

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA

"Año de la Infraestructura para la Integración"

MEMORANDO N° 21032005-MEM/DGM

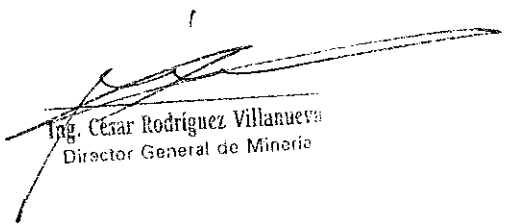
AL : Ing. Julio Bonelli Arenas
Director General de Asuntos Ambientales Mineros

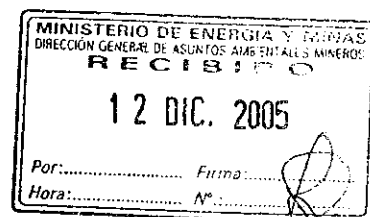
ASUNTO : Remisión Estudio de la Contaminación Ambiental
La Oroya


FECHA : San Borja, 07 DIC. 2005

Tengo a bien a usted, a fin de hacerle llegar copia del "Estudio sobre la contaminación ambiental en los Hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residente", el mismo que se realizó en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Atentamente,


Ing. César Rodríguez Villanueva
Director General de Minería





**ESTUDIO SOBRE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL
EN LOS HOGARES DE LA OROYA
Y CONCEPCION Y SUS EFECTOS EN
LA SALUD DE SUS RESIDENTES**



ESTUDIO SOBRE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS HOGARES DE LA OROYA Y CONCEPCION Y SUS EFECTOS EN LA SALUD DE SUS RESIDENTES

INFORME DE PRIMEROS RESULTADOS BIOLOGICOS
Diciembre 6, 2005

(I) RESUMEN EJECUTIVO

ANTECEDENTES

La Universidad de San Luis en St. Louis, Missouri, Estados Unidos, y el Arzobispado de Huancayo lideran un consorcio internacional cuyo objetivo es realizar un estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de la Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes en conformidad con los más altos requisitos de rigor científico y cumplimiento con las normas de los Estados Unidos y Perú. Este es un estudio comparativo de evaluación de salud ambiental en dos lugares: La Oroya, como población de estudio, y Concepción, como población de control.

La Oroya es una población de aproximadamente 35,000 habitantes localizada en un area rica en plomo, cobre, zinc, plata y oro. La extracción y refinación de estos metales por parte de un complejo metalúrgico ha sido la actividad económica principal por décadas. La operación y propiedad del complejo metalúrgico de La Oroya estuvo en manos del estado peruano hasta 1997 cuando fue vendido a la empresa Doe Run Co., la más grande productora de plomo en los Estados Unidos con la sede corporativa principal en Missouri. El complejo se conoce actualmente como Doe Run Perú.

La Oroya ha sido seleccionada como población de estudio debido al nivel crítico de contaminación ambiental causada por plomo, arsénico, cadmio y otros contaminantes producidos por el complejo metalúrgico. Concepción, con una población de aproximadamente 11,400 habitantes, ha sido seleccionada como población de control por tener características similares a La Oroya y por no tener un complejo metalúrgico y por tanto por probablemente no tener los mismos niveles de contaminación que La Oroya.

Varios estudios han documentado la severidad de la contaminación ambiental y los efectos en la salud causada por la industria minera en La Oroya. Por ejemplo, en 1999 el Ministerio de Salud del Perú encontró que 99.1% de los niños sufrían de elevados niveles de plomo en la sangre y que 20% de estos niños tenían niveles tan altos que requerían de urgente atención médica. En 2002 un informe titulado "La Oroya No Puede Esperar" documentó los serios niveles de contaminación del aire, suelo y agua en La Oroya. Una de las conclusiones de este informe indica que más del 80% de los niveles de plomo en la sangre son el doble y el triple del nivel de preocupación de 10 µg/dL establecido por los Centros para la Prevención y el Control de las Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos. Otra de las conclusiones indica que los niveles de cadmio, arsénico, partículas suspendidas y dióxido de azufre (SO₂) exceden niveles internacionales aceptables y ponen en riesgo a la salud de la comunidad. La toxicidad del plomo, arsénico y cadmio ha sido establecido científicamente y está suficientemente documentada en la literatura médica y de salud pública.

Profesionales de la salud y organizaciones de la sociedad civil lideradas por la Arquidiócesis de Huancayo en el Perú han tomado la iniciativa de alertar y educar a la población de La Oroya sobre los daños a la salud causados por la contaminación ambiental. A pesar de que ahora existe un mejor conocimiento de los niveles de contaminación en el ambiente de La Oroya, representantes de la Iglesia Católica y de estas organizaciones creen que es necesario saber también sobre el impacto de contaminación a nivel de los hogares y la salud de los residentes en La Oroya. Sin embargo, la información que existe sobre contaminación en los hogares es muy limitada y por esta razón el Arzobispado de Huancayo a nombre de varias organizaciones de la sociedad civil ha extendido una invitación a la Facultad de Salud Pública de la Universidad de San Luis para que dirija un estudio que responda a las siguientes preguntas:

- (1) Cuáles son los niveles de contaminación por plomo, arsénico y cadmio en los hogares de las poblaciones de La Oroya y Concepción?
- (2) Cuáles son los indicadores biológicos o efectos observables de estos niveles en la salud de los residentes de estos hogares?
- (3) Cómo pueden los resultados de este estudio servir para el diseño y ejecución de planes y programas de prevención para la protección de la salud de las comunidades afectadas por la contaminación ambiental.

En función de estas preguntas, los objetivos de este estudio son por consiguiente: (a) determinar y comparar los niveles de contaminación a nivel residencial producidos por plomo, arsénico y cadmio en La Oroya y Concepción; (b) establecer las relaciones que existen entre los niveles de estos metales presentes en residencias o domicilios con los niveles de los mismos metales en la sangre y la orina de los residentes; y (c) obtener a través de los resultados del estudio evidencia científica que pueda ser usada para elaborar y promover actividades de prevención que sirvan para efectivamente proteger la salud de las familias afectadas por la contaminación, especialmente en La Oroya.

El número mínimo de participantes que se aspiró a enrolar en este estudio es de 138 para La Oroya y de 112 para Concepción, lo que da un total de 250 participantes estratificados en cuatro grupos de edad. El enrolamiento se realizó en el mes de agosto de 2005. La respuesta de la población fue muy positiva ya que se logró enrolar a un total de 360 personas. A los participantes se les ha solicitado que donen una muestra de sangre y una muestra de orina para evaluar el nivel de plomo, cadmio, arsénico y otros metales tóxicos en el cuerpo, y se les ha pedido que respondan a las preguntas de una encuesta. Además, se les ha pedido permiso para analizar la presencia de plomo en la pintura y para tomar muestras de agua, polvo y suelo en sus residencias. Las muestras biológicas han sido analizadas en los laboratorios de los Centros de Prevención y Control de las Enfermedades (CDC) en Atlanta. Las muestras ambientales de residencias están siendo analizadas en el laboratorio de la División de Salud Ambiental de la Facultad de Salud Pública de Saint Louis University.

Todas las leyes, reglamentos y guías que norman la participación de seres humanos en estudios científicos en los Estados Unidos están codificados en los protocolos y procedimientos del Comité Institucional de Ética de la Universidad San Luis. Los protocolos de este estudio fueron examinados y aprobados en sus aspectos metodológicos y éticos en los Estados Unidos por el Comité Institucional de Ética de Saint Louis University el 16 de noviembre de 2004. Una vez aprobados en Estados Unidos, los protocolos del estudio fueron presentados al Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud del Perú. Este Comité los revisó y aprobó el 21 de diciembre de 2004 mediante oficio No. 163-2004-Comité de Ética/INS.

Posteriormente a la aprobación del Comité de Ética del INS, los protocolos se presentaron a la Dirección Regional de Salud de Junín (DIRESA) para que los revisaran y decidiera sobre su aprobación. La DIRESA Junín otorgó su opinión favorable con oficio No. 2112-2005-DRSJ-GR-JUNIN y con esta aprobación se enviaron los protocolos al INS para la autorización final de los protocolos. El INS emitió su autorización final para la realización del estudio mediante la Resolución Jefatural No. 343-2005-J-OPD/INS del 20 de Junio del 2005.

Saint Louis University y el Arzobispado de Huancayo coordinarán la difusión y socialización de los resultados del estudio. Esto se considera de suma importancia porque el estudio tiene por sobre todo fines prácticos de contribución al conocimiento sobre los efectos del plomo, cadmio y arsénico y otros metales en la población de La Oroya (y de Concepción si se encuentra que esta también está afectada) para que tanto pobladores como autoridades puedan optar por prácticas preventivas que protejan la salud de la comunidad. La Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis, el Arzobispado de Huancayo y las organizaciones que acompañan en este estudio aspiran a que los resultados de este estudio sirvan para elaborar planes que efectivamente mejoren la salud de la población y la calidad del medio ambiente en La Oroya y el valle del río Mantaro.

