, cuando el plomo es encontrado cerca de asentamientos humanos ya sea por causas de procesos naturales o antropogénicos, este puede amenazar la salud pública hasta que sea removido. Existe tecnología efectiva para controlar el plomo en el ambiente. La mejor forma para minimizar la introducción de plomo en el ambiente proveniente de actividades industriales es el control de las emisiones.

La industria del plomo juega un papel importante en la economía de La Oroya y Perú. Las crecientes economías de otros países de Latinoamérica y el Caribe también se benefician de la recolección, transporte y procesamiento de mineral que contiene plomo (Romieu et al. 1997). El plomo ha sido utilizado por cientos de años en procesos industriales y de manufactura y, es encontrado en muchos productos usados hoy en día, por lo que la producción de plomo incrementa con la demanda de este recurso. El minado y procesamiento de mineral que contiene plomo puede liberar contaminantes peligrosos en el ambiente. Incluso a bajas concentraciones, la exposición al plomo puede ser perjudicial para la salud humana. El procesamiento de mineral que contiene plomo también puede emitir otros metales de preocupación como arsénico y cadmio (Baghurst et al. 1992; Landrigan et al; 1975; McMichael et al. 1985; Roels et al. 1980; Diaz-Barriga et al. 1997; Benin et al. 1999).

B. El Plomo y la Salud Humana

El plomo no es un constituyente natural del cuerpo humano y puede entrar al cuerpo por ingestión o inhalación. Las rutas de exposición al plomo incluyen emisiones industriales, emisiones de autos, pinturas que contienen plomo, el aire del ambiente, polvo de exteriores o interiores y tierra (Figura 1). En comunidades donde el plomo es procesado, las emisiones de plomo en el aire son una preocupación primaria, ya que el plomo proveniente de operaciones de fundición es conducido por el aire y se acumula en el suelo. Las partículas de plomo pueden ser resuspendidas por el viento y las actividades humanas. Las partículas $<10 \mu\text{g}$, y especialmente las $<2.5 \mu\text{g}$, pueden cruzar las defensas del sistema respiratorio y entrar en los pulmones. Las partículas $>10 \mu\text{g}$ pueden depositarse sobre la comida, en el suelo y el agua y, luego ser ingeridas. Los niños pequeños, quienes comúnmente se llevan las manos a la boca, tienen más posibilidades de ingerir plomo proveniente del suelo que otros niños mayores o los adultos. Los estudios llevados a cabo en las cercanías de fundiciones sugieren que la inhalación directa de plomo presente en el aire es la principal ruta de absorción en adultos (Roels et al. 1980; Yankel et al. 1977). En los niños la principal ruta de

exposición es la ingestión de tierra (Roels et al. 1980; Yankel et al. 1977) y polvo contaminado con plomo (Roels et al. 1980).

