

EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRÁFICO: UNA AMENAZA SILENTE

Freddy ARANGUREN Z.

Universidad de los Andes–Rafael Rangel.

Trujillo–Venezuela

RESUMEN

Por años, el plomo ha sido una gran amenaza para todas las culturas humanas porque él pone en peligro su salud, ya que es un metal pesado resistente a la corrosión y virtualmente indestructible en el ambiente. Las personas están expuestas, porque los componentes del plomo están entre las sustancias que fueron y son aún, utilizadas para desarrollar e incrementar la efectividad de tecnologías modernas destinadas a mejorar los productos con base de plomo. En consecuencia, productos con plomo pueden ser encontrados casi en cualquier parte y son a menudo transferidos a los niños, por medio de las manos, en la medida en que los dedos entran en contacto con su boca. Esta transferencia causa elevadas concentraciones del metal en la sangre de los niños, quienes presentan agudos síntomas de envenenamiento. El envenenamiento con plomo ha sido reconocido como un problema médico, pero más apropiadamente puede ser considerado como un problema social porque su prevención y erradicación dependen en gran medida de factores externos a la profesión médica, siendo considerado en muchos países como un problema de salud pública. En Venezuela, la investigación sobre el plomo ha sido muy limitada y hay poco conocimiento público acerca de sus peligros. Este trabajo presenta un análisis relevante para entender el problema, incluyendo su historia, su conducta en los suelos, las consecuencias de las emisiones de gasolina con aditivos del metal, los efectos en la salud humana y un panorama de la investigación, toxicidad y contaminación con plomo en Venezuela.

Palabras Claves: Plomo, Ambiente, Toxicidad, Envenenamiento, Polución.

LEAD IN THE GEOGRAPHIC ENVIRONMENT: A SILENT THREAT

ABSTRACT

For years lead has been a major threat to all human cultures, because it harms the body since it is a corrosion resistant heavy metal and virtually indestructible in the environment. People are exposed because lead compounds are among the substances that were, and still are, used to develop and increase the effectiveness of modern technologies in order to improve lead-based products. Consequently, lead- by-products can be found almost everywhere. They are often transferred to children via fingers, and then to the mouth as children suck their fingers. This transference causes elevated blood lead levels in children, who exhibit acute poisoning symptoms. Lead poisoning has long been recognized as a medical problem but may more appropriately be considered a social problem, since its prevention and eradication depend in such large measure on factors outside the medical profession, and it is recognized to be a public health problem in many countries. In Venezuela, lead research has been very limited and there is a low public knowledge about its risks. This work does a relevant analysis to understand the problem, including its history, its behavior in soils, the consequences of leaded gasoline exhaust, the effects of lead poisoning on human health, and a scope of lead contamination and research in Venezuela.

Key-Words: Lead, Environment, Toxicity, Poisoning, Pollution.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye un análisis contextual acerca de la significación del problema de la contaminación con plomo y de sus efectos sobre la salud humana. Países como los Estados Unidos e Inglaterra desde hace mucho tiempo han dedicado extraordinarios esfuerzos en la búsqueda de respuestas, explicaciones y controles a

un problema tan de hoy. Esos esfuerzos se han traducido en la generación de una cuantiosa y valiosa base de información, producto de investigaciones continuas, tanto de los aspectos sensiblemente ambientales, como del abordaje de situaciones estrictamente clínicas o médicas, con una inversión muy importante de recursos para esta tarea.

La persistencia en esta labor, ha logrado que la contaminación con plomo sea reconocida como un problema de salud pública en estos países, cuya principal virtud es que se establezca un sistema de legislación nacional sobre esta materia, lo que ha permitido reducir considerablemente los montos de plomo de origen industrial que, de manera permanente, son vertidos sobre la atmósfera y que luego por deposición contaminan los suelos, las aguas, el aire, las plantas, etcétera. Así, en los Estados Unidos desde hace más de veinte años no se consume gasolina con aditivos del metal, usados como anti-detonantes; igualmente, el contenido de plomo en la pintura, usado como pigmento ha sido reducido a una mínima proporción. Esto, haciendo referencia a dos de las fuentes de contaminación consideradas entre las más importantes, por su amplio poder de dispersión ambiental.

Por el contrario, en nuestros países latinoamericanos la investigación en este campo se encuentra en estado embrionario, las bases de datos son prácticamente inexistentes y no se ha tomado conciencia de la gravedad del asunto. Por consiguiente, nuestros gobernantes y legisladores no han reconocido la amenaza del plomo como un problema de salud pública, como una espada de Damocles silenciosa que se cierne sobre nuestro medio ambiente y sobre nuestra población, especialmente joven.

Comprender el significado y alcances de este problema pasa por generar conocimientos al respecto, crear fuentes asequibles de información para la evaluación del impacto y saneamiento ambiental, así como también producir una base de datos estadísticos sobre los casos de envenenamiento, causas y tipologías, factores de exposición

y localización espacial. Otro elemento importante de tomar en cuenta es aquel relativo a la educación y creación de conciencia acerca del problema. Para ello, es necesario que la población sepa de qué se trata, cuáles son los riesgos potenciales para su salud y de qué manera la situación podría ser controlada o manejada.