DISCUSION DE RESULTADOS

1. Nueva información sobre cadmio, arsénico y otros elementos tóxicos.

Uno de los aspectos novedosos de este estudio es el de proporcionar evidencia científica de biomarcadores para otros metales además del plomo como son el cadmio y el arsénico. Estos tres metales son el foco de atención del estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes. Además de estos tres metales se han incorporado al estudio otros elementos tóxicos de interés como el antimonio y otros que se han mencionado al inicio de este informe. La preocupación sobre los elementos tóxicos analizados en este estudio se basa en la evidencia científica que existe sobre su impacto negativo en la salud. Se adjunta una tabla en la sección 6 de este informe con un resumen de los potenciales efectos cancerígenos y no cancerígenos de la exposición a estos elementos.

2. La utilidad de la comparación entre La Oroya y Concepción.

La metodología de estudio comparativo ha permitido observar significativas diferencias entre La Oroya como población de

estudio y Concepción como población de control. Estas diferencias confirman la hipótesis inicial de que los niveles de metales pesados y otros elementos tóxicos serían mayores en La Oroya que en Concepción. Además en el caso del plomo, cadmio, y arsénico los niveles de estos metales tanto en La Oroya como en Concepción están en su gran mayoría por encima de la media geométrica de la población de Estados Unidos como población de referencia.

3. Concepción también tiene contaminación.

A pesar de que se esperaba observar menores niveles de contaminación manifestada en los biomarcadores de plomo, cadmio y arsénico en Concepción, sorprende sin embargo que existe niveles de preocupación de estos tres metales en la población de Concepción, la "ciudad ecológica" del Valle del Mantaro. Esto sugiere que la contaminación ambiental y sus secuelas de salud no están circunscritas solamente a La Oroya sino que tienen un carácter regional que se extiende por el valle del río Mantaro.

4. El problema de la exposición combinada a varios elementos tóxicos.

Los resultados del muestreo de sangre y orina en La Oroya y Concepción son un llamado de atención al problema de la acción combinada de varios metales pesados y elementos tóxicos en las dos poblaciones. Esta sinergia plantea serios retos de investigación científica sobre el impacto en la salud del conjunto de metales pesados y elementos tóxicos y de implementación de soluciones integrales de prevención.

5. Evidencia de grave crisis de salud en La Oroya.

Los resultados del muestreo biológico confirman la gravedad de la situación de salud comunitaria en la ciudad de La Oroya y especialmente en La Oroya Antigua. Como crisis se entiende los significativamente mayores niveles de riesgo para la salud que existen para todos los grupos poblacionales y sobre todo para los grupos más vulnerables como son los infantes y niños de corta edad.

Los resultados de plomo confirman las tendencias observadas en monitoreos previos que indican la presencia de niveles elevados de plomo en sangre en toda la población oroina y, lo que es más grave, niveles por sobre los 45 $\mu\text{g}/\text{dL}$ para gran parte de la población que ya no son solo niveles de preocupación sino de emergencia médica de acuerdo al CDC.

Los resultados de cadmio, arsénico y antimonio que han sido estudiados proporcionan evidencia científica adicional que se suma al impacto negativo de la contaminación ambiental por plomo en La Oroya. En palabras de los pobladores de La Oroya, cada día son servidos con un "cóctel tóxico" vía aire, agua, polvo y tierra. Estos primeros resultados proporcionan la evidencia científica que nos permite medir los elementos tóxicos que componen este cóctel para avanzar en la discusión de medidas de prevención que efectivamente contribuyan a detener el impacto de la crisis ambiental, y para empezar a implementar políticas y programas de prevención integral no solo para La Oroya sino para Concepción y otras poblaciones similares del valle del Mantaro.

(2) ANTECEDENTES

2.1 El problema del impacto de la contaminación ambiental en La Oroya.

La Oroya, con una población de aproximadamente 35,000 habitantes está ubicada a 3,750 msnm en la cuenca alta del río Mantaro, en la provincia de Yauli, Departamento de Junín. La Oroya está localizada en un área rica en metales como el plomo, cobre, zinc, plata y oro. La extracción y refinación de estos metales por parte de un complejo metalúrgico ha sido la actividad económica principal en La Oroya desde 1922. La operación y propiedad del complejo metalúrgico de La Oroya estuvo en manos del estado peruano desde 1974 hasta 1997 cuando el complejo fue vendido a la empresa Doe Run Co., la más grande productora de plomo en los Estados Unidos con sede corporativa principal en St. Louis, Missouri. La propiedad del complejo le ha permitido a Doe Run expandir sus actividades mineras al ámbito internacional y diversificar su producción hacia el cobre, plata, zinc, oro y otros metales. El complejo de la Oroya se lo conoce actualmente como Doe Run Perú.

La actividad minera de éste y otros complejos similares constituye un importante componente de la actividad económica del Perú al proveer de casi el 50% de los ingresos por exportaciones del país. Sin embargo, estudios de impacto ambiental que se han realizado en Perú y en otros países indican que la actividad minera puede alterar significativamente el ambiente natural que rodea a los complejos mineros. Estas alteraciones se pueden observar, por ejemplo, en la cantidad y calidad del agua afectadas por acumulación de metales tóxicos, residuos químicos y deshechamiento de materiales. En el caso de La Oroya, en base a datos de 1996 al 2000, el estudio La Oroya No Espera indica que las "concentraciones de contaminantes en los efluentes del complejo metalúrgico se mantienen muy arriba de los estándares peruanos e internacionales, y lo que es más grave, que son de magnitudes extremas."

La actividad minera también tiene un efecto negativo sobre el aire que se manifiesta en la reducción de la visibilidad, corrosión de materiales y superficies de casas, autos y vestimenta, y destrucción de la vegetación y cultivos comerciales y de consumo doméstico. El estudio La Oroya No Espera indica que la comparación de los parámetros de calidad del aire de 1995 al 2000 "demuestra que la calidad del aire se ha deteriorado dramáticamente con respecto al contenido de dióxido de azufre (SO₂) y de metales pesados como el cadmio, plomo y arsénico".

Los suelos también son depositarios de la contaminación causada por la actividad minera. Elementos tóxicos provenientes del aire contaminado, de los desechos acumulados y del agua contaminada se depositan en el suelo y en el polvo de los hogares y las comunidades aledañas a los centros mineros y en las áreas naturales y de producción agrícola expuestas a estos elementos. En el caso de La Oroya un reciente estudio de muestras de polvo realizado por la Asociación Civil Labor y Cooperación y Occupational Knowledge International indica que el 100% de las muestras tomadas en la Oroya Antigua superan largamente la norma máxima de 40 mg/pie² establecida por la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA por sus siglas en inglés) y el Departamento Estadounidense de Vivienda y Desarrollo Urbano. Igual cosa sucede con el 71% de las muestras de la Oroya Nueva y con el 88% del total de muestras obtenidas en los interiores de las casas en toda la ciudad.

El impacto ambiental de la actividad minera causa gran preocupación no solo por sus efectos en el medio natural sino sobre todo por sus efectos en el medio social, especialmente en la salud de la población. Esto no debe causar sorpresa dada la estrecha relación entre calidad del ambiente con la calidad de la salud. Como lo indica el estudio La Oroya No Espera y el reciente informe del CDC titulado Desarrollo de un plan integral de intervención para reducir la exposición al plomo y otros contaminantes en el centro minero de La Oroya, Peru, mayo, 2005, el impacto adverso en la salud causado por complejos metalúrgicos ha sido estudiado en casos como el de Torreón en México y Trail en Canada, y Smelterville (Idaho), El Paso (Texas) y Herculaneum (Missouri) en los Estados Unidos. Estos estudios han demostrado que la población y especialmente los grupos de alto riesgo como trabajadores de las fundiciones, niños, y madres gestantes han sido seriamente afectados por la contaminación por metales pesados como plomo y otros elementos tóxicos.

Con respecto a La Oroya, los monitoreos de plomo en sangre han sacado a la luz evidencia de una situación extremadamente seria de deterioro de la salud de la población. Por ejemplo, los últimos datos que se conocen por comunicados de prensa sobre el monitoreo efectuado por DIGESA en convenio con Doe Run Perú en 788 niños indica que el 99.9% de menores de 5 años en La Oroya tiene niveles altos de plomo que están muy por encima del nivel de preocupación de 10 µg/dl (microgramos de plomo por decilitro de sangre), según lo establecido por los Centros de Prevención y Control de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (El Correo, 23 de abril de 2005).

Es dentro de esta preocupación sobre el deterioro de la salud causado por la contaminación ambiental en la que se inscribe la invitación a la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis de realizar el estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes.