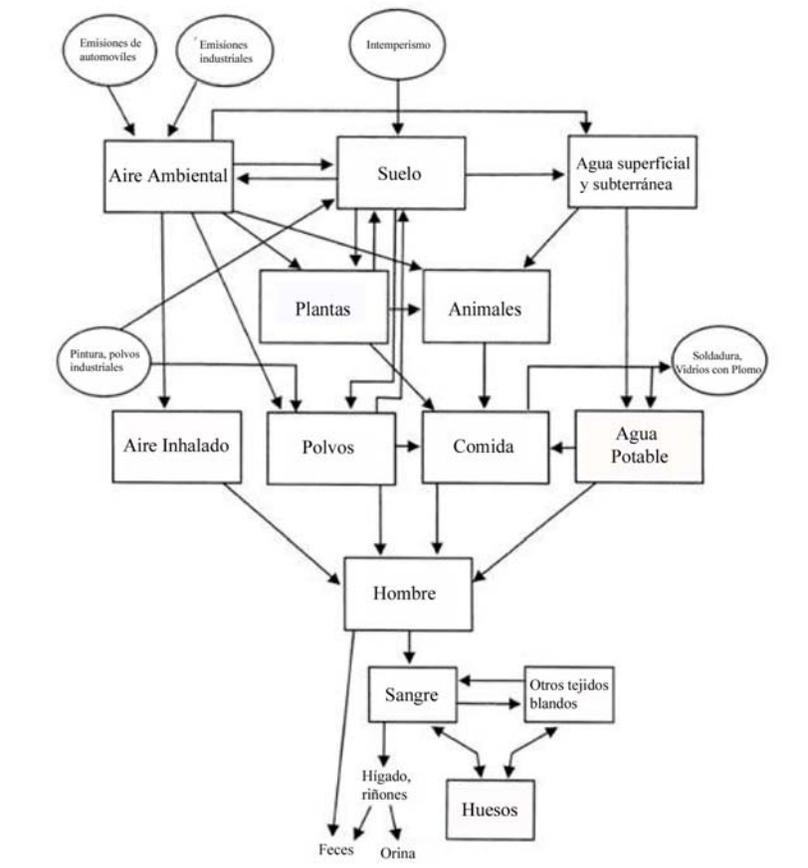
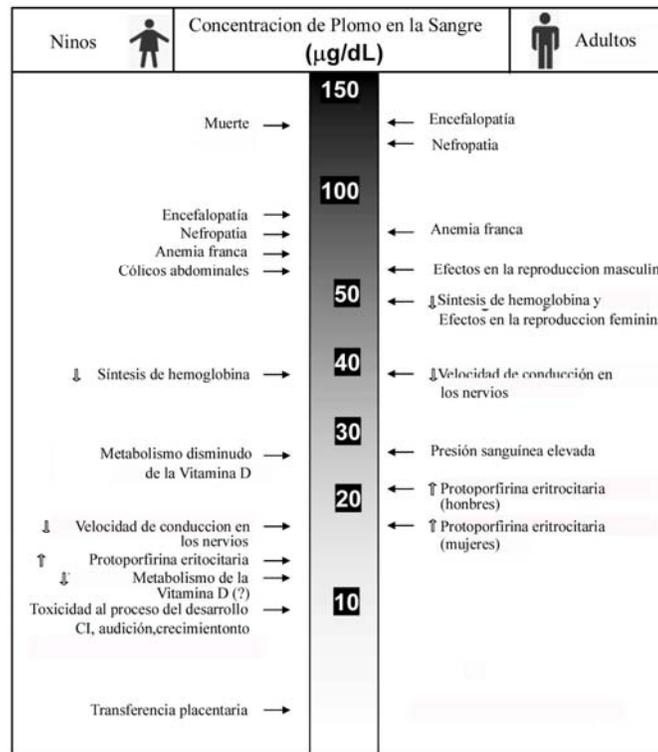


Figura 1. Vías de exposición del plomo del ambiente a los humanos, principales órganos de absorción y retención y, principales rutas de excreción (Fuentes USEPA, 1986; USEPA, 1996a)

Los efectos dañinos del plomo son bien conocidos y van desde un ligero deterioro en el aprendizaje y el comportamiento, hasta convulsiones, estado de coma y la muerte (Figura 2). Los niños son vulnerables a los efectos dañinos del plomo en la salud. Las concentraciones muy altas de plomo en la sangre ($\geq 80 \mu\text{g/dL}$ en niños), pueden causar encefalopatía (daño cerebral), estado de coma o la muerte. En niveles $< 60 \mu\text{g/dL}$ los síntomas característicos pueden no ser evidentes; sin embargo, los niños todavía pueden sufrir efectos dañinos a largo plazo para la salud. Algunos estudios han mostrado que valores bajos a moderados de los niveles de plomo en sangre en niños están relacionados con problemas en el aprendizaje y el comportamiento. Incluso niveles de plomo en sangre $< 10 \mu\text{g/dL}$ tienen efectos adversos a la salud de los niños. No se conoce un nivel seguro de plomo en la sangre. A la intoxicación por plomo se le ha llamado la “epidemia silenciosa”, debido a que las familias de muchos niños con niveles elevados de plomo en sangre no buscan ayuda médica, ya que no tienen síntomas.