En este sentido, este trabajo moldea un marco teórico que pudiera servir de punto de partida para comprender los peligros potenciales de la exposición al plomo, en términos globales, así como también las incidencias que en los niveles locales ella pudiera ejercer. A tales efectos, se comienza con un breve análisis histórico de la contaminación con plomo, pasando por plantear la relevancia del uso de la gasolina con plomo, las condiciones de deposición en los suelos, los factores espaciales de exposición y los efectos principales sobre la salud. Finalmente, se hace un análisis crítico acerca de la investigación sobre el plomo en Venezuela.

RESEÑA HISTÓRICA DE LA CONTAMINACIÓN Y EL ENVENENAMIENTO CON PLOMO

A través de la historia y especialmente desde la Revolución Industrial, los hombres han producido contaminantes muy peligrosos para su salud física y mental, los cuales han sido gradualmente depositados en el ambiente. Granadillo (1993) expresó que los altos niveles de metales tóxicos no biodegradables, encontrados en sectores urbanos, es el resultado de una actividad antropogénica indiscriminada. Para un mejor entendimiento de la magnitud del problema del plomo, a continuación se examina su uso en varias etapas de la historia.

En la Antigüedad, el plomo era común y probablemente fue usado primero con propósitos cosméticos y para hacer adornos (Aitcheson, 1960). Waldron y Stafen (1974) encontraron evidencia escrita y arqueológica de que el plomo tuvo un amplio uso durante

las civilizaciones antiguas. Por ejemplo, los egipcios usaron el plomo en la elaboración de figuras humanas y animales, amuletos, plumadas para redes de pescar, zarcillos, platos y otros adornos. Estos autores también identificaron el uso especial del plomo como fondo para estatuillas de bronce.

La toxicidad del plomo fue conocida por los antiguos egipcios quienes lo usaron como veneno con propósitos homicidas. Inicialmente, los egipcios usaron el plomo para adornos o pintura, pero el procesamiento de mineral de plata protagonizó la primera producción industrial de significación (Green, 1985). En ese mismo trabajo, Green reportó que másivas cantidades de plomo fueron producidas por pequeños montos de plata (60 a 600 onzas de plata por tonelada de plomo), dejando a las sociedades antiguas con el enorme problema de la colocación de los desperdicios del metal.

Hay evidencia también del uso del plomo por los antiguos romanos. Una cápsula fue encontrada en un carguero romano hundido a 30 metros aguas afuera de Sardinia, en Italia (Holden, 1991). Esta cápsula, la cual se hundió entre 50 y 70 años A.C. contenía más de 1000 lingotes de plomo de 33 kilogramos cada uno, los cuales estaban destinados para ser usados para la fabricación de tubos de agua y otras extravagancias de la ingeniería civil romana. Los investigadores concluyeron que, después de siglos de decaimiento radioactivo, los lingotes estaban casi totalmente libres de plomo 210, un isótopo radioactivo que es un inevitable contaminante en la refinación actual del plomo (Holden, op.cit.).

No solamente los romanos y egipcios usaron el plomo sino que también lo hicieron los antiguos griegos. Geólogos franceses han descubierto que la nieve que cayó durante el tiempo de la dominación griega, contenía una inesperadamente alta concentración de plomo (Emsley, 1994). El monto de plomo precipitado de la atmósfera entre el año 500 A.C. y el 300 D.C. representó un 15% de la contaminación causada en este siglo por la gasolina. De acuerdo

con Emsley (op.cit.), un total de 400 toneladas de plomo alcanzaron a Groenlandia durante las antiguas civilizaciones griega y romana.

La tecnología griega y romana se hizo excesivamente dependiente del plomo, pero la exposición no estaba limitada a la plomería y a la pintura. Fue una práctica corriente la preparación de comidas y bebidas alcohólicas en recipientes bordeados con plomo; su uso como medicina y hasta como ingrediente en la cocina (Green, op.cit.; Weeden, 1984). Estas prácticas han promovido la teoría de que la caída del Imperio Romano en gran medida fue un resultado del envenenamiento endémico con plomo (Gilfillan, 1965).

En las culturas mediterráneas, el plomo fue usado en la construcción, para estilizar tarjetas de presentación y para acuñar monedas. En las antiguas civilizaciones de la India, el plomo fue utilizado para hacer amuletos y pesas para los telares. Hay evidencias de su uso en China y en México pre-colombino (Waldron and Stofen, op.cit.). Nriagu (1983) explicó que en un intervalo de 3500 años, en los cuales se asume razonablemente que el plomo podría haber estado presente, no se llevó un record coherente y continuo de salud pública. En su lugar, por siglos, sólo hubo registros intermitentes de envenenamientos atribuidos a su extendido uso.