2.2 Invitación a la Facultad de Salud Pública de la Universidad Jesuita San Luis en St. Louis, Missouri, Estados Unidos

Profesionales de la salud y organizaciones de la sociedad civil en el Perú han tomado la iniciativa de alertar y educar a la población de La Oroya sobre los daños a la salud causados por la contaminación ambiental. Entre estas organizaciones se encuentra la Arquidiócesis de Huancayo y su pastoral ecológica, la iglesia presbiteriana, el Movimiento por la Salud de La Oroya (MOSAO), y la Asociación Filomena Tomaira, una ONG que promueve el desarrollo de la mujer y la comunidad en La Oroya.

A pesar de que ahora hay más información acerca de los niveles de contaminación en el ambiente de La Oroya, es necesario tener un mejor conocimiento sobre el impacto de contaminación no solo del plomo sino de otros metales tóxicos como el cadmio y el arsénico en los hogares y la salud de los residentes en La Oroya. Sin embargo, la información que existe sobre contaminación en los hogares es muy limitada y por esta razón Monseñor Pedro Barreto, S.J., arzobispo metropolitano de Huancayo a nombre de las organizaciones de la sociedad civil que se han mencionado extendió una invitación a la Facultad de Salud Pública de Universidad San Luis para que diriga un estudio científico que responda a las siguientes preguntas:

- (1) Cuáles son los niveles de contaminación por plomo, arsénico, cadmio y otros metales en los hogares de las poblaciones de La Oroya y Concepción?
- (2) Cuáles son los indicadores biológicos o efectos observables de estos niveles en la salud de los residentes de estos hogares?
- (3) Cómo pueden los resultados de este estudio servir para el diseño y ejecución de planes y programas de prevención para la protección de la salud de las comunidades afectadas por la contaminación ambiental?

La Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis respondió de manera favorable a esta invitación y se comprometió como institución a diseñar y ejecutar el estudio solicitado conforme a los más altos requisitos de rigor científico y apego a las normas de los Estados Unidos y del Perú. Una de las razones principales en las que se sustenta este compromiso es la extensa capacidad profesional que la Facultad ha adquirido en el campo de la investigación científica y la educación referente a exposición al plomo y otras sustancias. Más detalles de la capacidad institucional de la Facultad se ofrecen a continuación.

2.3 Capacidad Institucional de la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis

La Universidad San Luis, fundada en St. Louis, Missouri, en 1818 es la segunda universidad jesuita más antigua de los Estados Unidos. Su población universitaria incluye mas de 7,000 estudiantes a nivel de licenciatura y 4,000 estudiantes a nivel de maestría y doctorado que vienen de los 50 estados de los Estados Unidos y de cerca de 80 países en el mundo.

Como todas las instituciones educativas de los jesuitas, la Universidad San Luis pone especial énfasis en la educación de la persona en su conjunto (mente, cuerpo, corazón y espíritu) para que ésta pueda contribuir a la sociedad de manera más completa y eficaz. Igualmente, la Universidad San Luis se caracteriza por su énfasis en el rigor académico y en el liderazgo basado en el conocimiento científico y en valores morales de respeto a la dignidad humana.

La Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis de Missouri tiene la distinción de ser la única facultad de salud pública de una universidad jesuita en los Estados Unidos y la única en el estado de Missouri. La Facultad de Salud Pública tiene sus orígenes en el Centro de Estudios de Servicios de Salud creado en 1979. La ampliación de programas, estudiantes y profesorado, y el crecimiento de la investigación científica hicieron posible que en 1991 la Facultad de Salud Pública se constituya como tal con la debida acreditación institucional que rige para las facultades de salud pública en los Estados Unidos. Actualmente, la Facultad es parte del grupo de unidades académicas dedicadas a la salud humana que incluyen las facultades de medicina y enfermería, y demás ciencias auxiliares de la salud.

Desde su fundación la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis se ha dedicado a proveer programas educativos a nivel de maestría y doctorado para preparar profesionales en las carreras de servicios de salud, promoción y prevención de enfermedades y riesgos para la salud. Uno de los aspectos que caracteriza a la Facultad es el reconocimiento de la necesidad de establecer relaciones con individuos y organizaciones que hacen salud comunitaria para trabajar

conjuntamente con ellos en proyectos de educación, investigación y servicio a la comunidad. Este trabajo colaborativo se ha concretado a través de la participación de la Facultad en comités, asociaciones, convenios y consorcios con diversas entidades en todos los campos de la salud.

La División de Salud Ambiental y Ocupacional es una de las cinco divisiones académicas en el Departamento de Salud Comunitaria en la Facultad de Salud Pública. Las otras divisiones incluyen epidemiología, bioestadística, ciencias del comportamiento y políticas de salud. Además de las actividades orientadas a impulsar la misión y la filosofía de la Facultad, la División de Salud Ambiental y Ocupacional se dedica a la enseñanza y la capacitación en los principios, técnicas y conceptos básicos de diseño, implementación y evaluación de programas de salud ambiental, y en la investigación científica con fines prácticos de prevención y mejoramiento de la salud.

Los investigadores de la División de Salud Ambiental y Ocupacional de la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis han realizado varios estudios en los Estados Unidos sobre la exposición al plomo y tienen varios años de experiencia en el diseño, ejecución y evaluación de proyectos de investigación, educación y capacitación sobre la prevención de la contaminación por plomo. Estos proyectos han sido financiados por las agencias del gobierno de los Estados Unidos como la Agencia de Protección Ambiental, EPA; el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano, HUD; los Centros de Prevención y Control de Enfermedades, CDC; y por varias fundaciones y organizaciones sin fines de lucro. Una muestra de estos proyectos y de las publicaciones científicas de la División de Salud Ambiental y Ocupacional se ha incorporado a los protocolos de este estudio.

(3) CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCESO DE AUTORIZACION

3.1 Marco Normativo

Como se indicó inicialmente, el compromiso adquirido por la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis es el de diseñar y ejecutar un estudio de acuerdo a los más altos requisitos de rigor científico y estricto apego a las normas que rigen la participación de personas en estudios científicos en los Estados Unidos y en el Perú. De aquí la responsabilidad de la Facultad y sus investigadores de asegurarse del cumplimiento con todas las normas aplicables en los dos países.

El cuerpo de leyes, normas y guías que regulan la elaboración y ejecución de estudios científicos con participación de seres humanos en los Estados Unidos se basa en los siguientes documentos:

1. El Código de Nuremberg en 1947 que consagra la primacía del consentimiento voluntario y las responsabilidades de los investigadores de no causar daño y de asegurar que los riesgos potenciales no excedan la importancia humanitaria del descubrimiento científico.

2. La Declaración de Helsinki en 1964 de la Asociación Médica Mundial que además de las prescripciones del Código de Nuremberg regula la participación de menores o de personas con limitada capacidad de otorgar consentimiento informado.

3. El Informe Belmont presentado por una comisión del congreso de los Estados Unidos en 1979 que precisa el significado del descubrimiento científico y describe los principios y guías éticas para la protección de seres humanos en investigación científica.

4. El Código Federal de Regulaciones sobre la Protección de Seres Humanos (Título 45, Parte 46, revisado en agosto de 1991) del Departamento de Salud y Servicios Humanos que codifica en detalle la constitución de comités de ética y los procedimientos a seguirse en toda investigación científica que involucra seres humanos sobre el consentimiento informado.

5. La Guía Ética para Investigación Biomédica que involucra a Sujetos Humanos (International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects) publicada en 2002 por el Consejo Internacional de Organizaciones de Ciencias Médicas (Council for International Organizations of Medical Science-CIOMS) que universaliza los principios y prácticas fundamentales de ética en la conducción de estudios científicos.

Como se ha señalado, todos estos referentes normativos están sintetizados en la normativa codificada en los protocolos y procedimientos del Comité Institucional de Ética de Universidad San Luis y en los documentos de consentimiento informado.

3.2 Proceso de Autorización

Los protocolos del estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes fueron examinados y aprobados en sus aspectos metodológicos y éticos en los Estados Unidos por el Comité Institucional de Ética de la Universidad San Luis el 16 de noviembre de 2004. Esta aprobación debió comenzar en Estados Unidos porque la Universidad San Luis es responsable en última instancia de la integridad científica, legal y ética del estudio.

Después de la aprobación de los protocolos del estudio en Estados Unidos la División de Salud ambiental y Ocupacional pidió información al Instituto Nacional de Salud (INS) del Perú sobre el procedimiento a seguirse para la aprobación de los protocolos del estudio en el Perú. Funcionarios del INS indicaron en noviembre de 2004 que había que presentar los protocolos al Comité de Ética en Investigación del INS para su revisión y aprobación. Los protocolos del estudio fueron presentados en noviembre 30 al Comité y este los revisó y aprobó el 21 de diciembre de 2004 mediante oficio No. 163-2004-Comité de Ética/INS.