Los niveles elevados de plomo en sangre en los adultos están relacionados con hipertensión y enfermedades cardiovasculares. El plomo puede ser transportado desde la circulación materna hasta la fetal a través de la placenta y entrar al cerebro en crecimiento del feto. Esta exposición del feto al plomo, incluso a niveles <10 µg/dL en sangre, afectan adversamente el desarrollo del cerebro fetal (para información adicional acerca de los efectos en la salud de la exposición al plomo ver en apéndice D).

Figura 2. Niveles de plomo en sangre asociados con efectos adversos a la salud



Nota : ↑ = Aumenta la función y ↓ = Disminuye la función

Fuente: Adaptado de estudios de caso en Medicina Ambiental: Toxicidad del plomo, 1990, ATDSR

C. Estudios Mundiales sobre Reducción del Plomo

La siguiente serie de estudios resume las actividades para identificar y reducir la exposición humana a los contaminantes generados por actividades mineras y de procesamiento de metales. Las intervenciones que se implementaron para proteger la salud humana fueron similares y las autoridades responsables en cada comunidad se enfocaron en el control de emisiones y la remediación de la contaminación histórica. Estas intervenciones indispensables también deberían ser implementadas en La Oroya. Durante la presentación de observaciones y recomendaciones preliminares a las partes interesadas peruanas el 22 de marzo del 2004 en Lima, Perú, el equipo de asistencia técnica del CDC enfatizó la importancia de desarrollar un plan de intervención que integre estas medidas de reducción y control del plomo (Apéndice G).

Estos y otros estudios (Apéndice D) muestran claramente la correlación entre emisiones atmosféricas sin control provenientes de actividades de fundición y niveles altos de plomo en sangre en poblaciones que residen cerca de operaciones de fundición. Se encontraron niveles altos de plomo en aire, suelo y polvo cerca de las fundiciones, con los niveles de plomo más altos cuanto mas era la proximidad de las fundiciones en suelo (Landrigan et al. 1975; Landrigan et al. 1976; Garcia-Vargas et al. 2001; Díaz-Barriga et al. 1997), aire (Roberts et al. 1974; Roels et al. 1980; Landrigan et al. 1975; Garcia-Vargas et al. 2001), y polvo (Landrigan et al. 1975; Benin et al. 1999; Vargas et al. 2001). Las concentraciones de plomo en el aire, tierra del suelo y polvo están altamente correlacionadas entre si (Roels et al. 1980).

Los niveles elevados de plomo en sangre en niños están relacionados con altos niveles de plomo en el suelo (Yankel et al. 1977; Brunekreef et al. 1981; 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 tienen niveles de plomo en sangre más altos que los niños que viven más lejos de ellas (Yankel et al. 1977; Letourneau and Gagne 1992; Landrigan et al. 1975; Roels et al. 1980; Hertzman et al. 1991; Gagne 1994; Kimbrough et al. 1995; Albalak et al. 2003; Maynard et al. 2003).

Tabla 1. Niveles de plomo en sangre (BLLs) con respecto a la distancia de la fundición ASARCO, El Paso, Texas, Agosto 1972.

Distancia de la fundición	Rango de edad (años)	Número muestreado	Porcentaje con BLL entre 40-59 µg/dL*	Porcentaje con BLL >59 µg/dL
<1 milla	1-4	49	55%	14%
	5-9	101	34%	11%
	10-19	109	25%	6%
	≥20	98	16%	0
1-3 millas	1-4	83	23%	4%
	5-9	124	12%	0
	10-19	292	3%	1%
	≥20	513	3%	1%

*Concentración de plomo en microgramos por unidad de sangre total en decilitros (µg/dL sangre total)

Fuente: Landrigan, et al. (1975). Absorción epidémica del plomo cerca de una fundición. El rol del plomo particulado N Engl J Med 292:123-9.