En la Era medieval, el plomo fue usado con o sin intención en bebidas alcohólicas. La exposición ocupacional entre pintores, artistas y mineros, también fue común. En 1617, Francois Citois describió el “*Cólico de Poiton*” y epidemias similares fueron documentadas en Alemania, Moravia y Silesia durante el siglo IX (Green, op.cit.). Es creído que esto es el resultado de la minería del plomo que produjo envenenamiento agudo en las personas. Más tarde, en las Indias Occidentales y en las Américas, la presencia del plomo fue debida principalmente a la destilación de ron con gusanos contaminados y el uso de vasijas de barro esmaltadas.

En la Era Moderna, datada a partir de 1700, la presencia de

vinos contaminados con plomo fue común. Sin embargo, ésta no fue la única fuente de exposición al plomo. El metal fue también usado en la preparación de utensilios de cocina, toilet y polvos de baño, plomería, juguetes y hasta en protectores de mamilas para niños (Green, op.cit.). En los siglos XVIII y XIX fueron reportados casos de una enfermedad conocida como “*Gota Saturnina*”, la cual se cree fue causada por envenenamiento con plomo. Esto es un indicativo de que el plomo fue un peligro bastante común para la salud (Mushak, 1992).

En América Colonial (Browder et al, 1973), fue común la *pica* de arcilla entre los esclavos africanos. La enfermedad conocida como “*Cachexia Africana*”, referida a una lentitud extrema, gran edema, palidez y sangre acuosa de los ingestores de arcilla, se caracterizó por un alto grado de anemia debido a deficiencias de hierro severas, un efecto del envenenamiento con plomo sobre la salud.

En Tiempos más Recientes, el desarrollo de procesos industriales usando plomo ha sido extraordinario y, a pesar de las evidencias de envenenamientos, todavía está siendo usado en el ámbito mundial. En los Estados Unidos es utilizado mayormente para hacer baterías, óxidos para baterías y alcaloides. La mayoría de los otros países usan gasolina con aditivos de plomo y pinturas con base de plomo (Waldron y Stofen, op.cit.; Page and Chang, 1993; Schalscha et al, 1987).

El uso del plomo se ha incrementado considerablemente en este siglo y continúa haciéndolo. Es importante valorar el efecto que esta desproporcionada movilización del metal está teniendo en sus niveles ambientales. A pesar de las medidas tomadas para evitar o controlar la polución con plomo en países tales como los Estado Unidos, Japón, Gran Bretaña, la antigua Unión Soviética y muchos otros, él todavía es encontrado en peligrosas concentraciones en esos lugares.

Los seres humanos siempre han estado expuestos al plomo, pero los records de envenenamiento se han incrementado sustancialmente en décadas recientes como un producto de la industrialización. En este sentido, Browder et al (op.cit.) reportó que un estimado de 700.000 toneladas de plomo fueron añadidas al ambiente apenas en un sólo año, 1960. En consecuencia, hay la necesidad de reducir significativamente el monto del contaminante en el ambiente y controlar la exposición de los seres humanos a su toxicidad.

La contaminación del ambiente es perversa en las sociedades industrializadas. Por ejemplo, las cargas corporales de plomo en los americanos modernos, son más de 1000 veces mayores que aquellas prevalecientes en los indios americanos de la era pre-industrial (Schwartz and Levin, 1990). Otros estudios han reportado que el número estimado de niños que sufren envenenamiento con plomo hace de ésta una de las enfermedades más comunes de la infancia (Falk, 1989).

El plomo atmosférico puede originarse de un sinnúmero de fuentes, incluyendo hornos o fundidores de plomo, quemado de carbón, refinación de chatarra de plomo, quema de materiales que contienen plomo, recirculación del metal en los suelos por los vientos y, también, de los alcaloides de plomo en la gasolina (Ash and Lee, 1980; Waldron and Stofen, op.cit.)

Varios investigadores han encontrado que aunque el aerosol de plomo es disperso, el ambiente circundante puede incluir fuentes de contaminación tales como: pinturas con plomo, esmaltes en alfarería, cerámicas, vasos, metales para impresión, soldaduras, cables, baterías, materiales de construcción, alimentos o bebidas, envases, los cuales pueden producir casos de envenenamiento (Body et al, 1988; Stubbs, 1972; Nordensen, 1978; Baker et al, 1979; Mc Michael and Johnson, 1982).

SIGNIFICACIÓN DEL USO DE GASOLINA CON PLOMO

El consumo total de aditivos de plomo en el mundo se ha ido incrementando año tras año, excepto, por supuesto, en aquellos países donde la gasolina no los contiene debido a regulaciones. Sin embargo, por ser el plomo un elemento no bio-degradable, persiste en el ambiente aún cuando haya sido removido de la gasolina. Esto significa que el plomo derivado del gasto de combustible en los autos, ha contaminado suelos adyacentes a las vías, constituyendo un peligro potencial para la salud humana.

Muchos estudios han examinado el problema del consumo de gasolina plomizada como una causa de envenenamiento. Para los propósitos de esta investigación es necesario entender los alcances de este problema, tomando en cuenta que la mayoría de los países latinoamericanos continúan usando aditivos de plomo en la gasolina.