Posteriormente a la aprobación del Comité de Ética del INS, los protocolos se presentaron a la Dirección Regional de Salud de Junín (DIRESA) para que los revisaran y decidiera sobre su aprobación. La DIRESA Junín otorgó su opinión favorable con oficio No. 2112-2005-DRSJ-GR-JUNIN y con esta aprobación se enviaron los protocolos al INS para la autorización final de los protocolos. El INS emitió su autorización final para la realización del estudio mediante la Resolución Jefatural No. 343-2005-J-OPD/INS del 20 de Junio del 2005.

(4) METODOLOGIA

4.1 Preguntas Generadoras y Objetivos del Estudio

De la revisión de la evidencia científico-técnica existente que ha realizado la División de Salud Ambiental y Ocupacional de la Universidad San Luis quedó en claro que todavía existen vacíos en cuanto a:

- (1) La exposición a otros metales tóxicos además del plomo.
- (2) La relación entre indicadores biológicos e indicadores residenciales de contaminación.
- (3) La comparación entre poblaciones con el fin de caracterizar mejor los niveles de contaminación regional.

Estos vacíos en la evidencia científico-técnica sobre La Oroya pueden ser expresados como preguntas generadoras del estudio, como sigue:

- (1) Cuáles son los niveles de contaminación por plomo, arsénico, cadmio y otros metales en los hogares de las poblaciones de La Oroya y Concepción?
- (2) Cuáles son los efectos observables o indicadores biológicos de estos niveles en la salud de los residentes de estos hogares?
- (3) Cómo pueden los resultados de este estudio servir para el diseño y ejecución de planes y programas de prevención para la protección de la salud de las comunidades afectadas por la contaminación ambiental.

Para llenar estos vacíos y responder a las preguntas de investigación, el estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes se lo ha diseñado como un estudio comparativo entre una población de estudio (La Oroya) y una población de control (Concepción), que se propone los siguientes objetivos:

- (1) Evaluar además del plomo los siguientes elementos: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cesio, cobalto, mercurio, molibdeno, platino, talio, tungsteno y uranio.
- (2) Determinar si existe una correlación estadística entre indicadores biológicos en sangre y orina de los metales mencionados con indicadores residenciales de contaminación en agua, polvo y suelo. La ventaja de poder establecer esta correlación es la de vincular más estrechamente niveles de contaminación ambiental con el espacio cotidiano del hogar de los pobladores de La Oroya y Concepción. Además del valor estrictamente científico de esta vinculación, ésta puede ser muy útil para el diseño de programas de educación preventiva basados en una realidad más tangible para la población como es la de la contaminación en el hogar.
- (3) Comparar una población de estudio (La Oroya) con una población de control (Concepción) para determinar niveles de contaminación que reflejen con más precisión la situación ambiental de la región y las variables que influyen esta situación.
- (4) Discutir los resultados del estudio en función de su utilidad para el diseño y ejecución de planes y programas de prevención para la protección de la salud de las comunidades afectadas por la contaminación ambiental.

La Oroya ha sido seleccionada como población de estudio debido al nivel crítico de contaminación ambiental causada por plomo, arsénico, cadmio y otros contaminantes producidos por el complejo metalúrgico. Concepción, con una población de aproximadamente 11,400 habitantes, ha sido seleccionada como población de control por tener características similares a La Oroya y por no tener un complejo metalúrgico y por tanto por probablemente no tener los mismos niveles de contaminación que La Oroya.

4.2 Métodos

Variables de Investigación

(a) Parámetros biológicos

Los principales parámetros biológicos que serán evaluados son los niveles de plomo, arsénico, cadmio y mercurio en sangre y orina. Otros metales tóxicos como el bario, berilio, cobalto, cesio, molibdeno, platino, antimonio, talio, tungsteno, y uranio también serán evaluados en la orina. Estos metales son de interés porque generalmente están

presentes en las emisiones de la industria metalúrgica. El análisis biológico será efectuado en los laboratorios del CDC de los Estados Unidos.

(b) Parámetros ambientales

Los parámetros ambientales incluyen los niveles de plomo en pintura y niveles de plomo, arsénico y cadmio y otros metales tóxicos en muestras de agua, polvo y suelo. Las muestras de polvo y suelo serán analizadas con un detector de metales XRF en el Laboratorio de Investigación Ambiental de la Facultad de Salud Pública de Universidad San Luis. Las muestras de agua serán analizadas en el Environmetrix Laboratory en St. Louis, Missouri. Un porcentaje del 5 al 10% de las muestras de polvo y suelo será analizado por un laboratorio debidamente acreditado en los Estados Unidos para control de calidad.

(c) Encuesta de factores de riesgo

Una encuesta será administrada a los participantes. Las preguntas de esta encuesta incluyen datos demográficos y factores de riesgo que pueden estar relacionados con la exposición al plomo, cadmio y arsénico. Una copia de la encuesta se ha incluido en los protocolos del estudio.

Selección, Reclutamiento y Rol de Participantes

(a) Selección y reclutamiento

Este estudio se propone seleccionar y reclutar de manera aleatoria a un total mínimo de 250 participantes agrupados por edad y sitio de residencia como lo indica la tabla a continuación:

EDAD	La Oroya	Concepción	TOTAL
6 meses a 6 años	36	28	64
7 a 12 años	36	28	64
13 a 16 años	29	28	57
17 - 80 años*	37	28	65
TOTAL	138	112	250

*El número total de adultos en el grupo de edad de 17 a 80 años incluye 7 madres gestantes en La Oroya y 5 madres gestantes en Concepción.

El número total en el estudio es 250 y el rango de edades es de 6 meses a 80 años. El estudio buscará reclutar sujetos vulnerables elegibles para participar en el estudio como son Niños de 6 meses a 6 años y mujeres gestantes por ser especialmente vulnerables a la exposición al plomo y otros metales tóxicos.

(b) Selección aleatoria

Los participantes serán seleccionados partiendo de un sistema de enumeración de cuadras donde se seleccionará cuadras de manera aleatoria para la búsqueda de personas elegibles para participar. hasta terminar con todos los domicilios de la cuadra.

(c) Proceso de reclutamiento

El reclutamiento se hará a través de un contacto personal entre los promotores de salud y personas elegibles para participar y de un diálogo que incluye una explicación del propósito del estudio y del rol de los participantes y la obtención verbal del consentimiento informado.

Copias del documento de consentimiento informado se incluyen como parte de este protocolo. Este documento incorpora en un lenguaje sencillo todos los elementos requeridos del consentimiento informado. Estos elementos incluyen: (1) explicación del propósito del estudio; (2) descripción de lo que se solicita al participante (donar y dar permiso para obtener muestras, contestar preguntas de la encuesta, y el tiempo que se necesita por parte del participante para cada una de estas actividades); (3) ofrecimiento de una visita con un médico, descripción de la visita y una declaración de que la visita al médico y los exámenes biológicos y ambientales se ofrecerán sin costo para el participante; (4) descripción de los

potenciales riesgos e incomodidades de participar; (5) descripción de las medidas para mantener la confidencialidad de la información personal; (6) descripción de los potenciales beneficios del estudio; (7) declaración de que la participación es voluntaria y de que no habrá pérdida de beneficio si la persona decide no participar; (8) personas que pueden ser contactadas si hubiera preguntas; (9) declaración de aceptación de los términos de participación.

El enrolamiento se efectuará en La Oroya y Concepción. Promotores de salud y/o voluntarios entrenados por el Arzobispado de Huancayo llevarán a cabo el contacto y reclutamiento de personas elegibles para participar. El Dr. Reyes será responsable de la supervisión de los promotores de salud y/o voluntarios sus actividades de reclutamiento.

En relación con pago o compensación económica a participantes, todos los exámenes biológicos y ambientales, la visita con el doctor y otros servicios que puedan ser necesarios como transporte, almuerzos y bebidas no tendrán ningún costo para los participantes. Los participantes no recibirán ningún pago o compensación monetaria por su participación, ni tampoco deberán pagar por ninguno de los procedimientos usados en el estudio.

(d) Muestras biológicas de participantes

A los participantes en el estudio se les pedirá que donen una muestra de sangre y una muestra de orina. El propósito de la obtención de muestras de sangre y orina es el de evaluar los niveles de plomo, arsénico y cadmio y otros metales tóxicos en el cuerpo. Estas muestras se obtendrán en un centro de salud en Concepción.

(e) Muestras ambientales de residencias

A todos los participantes se les pedirá que den permiso para evaluar plomo en la pintura y para tomar muestras de agua, polvo y suelo en el domicilio. Personal designado llegará a las residencias de los participantes en La Oroya y Concepción para evaluar in situ la presencia del plomo en la pintura usando un detector de metales XRF y para recolectar muestras de agua, polvo y suelo. Estas muestras se enviarán al laboratorio de Universidad San Luis para determinar los niveles de plomo, arsénico y cadmio en los hogares de los participantes.