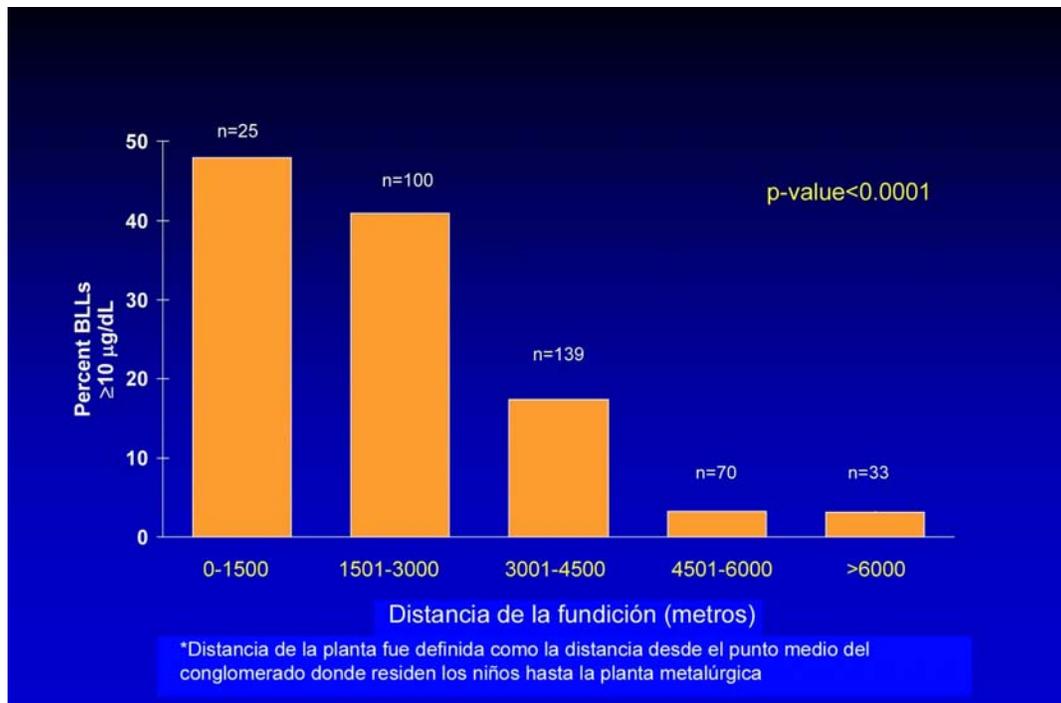
Cuando se controla la principal vía de exposición al plomo, las emisiones atmosféricas, disminuyen los niveles de plomo en sangre. Entonces la tierra del suelo reemplaza al aire como principal fuente de exposición al plomo. Una parte significativa de la población puede ser expuesta a la tierra del suelo con plomo con concentraciones que pueden elevar los niveles de plomo en sangre a $>10.0 \mu\text{g/dL}$, el cual es el nivel de acción para niños recomendado por el CDC. Los niños pequeños pueden ser expuestos al plomo presente en el polvo del interior de sus viviendas, especialmente cuando ellos están en una etapa de actividad mano-boca. Concentraciones muy altas de plomo en el polvo en interiores resultan en concentraciones altas de plomo en la tierra de los suelos cercanos (Kimbrough et al. 1995; Louekari et al. 2004) y niveles altos de plomo en sangre entre los niños (Brunekreef et al. 1981; Hertzman et al. 1991; Kimbrough et al. 1995). Estudios llevados a cabo cerca de fundiciones posteriores a su cierre o una reducción en sus emisiones, muestran que el suelo contaminado con plomo es una fuente importante para la exposición en niños pequeños. Esto demuestra la persistencia del plomo en el ambiente, incluso posteriormente a que la fuente de contaminación ha sido controlada o removida.

Tabla 2. Distribución de niveles de plomo en sangre en niños que viven en diferentes sectores de la vecindad de Anapra, Ciudad de Juárez, México, 1997.