Investigaciones recientes han determinado en qué magnitud el desarrollo del transporte automotor ha modificado los niveles de plomo en la atmósfera terrestre. Lubinsky et al (1994) encontraron que la concentración estable de plomo en Groenlandia, como una consecuencia de la revolución Industrial, se incrementó rápidamente en 40 años por la introducción de sus componentes orgánicos como añadidos antidetonantes en la gasolina. Resultados similares fueron conseguidos por Lippman (1990) quien analizó el contenido de este metal en la capa de hielo de Groenlandia.

El uso de componente orgánicos de plomo en los productos para la gasolina, tales como el *tetraetilo* y el *tetrametilo*, incrementa el rango de octanaje para todos los grados de gasolina en la manera más económica para la industria petrolera. La mayor parte del plomo es descargado a través del escape de los productos gaseosos de la combustión, dispersando sus partículas en el suelo, drenajes y aire.

Por lo tanto, el combustible con plomo ha sido una fuente predominante de contaminación para el ambiente y para los seres humanos.

Davies and Ballinger (1990) notaron que la contaminación del ambiente aledaño a las calles ha sido reportada por tantos autores y en tantos países, que ella debe ser considerada como una consecuencia del uso extensivo de la gasolina con plomo. Con respecto a este hecho, Getz et al (1977) demostraron que en áreas urbanas las concentraciones de plomo en los suelos declinan en los primeros 5 metros a partir de una casa hacia fuera, incrementándose desde allí hacia la calle adyacente. Estas concentraciones parecen estar relacionadas con el volumen de tráfico en calles y vías cercanas.

Mc Kee (1970) precisó que las partículas pequeñas de plomo han sido factores primordiales como contaminantes del aire, porque ellas permanecen suspendidas durante algún tiempo y pueden ser inhaladas fácilmente. Ciertos estudios han examinado las características de las partículas de plomo en condiciones operativas; uno de ellos es la técnica propuesta por Habibi (1970) para desarrollar un sistema de muestreo a través de un túnel y un filtro de partículas de plomo.

La gasolina con plomo hace una contribución sustancial a los niveles del metal en sucio y polvo (Caprio et al, 1974). Su reducción en el combustible y su remoción de la pintura en áreas residenciales son primariamente responsables de la declinación del average en los niveles de plomo en sangre en los niños en los Estados Unidos (Madhavan et al, 1989).

El uso de gasolina con plomo ha declinado en los Estados Unidos desde 1970 y la misma tendencia es observada en otros países, disminuyendo el peligro de su suspensión en el aire. Sin embargo, su acumulación en los suelos ha producido elevadas concentraciones en las calles y polvo de las viviendas (Annest et al,

1983; Wixon and Davies, 1994). Estas elevadas concentraciones fueron observadas en vegetación cercana a las calles, tal y como lo hizo Chow (1970) en Maryland y Purves (1985) en los alrededores de grandes autopistas norteamericanas.

Un ejemplo de la magnitud de la concentración de plomo en los Estados Unidos por el uso de la gasolina con sus aditivos fue dado por Huntzicker et al (1975) utilizando mediciones obtenidas en la cuenca de los Angeles en 1972. El flujo de plomo emitido por automóviles en esta cuenca ha sido estimado en 24 toneladas métricas por día. De éstas, cerca de 18 toneladas por día fueron descargadas en la atmósfera y 6 toneladas/día fueron retenidas en los carros.

Body et al (op.cit.) hizo referencia a una serie de estudios realizados en varios lugares del mundo tales como California, Dinamarca, Manchester, Newark, Sidney, Tokio y El Reino Unido, donde la combustión automovilística fue el principal contribuyente de los elevados niveles de plomo en la sangre del niño urbano. Esto también fue investigado por Lepow et al (1975) quienes observaron que el plomo proveniente del escape de los vehículos tenía potencial no sólo para causar altos niveles en la sangre de los seres humanos sino también para mantener estos niveles.

Rosner y Markowitz (1985) también demostraron que la gasolina con plomo causa elevadas concentraciones metálicas en la sangre. Ellos encontraron que la pregonada seguridad de la industria de la gasolina con plomo fue descalificada por un horrible desastre ocurrido en los laboratorios experimentales de la Standard Oil Company en Nueva Jersey, entre el 26 y el 30 de Octubre de 1924. De 49 trabajadores de la planta procesadora de tetraetilo de plomo, más del 80% murieron o fueron severamente envenenados, aunque éste no ha sido el único accidente producido por la exposición a los aditivos de plomo. Purves (op.cit.) reportó una serie de muertes

y envenenamiento severo entre empleados de compañías productoras de plomo en Bayway, Nueva Jersey, Dayton, Ohio y Delaware, en los Estados Unidos.

Tal es el poder contaminante del plomo que Nassaum (1991), quien escribió sobre el programa de erradicación de la gasolina con plomo en los Estados Unidos, aseguró que el plomo es tóxico no solamente para las personas sino también para los convertidores catalíticos, los cuales son usados en vehículos para reducir las emisiones de contaminantes convencionales como el monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno. Por ejemplo, la ciudad de México tiene el problema de autoescape más grave del mundo y, a pesar de que la mayoría de los carros en esta ciudad funcionan con gasolina sin plomo, ellos no pueden usar convertidores catalíticos ni otros controles de polución (Beard, 1993).