(f) Encuesta sobre factores demográficos y de riesgo de exposición

A los padres o apoderados de niños entre 6 meses y 18 años y participantes mayores de 18 años se les pedirá que respondan a las preguntas de una encuesta. El propósito de esta encuesta es indagar sobre factores demográficos y de riesgo de exposición al plomo, arsénico y cadmio para relacionarlos con los resultados del análisis de laboratorio de los niveles de plomo, arsénico y cadmio en el cuerpo. Una copia de la encuesta se incluye al final de esta sección en el anexo 4.

(g) Visita médica

Como parte de su participación en este estudio se les ofrecerá a los participantes una visita con un médico quien tomará signos y medidas vitales como pulso, presión arterial, temperatura, talla y peso. Durante esta visita los participantes tendrán la oportunidad de compartir problemas y hacer preguntas respecto a su salud. La toma de muestras biológicas se hará durante la visita con el médico. Las visitas con un médico se las hará a domicilio en La Oroya y Concepción. La visita con un médico se ofrece como un servicio a los participantes.

Medidas para evitar la discriminación de participantes.

El investigador principal de la Facultad de Salud Pública, el Dr. Reyes, director médico del estudio en el Perú y personal designado por el Arzobispado de Huancayo se asegurarán de que los equipos de reclutadores y promotores de salud, profesionales de la salud, y cualquier otra persona que tenga contacto con la población hayan recibido información y el entrenamiento apropiado para hablar a nombre de este estudio. Este entrenamiento incluye el conocimiento de los aspectos esenciales de estos protocolos, los principios de respeto a los participantes en estudios científicos, la obtención del consentimiento libre e informado, y la necesidad de reclutar participantes en los cuatro grupo poblacionales descritos anteriormente para asegurar una adecuada representación de toda la población.

Análisis de Datos

Los investigadores de Universidad San Luis harán el análisis estadístico de los resultados obtenidos de las muestras biológicas y ambientales y de los datos tabulados de la encuesta usando el programa Statistical Package for Social Sciences

(SPSS). Los siguientes son los objetivos del análisis de datos e información:

- (a) Determinar los niveles residenciales de plomo, arsénico, cadmio y otros metales tóxicos en los hogares de los participantes en este estudio.
- (b) Determinar si existe asociaciones entre los niveles de estos metales en los hogares con los niveles de estos metales en la sangre y la orina de los participantes.
- (c) Proporcionar evidencia científica que pueda ser usada para diseñar actividades o programas de prevención que puedan proteger mas eficazmente la salud de los afectados, especialmente en La Oroya.

Los tipos de análisis estadístico que se ejecutarán para evaluar diferencias entre índices de exposición y salud entre población de estudio y población de control incluyen los siguientes:

- (a) Comparación entre la media y la distribución de medidas ambientales de metales en el agua, suelo, polvo y pintura dentro de y entre las poblaciones de estudio y control mediante el t-test y el análisis de varianza.
- (b) Comparación de la media de las medidas de plomo, arsénico y cadmio en sangre y orina con las medidas ambientales de estos metales en agua, suelo, polvo y pintura entre las poblaciones de estudio y control usando el t-test y el análisis de varianza.
- (d) Comparación de proporción de los cuatro grupos poblacionales con niveles de metales en la sangre y orina por sobre niveles máximos establecidos (como es el caso de $10 \mu\text{g}/\text{dL}$) entre poblaciones de estudio y control usando el análisis de chi-cuadrado.
- (e) Analisis de correlación para establecer la relación entre niveles de metales en sangre y orina y variables ambientales, socioeconómicas, de hábitos y prácticas caseras y de características del hogar recolectadas en la encuesta.

4.3 Socialización de resultados

La fase de socialización de resultados es tan importante como las fases anteriores de diseño, aprobación y ejecución del realizar el estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes. En todas estas fases la Facultad de Salud Pública de la Universidad San Luis de Missouri, el Arzobispado de Huancayo y las organizaciones que acompañan este estudio se han comprometido a la transparencia y la veracidad en la información de los resultados del estudio.

Esto se considera de suma importancia porque el estudio tiene por sobre todo fines prácticos de contribución al conocimiento sobre los efectos del plomo, cadmio y arsénico y otros metales en la población de La Oroya (y de Concepción si se encuentra que esta también esta afectada) para que tanto pobladores como autoridades puedan optar por prácticas preventivas que mejoren la salud de la comunidad. Estos fines prácticos no podrán lograrse si los resultados del estudio no se difunden a todos los estamentos de la sociedad.

Informe de los Avances a los Participantes

Los participantes recibirán un informe personalizado con los resultados de los exámenes biológicos y ambientales y una explicación de la relación de estos resultados con la salud. Este informe será entregado en la visita a los hogares de los participantes por parte del personal designado por el Arzobispado de Huancayo quienes que podrá dar mas información sobre los resultados de los exámenes y medidas de prevención.

Los investigadores de Universidad San Luis y los colaboradores peruanos en este estudio elaborarán un resumen de los resultados del estudio y sus implicaciones para la salud de la comunidad para ser entregado a los participantes. En la elaboración de este resumen se pondrá especial cuidado en estilo, formato, y lenguaje para asegurar de que pueda ser comprendido por los participantes.

Informe a Autoridades y al Público

Los investigadores de Universidad San Luis y los colaboradores peruanos en este estudio elaborarán avances y un

resumen de los resultados del estudio y sus implicaciones para la salud de la comunidad para ser entregado a personas y organizaciones interesadas y al público en general. El Arzobispado de Huancayo y las organizaciones que acompañan este estudio coordinarán las actividades de difusión pública de los resultados del estudio en el Perú.

Los investigadores de la Facultad de Salud de Universidad San Luis podrán publicar los resultados del estudio en medios educativos y profesionales de los Estados Unidos y otros países. En la difusión oral o escrita de los resultados de este estudio se reconocerán a las organizaciones y/o individuos de Estados Unidos y el Perú que han participado en este estudio. Como ya se ha anotado, ninguna presentación oral o escrita del estudio incluirá identidad y datos personales de los participantes.

(5) PRIMEROS RESULTADOS DEL ESTUDIO MUESTREO BIOLÓGICO

Los laboratorios del CDC encargados del análisis de las muestras biológicas de sangre y orina concluyeron el análisis de la mayor parte de estas muestras en noviembre 30 de 2005. 293 muestras de sangre han sido analizadas de un total de 364, y 343 muestras de orina han sido analizadas de un total de 349. Este análisis incluye los procedimientos de verificación y control de calidad estipulados por los protocolos de laboratorio para cada uno de los metales y elementos tóxicos seleccionados para este estudio.

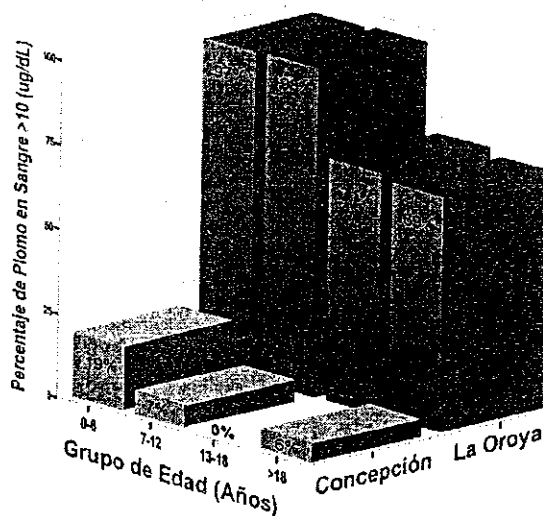
En base a estos resultados el equipo de investigadores de la Facultad de Salud Pública de San Luis en Missouri puede hacer llegar un primer avance de los resultados del muestreo biológico enfocado en los tres metales pesados de más interés del estudio como son el plomo, el cadmio y el arsénico, así como otros elementos tóxicos entre los que se destaca el antimonio. Este avance se detalla a continuación comenzando con el plomo.

PLOMO

I. Niveles de plomo en sangre por grupos de edad en La Oroya y Concepción.

Cuadro I

Porcentaje de Plomo en Sangre por Edad y Población



En el cuadro I ilustra los porcentajes de casos elevados de plomo en sangre en La Oroya y Concepción por grupos de edad. Caso elevado se entiende como aquel con niveles iguales a o mayores que $10 \mu\text{g/dL}$ (microgramo de plomo por decilitro de sangre) que es el nivel de preocupación de riesgo para la salud establecido por el CDC.