Niveles de Plomo en Sangre ($\mu\text{g/dL}$)			
Sector	<10.0	10.0-15.0	>15.0
I (dentro de los 600 metros de la fundición; n=7)	57%	29%	14%
II (600-1200 metros de la fundición; n=19)	79%	16%	5%
III (1200-1800 metros de la fundición; n=18)	89%	6%	5%

Fuente: Diaz-Barriga, F., Bates A, Calderon J, Lugo A, Galvao L, Lara I, et al. (1997). Fundición el Paso 20 años después: impactos residuales en niños Mexicanos. *Environ Res* 74:11-16.

Figura 3. Porcentaje de niveles de plomo en sangre (BLLs) $\geq 20 \mu\text{g/dL}$ con respecto a la distancia de la planta de procesamiento de metales Met-Mex Peñoles, Torreón, Coahuila, México, 2003.



Fuente: Albalak, R, McElroy, R, et al. (2003). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por intoxicación por plomo entre niños en una comunidad mexicana con una fundición. Arch Environ Health 58:172–183.

Está bien establecida la factibilidad de reducir la absorción del plomo en niños cerca de las instalaciones de fundiciones. Cuando las fundiciones están cerradas, los niveles de plomo en el aire (TACB 1992) y los niveles de plomo en sangre de los niños (Diaz-Barriga et al. 1997) disminuyen dramáticamente. Sin embargo, existe tecnología efectiva que puede reducir las peligrosas emisiones de plomo sin cerrar las fundiciones (Prpic-Majic et al. 1992, Hiltz et al. 2003, Louekari et al. 2004). Se ha demostrado que se pueden reducir los niveles de plomo en sangre de una manera substancial por medio del control de las emisiones atmosféricas y la remediación de suelos contaminados.

Los esfuerzos de remediación de suelos reducen las concentraciones de plomo en la tierra (Gagne 1994; Lanphear et al. 2003), en el polvo (Gagne 1994; Lanphear et al. 2003) y en los niveles de plomo en sangre en los niños (Von Lindern et al. 2003; Lanphear et al. 2003). Los niños que se chupan los dedos colocan objetos contaminados en sus bocas pueden ingerir tierra o polvo que contiene plomo. Este comportamiento en la niñez es una importante fuente de exposición y destaca la necesidad de reducir las emisiones de plomo en el aire a la vez que se remueve el polvo y la tierra contaminada con plomo del suelo (Roels et al. 1980).

La remoción del polvo contaminado con plomo del ambiente de las casas es difícil, especialmente cuando las emisiones de plomo en el aire continúan y la tierra del suelo

contaminado con plomo permanece cerca del hogar. Los trabajadores de las fundiciones también pueden traer polvo con plomo al ambiente familiar. Sin la reducción de las emisiones atmosféricas y la remediación del suelo, la higiene en el hogar y las campañas de limpieza en los barrios tienen poco valor en la reducción de los niveles elevados de plomo en sangre. La evaluación de una iniciativa de reducción de polvo que consistió en el aspirado de Particulado de Alta Eficiencia (HEPA por sus siglas en inglés) una vez cada 6 semanas por un período de un año no tuvo ningún efecto en los niveles de plomo en sangre en los niños. Esto no es recomendado como la principal estrategia de intervención en una comunidad con altas emisiones de plomo de una fundición (Hilts et al. 1995). El plomo en el polvo del interior de las viviendas disminuyó cuando se implementaron la remediación de suelos con plomo y los controles de contaminación atmosférica (Von Lindern et al. 2003).

La educación en salud pública y los esfuerzos en higiene por sí mismos son de poco beneficio en la reducción de niveles elevados de plomo en sangre. Las intervenciones educativas podrían ayudar a reducir los niveles de plomo en sangre posteriormente a que se implementen medidas significativas de control de la fuente principal, tales como el control de las emisiones fugitivas y la construcción de fundiciones nuevas con tecnología de punta (Von Lindern et al. 2003) o el cierre de la fundición (Kimbrough et al. 1995) y la remediación del suelo y el polvo (Goulet et al. 1996).