Muchas investigaciones han establecido correlación entre concentraciones crecientes de plomo en suelos de las calles y la densidad de tráfico de vehículos. Estos suelos contaminados pueden contribuir significativamente a elevar los niveles de plomo en la sangre de los niños (Mmari et al, 1991). Investigaciones hechas en Minneapolis, USA, mostraron que los niveles de plomo tienen relación directa con los patrones de tráfico en los vecindarios; esto es que donde el tráfico es ligero, los niveles de plomo son bajos, mientras que donde el tráfico es pesado, los niveles son altos (Mielke et al, 1983).

La relación entre patrones de tráfico y concentraciones de plomo fue demostrada por Lau y Wong (1982). Stephens (1980) también afirmó que niveles de plomo en suelos urbanos cercanos a tráfico pesado, pueden ser similares a aquellos encontrados adyacentes a un horno de fundición, creando áreas de alto riesgo para las personas. Niveles de plomo elevados, asociados con emisiones automovilísticas, fueron encontrados en países asiáticos tales como Corea, China, Tailandia, Sri-Lanka e Indonesia (Mukai et al, 1993), así como también en Nairobi (Mmari et al, op.cit.).

Algunas investigaciones han sido hechas en Venezuela sobre este tópico: Medina y Urdaneta (1993) reportaron que en Maracaibo, la segunda ciudad más grande del país, la alta concentración de plomo en el área norte de la ciudad es causada principalmente por el tráfico pesado. Burguera y Rondón (1988) investigaron el contenido de plomo de los suelos a lo largo de las calles de Mérida, la cual es una de las ciudades más importantes de Los Andes venezolanos. Ellos notaron que donde el volumen del tráfico automotor fue menor de 5000 vehículos por día, casi no fueron observadas acumulaciones significativas de plomo, pero donde el volumen fue mayor de 10000 vehículos por día, los niveles se incrementaron considerablemente.

Newsome et al (1997) observaron el comportamiento de la variable densidad de tráfico y su correlación con concentraciones de plomo en la ciudad de Trujillo, Venezuela, reportando que respecto a dos puntos muestrales, a los cuales se realizaron conteos de tráfico, los niveles de plomo en los suelos de las calles fueron mayores en aquellas áreas cercanas al punto muestral de mayor volumen de tráfico automotor. Aranguren (1996) ya había observado este patrón espacial de distribución de la contaminación con plomo en la misma ciudad de Trujillo, destacando el hecho de que como consecuencia de las emisiones automovilísticas, los suelos frente a las casas presentaban significativamente mayores contenidos de plomo que los suelos de los solares, patrón espacial que se repetía en las áreas cercanas a las paradas de autobuses.

EL PLOMO EN LOS SUELOS

Los metales pesados en los suelos han recibido creciente atención en años recientes, particularmente porque la conciencia acerca de los asuntos ambientales se ha incrementado en los niveles científico y público, sobre todo debido al desarrollo de técnicas analíticas para medir su concentración de manera precisa. Alloway (1990) observó que los suelos en áreas industriales y urbanas contienen anómalas concentraciones de metales pesados,

incluyendo plomo, el cual puede potencialmente acumularse en el cuerpo humano y causar envenenamiento. El plomo y sus tóxicos componentes tienden a acumularse en suelos y sedimentos donde, debido a su baja solubilidad, son fácilmente accesibles a la cadena alimenticia y al metabolismo humano (Davies, op.cit.).

El interés sobre el plomo en los suelos radica en su potencial contribución a la cantidad global que un niño podría ingerir. Page and Chang (op.cit.) acordaron que la concentración básica de plomo en los suelos es aproximadamente 15 mg/kg, nivel que no es considerado perjudicial. Sin embargo, debido a una larga historia de uso extensivo por parte de los seres humanos, las concentraciones de plomo en los suelos superficiales, especialmente en áreas urbanas, a menudo están con un exceso de 1000 mg/kg.

En razón de muchos años de emisiones producto de la gasolina con plomo, los niveles del metal acumulado en suelos son ahora más elevados en la mayoría de las ciudades. Los suelos también son contaminados por pintura con base de plomo y por otras razones, como por ejemplo la minería de metales, la cual puede causar una gran variedad de problemas de contaminación, incluyendo la deposición de sedimentos que contienen altas concentraciones de metales pesados en suelos aluviales (Pierzynski and Schwab, 1993; Dedolph et al, 1970).

Aunque el plomo ya no es usado en algunos países como aditivo en la gasolina de los vehículos de motor o como un ingrediente en las pinturas para las viviendas, la herencia de los suelos contaminados puede ser perpetua. Page and Chang (op.cit.) encontraron que en los sectores más antiguos de las áreas metropolitanas, las concentraciones de plomo en las capas más superiores de los suelos, a menudo alcanzan de 1 a 5000 mg/kg, porque el plomo depositado en el suelo superficial permanece hasta que es físicamente removido por la erosión, la acción antrópica o por procedimientos de abatimiento.