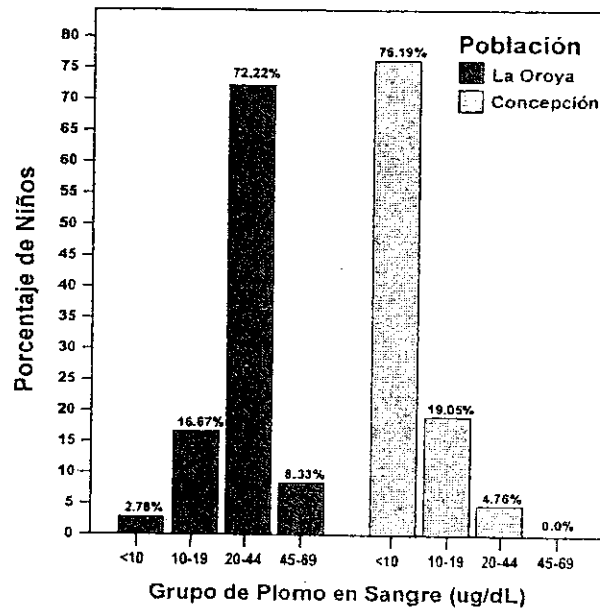
Todos los casos en este cuadro son de niveles elevados de plomo en sangre. La diferencia entre las dos poblaciones es estadísticamente significativa y demuestra la enorme disparidad entre las poblaciones de La Oroya y Concepción en cuanto a plomo. Porcentajes cercanos al 100% de los casos de La Oroya tienen elevados niveles de plomo en sangre en los grupos de edad de 6 meses a 6 años y de 7 años a 12 años (sólo se encontró un caso con un nivel de menos de $10 \mu\text{g/dL}$ en La Oroya). Igualmente, los porcentajes de niveles elevados de plomo sobrepasan el 50% de la población en los grupos de edad de 13 a 18 años y de más de 18 años.

En cuanto a Concepción cabe destacar que los porcentajes de casos elevados son mucho menores que los de La Oroya, pero son elevados especialmente en el grupo de de 6 meses a 6 años de edad donde se observa un porcentaje de elevación cercano al 20%. Es importante recordar que una de las poblaciones de mas riesgo de exposición y envenenamiento con plomo es la de los infantes y niños de corta edad.

2. Porcentajes de niveles de plomo en sangre por grado de elevación en La Oroya y Concepción.

Cuadro 2

Niveles de Plomo en Sangre de Niños (0-6 Años) por Población

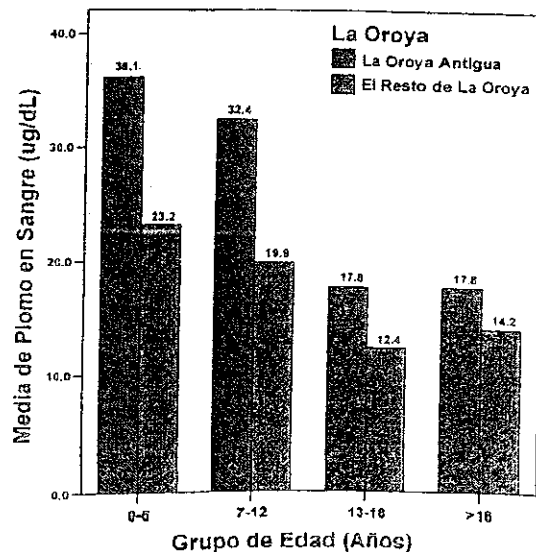


El cuadro 2 indica los porcentajes de casos con niveles hemáticos de plomo en sangre desde 0 hasta 69 $\mu\text{g/dL}$ en La Oroya y Concepción divididos en cuatro grados de elevación: de menos de 10 $\mu\text{g/dL}$; de 10 a 19 $\mu\text{g/dL}$; de 20 a 44 $\mu\text{g/dL}$; y de 45 a 69 $\mu\text{g/dL}$. Se puede apreciar en este cuadro que mientras en La Oroya solo un 2.7% de los casos (equivalente a una sola persona) tiene un nivel de menos de 10 $\mu\text{g/dL}$, en Concepción el 76.19% esta en este grado de nivel no elevado de plomo en sangre. Lo opuesto se puede ver especialmente en niveles elevados de 20 a 44 $\mu\text{g/dL}$ donde el 72.22% de la población de La Oroya tiene estos niveles de elevación en comparación con Concepción donde sólo el 4.6% tiene estos niveles.

3. Niveles de plomo en sangre por grupos de edad en La Oroya Antigua y el resto de La Oroya.

Cuadro 3

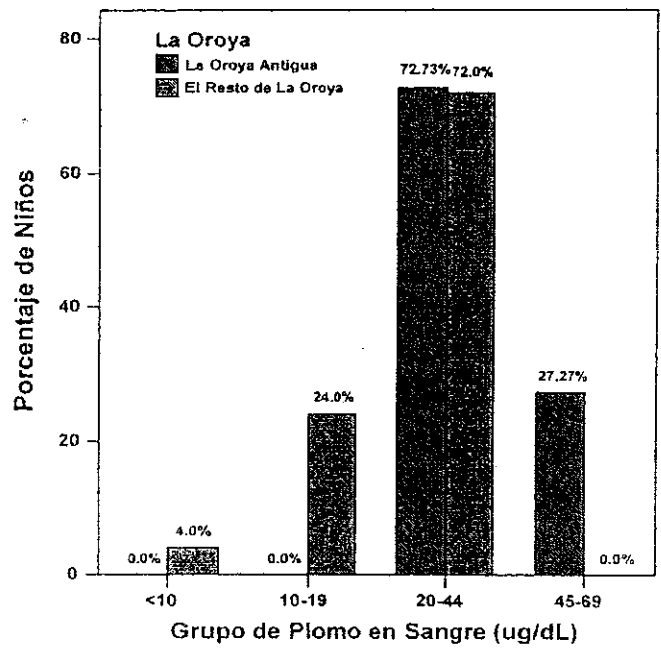
Niveles de Plomo en Sangre por Edad en La Oroya



En el cuadro 4 se puede observar que las medias geométricas de plomo en sangre son más grandes en todos los grupos de edad de La Oroya Antigua en comparación con el resto de La Oroya (Marcavalle y Santa Rosa del Saco). Esta comparación confirma las tendencias halladas en monitoreos anteriores que indican que La Oroya Antigua sufre un impacto mayor de la exposición al plomo que el resto del sector urbano de La Oroya. Cabe anotar, sin embargo, que las medias geométricas de todos los grupos de edad tanto en La Oroya Antigua como en el resto de la ciudad están por sobre $10 \mu\text{g/dL}$ que es el nivel de preocupación.

4. Niveles de plomo en sangre en niños de 6 meses a 6 años en La Oroya Antigua y el resto de La Oroya.

Cuadro 4
Niveles de Plomo en Sangre de Niños (0-6 Años) en La Oroya



El cuadro 4 ilustra la concentración de casos elevados de $20 \mu\text{g/dL}$ o más en la población más vulnerable de 6 meses a 6 años en La Oroya Antigua. Mientras no existen casos de menos de $20 \mu\text{g/dL}$ en Antigua, en el resto de La Oroya estos casos suman el 28%. El mayor porcentaje de casos elevados en Concepcion está en el grado de elevación de 20 a $44 \mu\text{g/dL}$, pero el 100% de los casos en La Oroya está entre 20 y $44 \mu\text{g/dL}$ y entre 45 y $69 \mu\text{g/dL}$.

Conclusiones:

Los niveles de plomo en sangre encontrados en La Oroya son similares a los encontrados en monitoreos anteriores realizados por la DIGESA y el MINSA y por tanto confirman la validez del muestreo poblacional realizado para este estudio. Desde el punto de vista de la salud comunitaria, estos niveles ilustran una vez más el grave estado de envenenamiento con plomo que existe en la población de La Oroya, especialmente en los grupos más vulnerables como son los infantes y niños de corta edad.

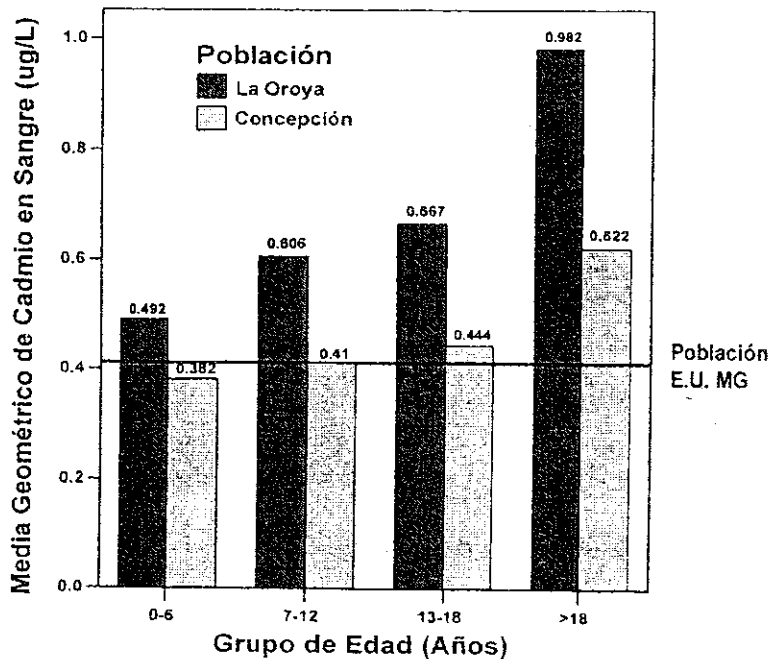
Los niveles de plomo en Concepción son menores que los de La Oroya. Esto confirma una de las hipótesis principales del estudio de que los niveles de elementos tóxicos como el plomo serían menores que los de La Oroya. Sin embargo, la existencia de niveles elevados de plomo en sangre en Concepción plantea la preocupación de un problema de exposición al plomo en la llamada ciudad ecológica del valle del Mantaro.