V. CONCLUSIONES

1. *Existe un control mínimo del plomo.* El Ministerio de Energía y Minas, la Dirección General de Salud Ambiental, el Ministerio de Salud, la Comisión Ambiental Regional de los Andes Centrales, Doe Run Perú y las ONGs, reconocen la necesidad de reducir las emisiones de plomo y otros contaminantes de la fundición de Doe Run Perú en La Oroya. Sin embargo, se han retrasado las intervenciones para la reducción de la contaminación por plomo. No se ha tomado ninguna acción para remediar el suelo contaminado con plomo. Ninguna autoridad independiente de gobierno monitorea la efectividad y el impacto de las intervenciones implementadas. La presencia de plomo en el suelo, polvo, agua y aire, probablemente continuará manteniendo niveles elevados de plomo en la sangre de las personas de La Oroya y sus alrededores. Discusiones interminables retrasan la protección que los niños pequeños necesitan en La Oroya.
2. *Existe una fragmentación entre las autoridades responsables del control del plomo.* Existe un sistema fragmentado de varias agencias para monitorear y manejar el riesgo de la salud pública ambiental asociado a las operaciones de la fundición de plomo en La Oroya. Cada agencia actúa independientemente de las otras. El equipo de DIGESA reporta que no tiene los recursos o autoridad para abordar la problemática en La Oroya. Varias organizaciones, incluyendo a Doe Run Perú, han solicitado el establecimiento de un equipo de trabajo multisectorial con participación activa de la Municipalidad, El Ministerio de Salud, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Transportes, Centromín Perú y otros para el desarrollo e implementación de un Plan de Salud Ambiental e Higiene para La Oroya.
3. *Muchas partes interesadas no se sienten representadas.* Miembros de la comunidad que están interesados en el tema y partes críticas interesadas no forman parte de este equipo. Algunos miembros de la comunidad creen que

sus opiniones y preocupaciones no son consideradas por la gerencia de Doe Run Perú o los tomadores de decisiones del gobierno. Los miembros de la comunidad y partes interesadas no cuentan con un espacio seguro y abierto para expresar sus preocupaciones y ofrecer soluciones.

4. *No existe una lista completa de temas concernientes al plomo, la salud y el medio ambiente.* No existe una lista completa de problemas, temas y preocupaciones asociadas con el complejo metalúrgico de La Oroya. La bibliografía científica indica que varios metales frecuentemente coexisten y que estos y otros productos de deshecho del proceso de fundición pueden afectar adversamente la salud. Los metales y contaminantes que probablemente afectan la salud incluyen arsénico, cadmio, material particulado, dióxido de azufre y zinc.
5. *No han sido determinados los impactos en el medio ambiente y la salud.* No se ha establecido una línea de base con las medidas e impactos en la salud humana y en el ambiente para la región. Las prácticas del manejo de aguas residuales en la fundición de Doe Run no son adecuadamente monitoreadas por una autoridad independiente de gobierno. La falta de información acerca de los impactos de las aguas residuales puede hacer que el desarrollo de un plan de manejo de aguas residuales no sea efectivo.

VI. RECOMENDACIONES

La prioridad más inmediata es la reducción de la exposición al plomo y a otros contaminantes. Esto se logra a través de la construcción de la infraestructura de salud pública ambiental necesaria para desarrollar e implementar un plan de intervención completo e integral (la estructura detallada de tal plan está esquematizada en el apéndice J). Las partes interesadas deben unirse y trabajar en forma conjunta y sistemática para reducir las emisiones, remediar la contaminación del suelo y operar un sistema de monitoreo sustentable. El proceso específicamente debe abordar las siguientes áreas:

1. Reducir las emisiones atmosféricas de plomo, de la chimenea y fugitivas, a niveles que se proteja a los niños para que tengan niveles de plomo en sangre iguales o menores que 10 µg/dL. Ninguna otra intervención tendrá gran impacto en reducir los niveles de plomo en sangre de los niños hasta que esto sea logrado.
2. Remover la tierra contaminada con plomo en el suelo, la cual es una acción demostrada científicamente para reducir el plomo en suelos contaminados históricamente.
3. Desarrollar un plan científicamente sólido para monitorear el impacto de los esfuerzos en la reducción de las emisiones.