Otros investigadores han demostrado que el monto de plomo y otros metales que pueden ser retenidos en cualquier suelo está fuertemente influenciado por su pH. Por ejemplo, la retención de plomo se incrementó rápida y linealmente sobre un pH 5.0 (Harter, 1983; Basta and Tabatai, 1990). Concluyeron que la toxicidad del plomo en las plantas varía también con el pH ya que mientras más alcalino, más tóxico es el plomo a bajas concentraciones.

Brinkmann (1994 b) estudió el transporte de plomo en suelos, encontrando que este metal es usualmente transportado en la superficie terrestre más por medios físicos que por medios químicos. Lessler (1988) observó que el plomo permanece relativamente estable en el suelo, mientras su concentración se incrementa con el tiempo.

La migración del plomo en los suelos ha sido claramente precisada, no sólo en los suelos urbanos sino también en suelos forestales. En un estudio realizado en el nordeste de los Estados Unidos, Miller y Friedland (1994) notaron que la gran cantidad de plomo antropogénico depositado entre los años 50's y 80's, está siendo redistribuido en el perfil del suelo más que siendo retenido en el horizonte orgánico. Esto significa que el plomo depositado después de 1960 puede comenzar a ser liberado aguas arriba de los arroyos. Swaine y Mitchell (1960) estudiaron la distribución de los metales pesados en perfiles de suelos de Escocia y determinaron que su contenido está principalmente relacionado con el material parental, observando una creciente movilización en condiciones de drenaje restringido.

Por otra parte, investigaciones han mostrado una estrecha relación entre el contenido de los suelos y la edad de los vecindarios. Brinkmann (1994 a) observó esta relación en suelos cercanos a viviendas localizadas en zonas residenciales seleccionadas en Tampa, Florida, USA. El reportó que las zonas más riesgosas son aquellas ubicadas en el casco de la ciudad, el cual comprende los

vecindarios más antiguos, desarrollados antes de 1953. Un fenómeno similar fue observado en el Condado de Milwaukee, en Wisconsin, aunque niveles de plomo nocivos están también presentes en el borde suburbano (Brinkmann, 1994 b).

De la misma forma, Mandhavan et al (1989) notaron que los niveles de plomo en suelos son mayores en el casco central y cerca de las vías en Baltimore, Maryland. También los jardines frontales de las casas mirando hacia las calles tenían niveles de contaminación más elevados que en los patios traseros.

Emisiones industriales y automotoras han sido determinadas como responsables por el incremento del plomo en suelos urbanos. Solomon y Hartford (1976) mostraron que el contenido de plomo en suelos de vías de primer orden es muchas veces mayor que los valores residenciales normales, debido a un mayor tráfico de vehículos. Otros han demostrado que el contenido de plomo tiende a incrementarse con el volumen de tráfico y a decrecer con la distancia de la vía (Motto et al, 1979; Bove and Siebenberg, 1970; Hafen, 1992; Zinmdahl and Skogerboe, 1977).

Investigaciones en Europa y los Estados Unidos (Gallacher et al, 1984) han considerado la posibilidad de que suelo o polvo contaminado, ingerido directa o indirectamente como un resultado de una actividad "mano a la boca", puede representar una importante forma de ingestión de plomo durante la infancia temprana. Esto indica que el suelo debe ser considerado como una de las principales vías de contaminación para las personas expuestas. Las fuentes de plomo también incluyen pintura interior y exterior deterioradas. Este es el caso de los elevados niveles de contaminación de suelos encontrados en muestras recogidas en jardines de Yanbu, Saudi Arabia (University of Bradford, 1989) y Aspen, USA (Boon and Soltanpour, 1992).

Muchos trabajos han sido realizados para determinar niveles

de plomo máximos en los suelos, en busca de un nivel permisible que controle los riesgos de polución y de envenenamiento. Para los investigadores y reguladores ha sido difícil acordar un nivel standard de seguridad porque, como lo señalaron Page y Chang (op.cit.), el envenenamiento depende de muchos factores tales como el monto de suelo ingerido, la duración de la ingestión, la magnitud del factor de exposición y el origen de la contaminación.

Sin embargo, niveles promedio o “aceptables” han sido propuestos, basados en la relación dosis-respuesta de plomo en el suelo y plomo en la sangre de los niños. El Centro para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos (Centers for Disease Control, 1985) ha sugerido que los niveles de plomo en el suelo no deben exceder de 500 a 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Mandhavan (op.cit.) adoptó la sugerencia del CDC añadiendo ciertos rangos de acuerdo con la edad y el nivel de plomo en sangre de los niños. Sin embargo, Wixson y Davies (op.cit.) enfatizaron que es necesario llegar a un acuerdo sobre valores referenciales en suelos y polvos urbanos, los cuales deberían permitir distinguir entre, por ejemplo, un área industrial y un área escolar de juegos infantiles.

EXPOSICIÓN HUMANA AL PLOMO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD

Cuando el plomo es liberado en el ambiente tiene un largo tiempo de permanencia, comparado con la mayoría de otros contaminantes. El plomo es venenoso para los seres humanos y hay temor de que las cargas sanguíneas del metal, por debajo de aquellas con las cuales síntomas clínicos de toxicidad aparecen, puedan causar deterioro mental en los niños más pequeños (Davies, 1990).