CADMIO

5. Niveles de cadmio en sangre por grupos de edad en La Oroya y Concepción.

Cuadro 5

Niveles de Cadmio en Sangre por Edad y Población



El cuadro 5 indica las medias geométricas de los niveles de cadmio en las poblaciones de La Oroya y Concepción. Los niveles de cadmio en sangre son biomarcadores que reflejan una exposición relativamente reciente. Como en el caso del plomo, los niveles de cadmio en La Oroya superan significativamente a los de Concepción, y están por encima del nivel de 0.412 que es la media geométrica de la población en Estados Unidos, especialmente para el grupo de edad de mayores de 18 años. El nivel de cadmio en sangre también supera la media de los estados Unidos en este grupo de edad.

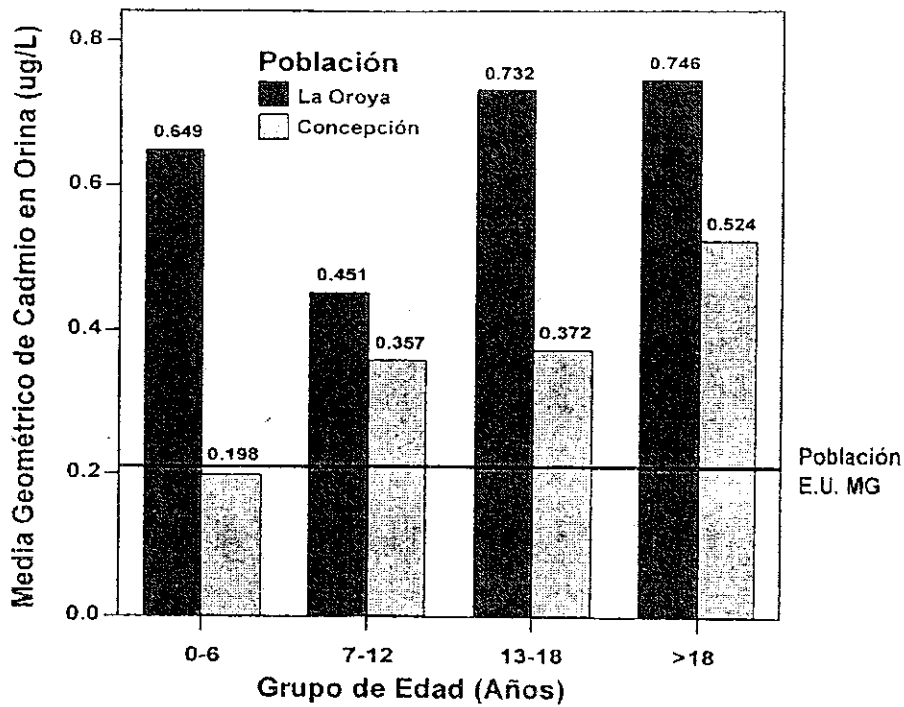
La media geométrica de cadmio para los Estados Unidos ha sido reportada por el CDC en su Tercer Informe sobre la Exposición Humana a Elementos Químicos Ambientales del 2005. Este informe incluye datos de exposición referentes a 148 elementos químicos. Para propósitos de este estudio podemos tomar los niveles de exposición de la población de Estados Unidos como niveles de referencia.

Si bien los niveles de La Oroya son mayores que los de Concepción se destaca también en este cuadro la tendencia ascendente de los niveles de cadmio por edad en las dos poblaciones: a mayor edad, mayor el nivel de cadmio en sangre.

6. Niveles de cadmio en orina por grupos de edad en La Oroya y Concepción.

Cuadro 6

Niveles de Cadmio en Orina por Edad y Población



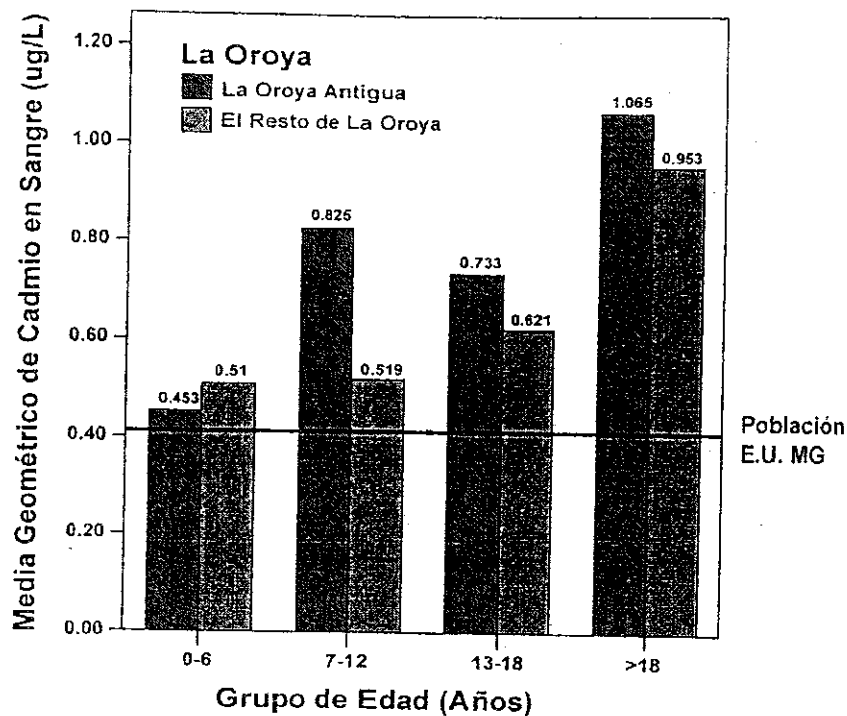
Los niveles de cadmio en orina reflejan una exposición más reciente que los de sangre y constituyen una buena medida de la cantidad de cadmio que ha entrado al cuerpo humano. El cuadro 6 indica que todos los niveles de La Oroya por grupo de edad son mayores que los de Concepción y están muy por encima de la media geométrica de 0.21 de la población de los Estados Unidos.

La tendencia ascendente de los niveles de cadmio por edad se mantiene, tal como se había observado en el cuadro 5 con la excepción del nivel de cadmio en La Oroya para el grupo de edad de 7 a 12 años. Se puede anotar también que los niveles de Concepción superan la media de Estados Unidos en todos los grupos de edad excepto el de 6 meses a 6 años.

7. Niveles de cadmio en sangre por grupos de edad en Antigua y resto de La Oroya.

Cuadro 7

Niveles de Cadmio en Sangre por Edad en La Oroya

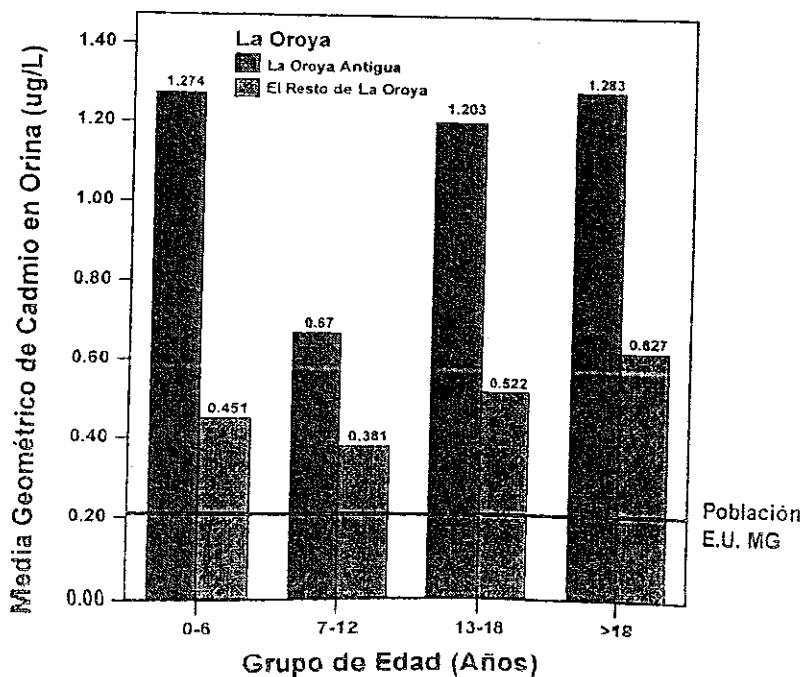


El cuadro 7 indica que todos los niveles de cadmio en sangre por grupo de edad superan la media de la población de Estados Unidos tanto en La Oroya Antigua como en el resto de La Oroya. Los niveles de cadmio en Antigua son mayores que los del resto de la ciudad en todos los grupos de edad excepto en el grupo de 6 meses a 6 años donde son casi similares. La tendencia ascendente de niveles de cadmio en sangre por edad se mantiene en toda la población de La Oroya.