Para fortalecer el proceso y plan en general y, mejorar la credibilidad y asegurar que se cumpla con el monitoreo y otras necesidades de los grupos afectados, las partes interesadas deben participar en la planificación para la reducción, implementación y monitoreo no solamente del plomo, sino de otros contaminantes también.

VII. REFERENCIAS

- Albalak R, McElroy RH, Noonan G, Buchanan S, Jones RL, Flanders DW, et al. 2003. Blood lead levels and risk factors for lead poisoning among children in a Mexican smelting community. *Arch Environ Health* 58:172–183.
- Baghurst P, Tong S, McMichael A, Robertson E, Wigg N, Vimpani G. 1992. Determinants of blood lead concentrations to age 5 years in a birth cohort study of children living in the lead smelting city of Port Pirie and surrounding areas. *Arch Environ Health* 47:203–210.
- Benin AL, Sargent JD, Dalton M, Roda S. 1999. High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smelters in northern Mexico. *Environ Health Perspect* 107:279–28.
- TACB. 1992. Air quality in Texas: Twenty years of environmental protection. Austin, TX: Texas Air Quality Control Board. Brunekreef B, Veenstra S, Biersteker, Boleu J. 1981. The Arnhem lead study: Lead uptake by 1-to-3 year old children living in the vicinity of a secondary lead smelter in Arnhem, the Netherlands. *Environ Res* 25:441–48.
- Cederstav AK, Barandiarán AG. 2002. *La Oroya Cannot Wait*. Oakland, CA and Lima, Peru: Peruvian Society of Environmental Law (SPDA), Inter-American Association for Environmental Defense (AIDA).
- Cook M, Chappell W, Hoffman R, Mangione E. 1993. Assessment of blood lead levels in children living in a historic mining and smelting community. *Am J Epidemiol* 137:447–55.
- Diaz-Barriga F, Bates A, Calderon J, Lugo A, Galvao L, Lara I, et al. 1997. The El Paso smelter 20 years later: residual impact on Mexican children. *Environ Res* 74:11–16.
- DIGESA. 1999. Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de La Oroya. Lima, Perú: DIGESA.
- DIGESA. 2001. Estudio de dispersión de la contaminación atmosférica de la ciudad de La Oroya–Junín. Lima, Perú: DIGESA.
- Gagne D. 1994. Blood lead levels in Nornada children following removal of smelter contaminated yard soil. *Can J Public Health* 85:163–166. Garcia-Vargas GG, Rubio Andrade M, Del Razo LM, Borja Aburto V, Vera Aguilar E,
- Cebrian ME. 2001. Lead exposure in children living in a smelter community in region Lagunera, Mexico. *J Toxicol Environ Health A* 62:417–29
- Goulet L, Messier A. 1996. Results of a lead decontamination program. *Arch Environ Health* 51:68–72.

- Hernandez-Avila M, Lain RE, Carbjal L. 1999. Estudio de plomo en sangre en población seleccionada de Lima y el Callao (Junio 1998–Marzo 1999). *Environ Health Proj Act Rep* 72.
- Hertzman C, Ward H, Ames N, Kelly S, Yates C. 1991. Childhood lead exposure in Trail revisited. *Can J Public Health* 82:385–91.
- Hilts S, Bock S, Oke T, Yates C, Copes R. 1998. Effect of interventions on children's blood lead levels. *Environ Health Perspect* 106:79–83.
- Hilts S, Hartzman C, Marion S. 1995. A controlled trial of the effect of HEPA vacuuming on childhood lead exposure. *Can J Public Health* 86:345–50.
- Hilts SR, Goodarzi F, Sanei H, Labonte M, Duncan WF, Bock SE, et al. 2003. Effect of smelter emission reductions on children's blood lead levels. *Sci Total Environ* 303:51–58.
- INEI. 2001. Estudio socio-económico 2001. La Oroya, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática Junín.
- Kimbrough R, LeVois M, Webb D. 1995. Survey of lead exposure around a closed lead smelter. *Pediatrics* 95:550–54.
- Landrigan P, Baker E, Feldman G, Cox D, Eden K, Orenstein W, et al. 1976. Increased lead absorption with anemia and slowed nerve condition near a lead smelter. *J Pediatr* 89:904–10.
- Landrigan PJ, Gehlbach SH, Rosenblum BF, Shoults JM, Candelaria RM, Barthel WF, et al. 1975. Epidemic lead absorption near an ore smelter. The role of particulate lead. *N Engl J Med* 292:123–9.
- Lanphear B, Succop P, Roda S, Henningsen G. 2003. The effect of soil abatement on blood lead levels in children living near a former smelting and milling operation. *Public Health Rep* 118:83–91.
- Lanphear BP, Matte TD, Rogers J, Clickner RP, Dietz B, Bornschein RL, et al. 1998. The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels. *Environ Res* 79:51–68.
- Letourneau G and Gagne D. 1992. Blood lead level in children living close to a smelter area: 10 years later. *Can J Public Health* 83:221–25.
- Louekari K, Mroueh U, Maidell-Munster L, Valkonen S, Tuomi T, Savolainen K. 2004. Reducing the risks of children living near the site of a former lead smelter. *Sci Total Environ* 319:65–75.
- Maynard E, Thomas R, Simon D, Phipps C, Ward C, Calder I. 2003. An evaluation of recent blood lead levels in Port Pirie, South Australia. *Sci Total Environ* 303:25–33

- McMichael A, Baghurst P, Robertson E, Vimpani G, Wigg N. 1985. The Port Pirie cohort study; blood lead concentrations in early childhood. *Med J Aust* 143:499–503.
- Mielke H, Reagan P. 1998. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environ Health Perspect* 106:217–29.
- Morse D, Landrigan P, Rosenblum B, Hubert J, Housworth J. 1979. El Paso revisited. Epidemiologic follow-up of an environmental lead problem. *JAMA* 242:739–41.
- DRP. 2002. Estudio de niveles de plomo en la sangre de la población en La Oroya 2000–2001. La Oroya, Perú: DOE RUN PERU.
- Prpic-Majic D, Pongracic J, Hrsak J, Pizent A. 1992. A follow-up study in a lead smelter community following the introduction of an effective pollution control system. *Isr J Med Sci* 28:548–56.
- Roberts T, Hutchinson T, Paciga J, Chattopadhyay A, Jervis R, VanLoon J. 1974. Lead contamination around secondary smelters: estimation of dispersal and accumulation by humans. *Science* 186:1120–2.
- Roels H, Buchet J, Lauwerys R, Bruaux P, Claeys-Thoreau F, Lafontaine A, et al. 1980. Exposure to lead by the oral route and the pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter. *Environ Res* 22:81–94.
- Romieu I, Lacasana M, McConnell R. 1997. Lead exposure in Latin America and the Caribbean. Lead Research Group of Pan-American Health Organization. *Environ Health Perspect* 105:398–405.
- UNES. 1999. Evaluación de niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y niños menores de 3 años de la ciudad de La Oroya. La Oroya, Perú: Consorcio Unión Para El Desarrollo Sustentable.
- UNES. 2002. Situación ambiental del aire, aguas, y suelos en la provincia de Yaulí–La Oroya. La Oroya, Perú: Consorcio Unión para el Desarrollo Sustentable.
- Vargas G, Andrade MR, Razo LD, Aburto VB, Aguilar EV, Cebrian M. 2001. Lead exposure in children living in a smelter community in Region Lagunera, Mexico. *J Toxicol Environ Health* 62:417–29.
- Von Lindern I, Spalinger S, Bero B, Petrosyan V, Von Braun M. 2003. The influence of soil remediation on lead in house dust. *Sci Total Environ* 303:59–78.
- Yankel A, Von Lindern I, Walter S. 1977. The Silver Valley lead study: the relationship between childhood blood lead levels and environmental exposure. *J Air Poll Control Assoc* 27:763–7.