8. Niveles de cadmio en orina por grupos de edad en Antigua y resto de La Oroya

Cuadro 8

Niveles de Cadmio en Orina por Edad en La Oroya



El cuadro 8 indica que los niveles de cadmio en orina en La Oroya Antigua son mayores que los del resto de La Oroya en todos los grupos de edad. Además, todos estos niveles superan la media de la población de Estados Unidos. Cabe anotar que el nivel de cadmio en orina es aproximadamente 6 veces mayor que la población de Estados Unidos en los grupos de 6 meses a 6 años, de 13 a 18, y de más de 18 años en Antigua. A diferencia de lo sucede con el plomo donde los niveles tienden a ser menores en los grupos de mayor edad, en el caso del cadmio los grupos de mayor edad tienden a tener más cadmio en la sangre y la orina.

Conclusiones:

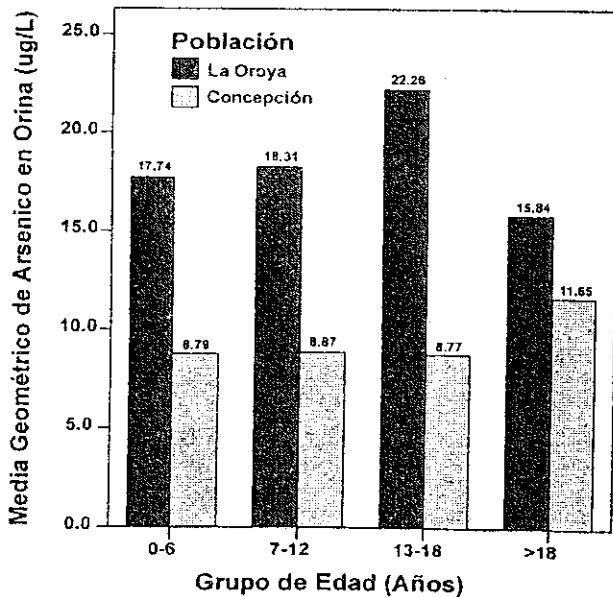
Los niveles de cadmio son significativamente mayores en La Oroya que en Concepción, lo que confirma la hipótesis inicial de que los niveles de metales tóxicos serían mas altos en La Oroya, la población de estudio, que en Concepción, la población de control. Una situación similar a la del plomo se observa con el cadmio en La Oroya donde los niveles de cadmio en orina en La Oroya Antigua son mayores que los del resto de La Oroya en todos los grupos de edad. Además, todos estos niveles de cadmio superan la media de la población de Estados Unidos.

ARSENICO

9. Niveles de arsénico en orina por grupos de edad en La Oroya y Concepción

Cuadro 9

Niveles de Arsenico en Orina por Edad y Población



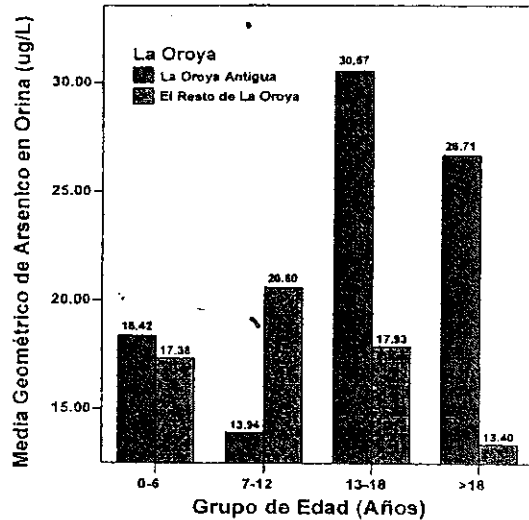
Como se ha dicho con respecto al cadmio, los niveles de arsénico en orina reflejan una exposición más reciente que los de sangre y constituyen una buena medida de cuanto arsénico ha entrado al cuerpo humano. El cuadro 9 confirma la tendencia que se ha observado con plomo y cadmio: La Oroya tiene mayores niveles de arsénico que Concepción. El nivel de arsénico en La Oroya es mayor que el de Concepción en todos los grupos de edad.

EL CDC no ha reportado una media geométrica de arsénico en orina para la población de Estados Unidos. Se sabe, sin embargo, que existe un nivel referencial de menos de 50 $\mu\text{g/L}$ que es una media aritmética para la población de Estados Unidos. Si se toma este como un nivel de referencia y si se transforma las medias geométricas de La Oroya a medias aritméticas se puede concluir que los niveles de arsénico en La Oroya (media aritmética igual a 73 $\mu\text{g/L}$) es mayor que la media de la población de los Estados Unidos. La media aritmética de Concepción (33 $\mu\text{g/L}$) está situada debajo del límite referencial de los Estados Unidos de 50 $\mu\text{g/L}$.

10. Niveles de arsénico en orina por grupos de edad en Antigua y resto de La Oroya

Cuadro 10

Niveles de Arsénico en Orina por Edad en La Oroya



El cuadro 10 indica que los niveles de orina por grupos de edad son mayores en La Oroya Antigua que en el resto del área urbana de La Oroya, excepto en el grupo de edad de 7 a 12 años. La diferencia entre Antigua y el resto de La Oroya es notable especialmente en los grupos de mayor edad.

Conclusion.

La hipótesis de que los niveles de metales tóxicos como el arsénico serían mayores en La Oroya que en Concepción se confirma. Los grupos de mayor edad tienden a tener mayores niveles de arsénico en orina. Los niveles de arsénico de La Oroya son mayores que los niveles referenciales de los Estados Unidos, mientras que los niveles de arsénico en Concepción están debajo del nivel referencial de la población de Estados Unidos.

(6) DISCUSION DE RESULTADOS

1. Nueva información sobre cadmio, arsénico y otros elementos tóxicos.

Uno de los aspectos novedosos de este estudio es el de proporcionar evidencia científica de biomarcadores para otros metales además del plomo como son el cadmio y el arsénico. Estos tres metales son el foco de atención del estudio sobre la contaminación ambiental en los hogares de La Oroya y Concepción y sus efectos en la salud de sus residentes. Además de estos tres metales se han incorporado al estudio otros elementos tóxicos de interés como el antimonio y otros que se han mencionado al inicio de este informe.

La preocupación sobre los elementos tóxicos analizados en este estudio se basa en la evidencia científica que existe sobre su impacto negativo en la salud. La siguiente tabla resume los potenciales efectos cancerígenos y no cancerígenos de la exposición a estos elementos.

Efectos en Salud de Metales

Metales	Potenciales Efectos en Salud de Metales	
	Non-Cancerígeno	Cancerígeno
Plomo	Irritabilidad	Riñón
	Disfunción Cognitiva y de Conducta, Niveles Inferior de Inteligencia	
	Debilidad Muscular, parálisis	
	Coma, Muerte	
Arsénico	Irritación Vías Respiratorias	Pulmón
	Nausea, Vómito	Vesícula
	Piel Anormal, Obscuridad de Piel, Verrugas, Lesiones	Piel
		Hígado
Cadmio	Disfunción de Riñones, Fracaso de Riñones	Pulmón
	Pérdida de Densidad de Hueso	Próstata

Fuente: US Centers for Disease Control & Prevention, Agency for Toxicological Substances & Disease Registry

2. La utilidad de la comparación entre La Oroya y Concepción.

La metodología de estudio comparativo ha permitido observar significativas diferencias entre La Oroya como población de estudio y Concepción como población de control. Estas diferencias confirman la hipótesis inicial de que los niveles de metales pesados y otros elementos tóxicos serían mayores en la Oroya que en Concepción. Además en el caso del plomo, cadmio, y arsénico los niveles de estos metales tanto en La Oroya como en Concepción están en su gran mayoría por encima de la media geométrica de la población de Estados Unidos como población de referencia.

3. Concepción también tiene contaminación.

A pesar de que se esperaba observar menores niveles de contaminación manifestada en los biomarcadores de plomo, cadmio y arsénico en Concepción, sorprende sin embargo que existe niveles de preocupación de estos tres metales en la población de Concepción, la "ciudad ecológica" del Valle del Mantaro. Esto sugiere que la contaminación ambiental y sus secuelas de salud no están circunscritas solamente a La Oroya sino que tienen un carácter regional que se extiende por el valle del río Mantaro.

4. El problema de la exposición combinada a varios elementos tóxicos.

Los resultados del muestreo de sangre y orina en La Oroya y Concepción son un llamado de atención al problema de la acción combinada de varios metales pesados y elementos tóxicos en las dos poblaciones. Esta sinergia plantea serios retos de investigación científica sobre el impacto en la salud del conjunto de metales pesados y elementos tóxicos y de implementación de soluciones integrales de prevención.