El envenenamiento con plomo comúnmente ha sido asociado con áreas de grandes ciudades donde las viviendas se encuentran

deterioradas, pero muchos estudios han demostrado que niveles elevados en la sangre son también comunes en ciudades pequeñas (Ter Haar and Aronow, 1974; Solomon and Hartford, op.cit.). Esto es debido probablemente a las emisiones de automóviles, pintura con plomo y soldadura (Body et al, op.cit.; Browder et al, op.cit.)

En países tales como Venezuela, la gasolina y pintura con plomo, son las mayores fuentes de polución con el metal en suelos contiguos a las calles, casas, parques infantiles, escuelas y otros lugares públicos. La contaminación afecta a los niños pequeños, quienes gastan mucho de su tiempo jugando en los patios y pisos de sus casas y frecuentemente ponen sus dedos sucios en sus bocas.

Algunos niños pueden chupar y comer suelo y polvo de manera obsesiva. La transferencia mano-a-boca de basura y de objetos no considerados como alimentos es reconocida ahora como un significativo vector por el cual los niños ingieren plomo (Wixson and Davies, op.cit.; Dugan and Williams, 1977, Browder, op.cit.) Este hábito compulsivo es conocido como "*pica* " y está indudablemente relacionado con el plomo en la sangre de algunos niños (Stark et al, 1982).

En los niños, los miligramos de plomo extra que causan envenenamiento son, en la mayoría de los casos, debido a la ingestión de hojuelas de pintura, las cuales pueden contener fácilmente 1000 µg/g (Browder, op.cit.) Para infantes y bebés, el plomo se convierte en una neurotoxina hasta cuando la dosis de exposición es relativamente baja y la duración de la exposición es corta. Algunos de los efectos neurotóxicos son irreversibles, incluso cuando los síntomas de envenenamiento son corregidos clínicamente (Page and Chang, op.cit.).

El nivel máximo aceptable de plomo en la sangre de los niños ha sido disminuido tres veces desde 1971 en los Estados Unidos.

En el presente, el nivel de plomo en sangre de los niños, desde 6 meses hasta 5 años de edad en ese país, es de 16 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (microgramos de plomo por decilitro de sangre) y lo que se ha definido en los últimos años como un “nivel elevado” es aproximadamente 25 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Centers for Disease Control, op.cit.). El énfasis ha sido puesto en los niños porque el plomo es mucho más tóxico para los jóvenes ya que ellos absorben y retienen más el plomo ingerido que los adultos.

Hasta en adultos, el envenenamiento con plomo ocurre más pronto y más frecuentemente en los trabajadores menores de 20 años que en aquellos sobre los 40 y también ocurre en los grupos de menor edad a más bajas concentraciones del metal y, a menudo, después de una exposición relativamente breve (Barltrop, 1969). Por ejemplo, los niños que viven cerca de un horno de fundición tienen un riesgo más grande de exposición al plomo que los adultos que viven en la misma área (Roberts et al, 1974).

Entre 1975 y 1980, 1.5 millones de niños en los Estados Unidos tuvieron niveles de plomo en la sangre mayores de 24 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Para 1988, fue estimado que 12 millones de niños menores de 7 años estaban expuestos a niveles de plomo potencialmente tóxicos (Amitai, 1991). Investigaciones posteriores concluyeron que cada año la ingestión o inhalación de plomo amenaza cerca de 400.000 niños, causa daños en el sistema nervioso central o retardo mental en 6000 de ellos y produce la muerte en otros 300 o 400 (Martin, 1991: Newfield, op.cit.).

El envenenamiento en los niños puede producir disturbios gastrointestinales, manifestados en pérdida del apetito, náuseas, vómito y diarrea, pero la preocupación principal es en el sistema nervioso central. Síntomas tales como desórdenes convulsivos o epilepsia, delirio, manía y alucinaciones, usualmente ocurren como un resultado de envenenamiento agudo (Browder, op.cit., Mahaffei, op.cit.; Lippman, op.cit.).

Otros estudios clínicos mencionan problemás adicionales en la salud tales como: desarrollo anormal de los glóbulos rojos, osteoporosis, deficiencia renal, complicaciones cardiovasculares, anemia, daño en el sistema nervioso periférico y deterioro neuropsicológico (Landrigan and Curran, op.cit.; Joyce, op.cit.; Silbergeld, op.cit.).

El envenenamiento en los adultos es también significativo. Sus posibles efectos son: insuficiencia renal, insomnio, inestabilidad emocional, hiperactividad, psicosis tóxica, alta presión arterial, anorexia, disfuncionamiento del tracto gastrointestinal, náuseas, vómito, dolores abdominales. Hunter (1969) reportó que la encefalopatía es una dramática y seria consecuencia del envenenamiento con plomo. El plomo puede originar otras enfermedades tales como defectos en el corazón, (Myerson and Eisenhower, 1963), nefritis saturnina, hipertensión y arteriosclerosis (Chilsom, 1962) y disfunción hepática (Zegarska and Zegarski, 1968).

LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL PLOMO EN VENEZUELA

En Venezuela, las investigaciones de los problemás del plomo han estado limitadas fundamentalmente a un pequeño número de personas e instituciones, tales como la Universidad de Los Andes, en Mérida, y la Universidad del Zulia, en Maracaibo. A pesar de que este tipo de estudios se ha incrementado en años recientes, ellos no han sido muy extendidos a escala nacional. Algunas de las razones por las cuales estas investigaciones han sido restringidas son las siguientes:

- Escasos antecedentes en la investigación sobre el plomo
- Datos no disponibles, tales como estadísticas médicas y conteos de volumen de tráfico en las ciudades.
- Falta de recursos cartográficos apropiados.

- Legislación imprecisa acerca de la contaminación con plomo.
- Ausencia de información detallada sobre suelos, vegetación, personas envenenadas y otros tipos de información básica física o sociodemográfica.
- Poca disponibilidad de equipos de campo para monitoreo de suelos, aguas, vegetación, etc.
- Uso de laboratorios muy limitado para la extracción del plomo y estudios analítico.
- Equipos de laboratorio restringidos para determinar concentraciones de plomo en sangre y orina, especialmente en Hospitales, otros centros asistenciales, Universidades y Centros de Investigación.
- Limitaciones impuestas por factores políticos e intereses económicos de la mayor industria del país, la petrolera.
- Dificultades y restricciones para publicar resultados de investigaciones.
- Ausencia de conocimiento público sobre la gravedad del problema y sus consecuencias.
- La contaminación y el envenenamiento con plomo aún no han sido considerados oficialmente como una amenaza para la salud pública, tal y como lo han sido en los Estados Unidos y otros países.

En años recientes, han sido publicados trabajos que muestran el alcance del problema del plomo en Venezuela. Ellos incluyen investigaciones sobre polución y toxicidad del plomo en algunas comunidades venezolanas. Algunos muestran la relación entre actividades de imprenta y envenenamiento con plomo. Por ejemplo, Burguera et al (1991) notaron que la duración de la exposición al plomo incrementa sus niveles en la sangre de los trabajadores de este sector.

Otros trabajos han estudiado la presencia de plomo en los cigarrillos venezolanos, mostrando que ellos contienen concentraciones metálicas similares a aquellas encontradas en

cigarrillos extranjeros (Alvarado y Cristiano, 1993). En una investigación reciente, Mogollón et al (1995) reportaron resultados sobre plomo y otros metales en fracciones mecánicas de suelos tropicales en un área de Venezuela, la cuenca del lago de Valencia, la cual ha sido particularmente afectada por la industrialización y el incremento de la población.

Barrios et al (1995) estudiaron la relación entre mercurio, plomo, vanadio y anencefalia. Ellos reportaron que las concentraciones de plomo encontradas en riñones e hígados de fetos anencefálicos fueron significativamente mayores que aquellas encontradas en fetos no-anencefálicos. Esto fue atribuido al bajo status socio-económico de mujeres preñadas de la costa oriental del Lago de Maracaibo, lo que las hizo más vulnerables a los metales tóxicos presentes en el contaminado ambiente alrededor de las industrias de petróleo.

Otro ejemplo de la importancia que los ambientes industriales tienen como fuente de polución con plomo en Venezuela, fue notado por Mogollón et al (1988). Ellos encontraron que incrementos en las descargas de desechos sólidos y líquidos causaron polución con metales pesados en suelos alrededor de la zona industrial de Guacara. Este problema también afectó los suelos y aguas alrededor del Lago de Valencia. Evidencia de esto ha sido encontrada por Bifano y Mogollón (1995) quienes estudiaron la concentración total de aluminio, hierro, manganeso, plomo, zinc, cobre, cadmio, plata y carbón orgánico, a lo largo de cuatro núcleos de sedimentos del Lago de Valencia.

Mogollón et al (1990) encontraron altos niveles de plomo y de otros metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. Esto es de un considerable riesgo para un gran número de personas porque la mayor parte del agua para consumo humano en Caracas, la ciudad más grande de Venezuela, proviene de la cuenca del Tuy. Granadillo et al (1990) observaron que concentraciones de plomo en sedimentos en áreas de institutos de pre-escolar en Maracaibo fueron de 40 y 46 $\mu\text{g/g}$ en 1984 y 1985.

Factores ambientales han sido considerados como los agentes más comunes para producir toxicidad con plomo en personas que no están expuestas, en sus lugares de trabajo (Granadillo, 1991; Granadillo y Romero, 1987). Concentraciones de plomo en la gasolina venezolana están entre 700 y 800 mg/L, dependiendo del octanaje. Este valor es siete u ocho veces más elevado que los niveles de plomo permitidos en Europa y USA (Granadillo et al, 1994; González et al, 1988).

Medina y Urdaneta (1993) estudiaron la relación entre tráfico y contaminación con plomo en la costa occidental del Lago de Maracaibo, observando que en áreas de tráfico automotor pesado, los niveles de plomo son mayores en los suelos y en cenizas presentes en plantas contiguas a la vía, así como también en los montes cercanos a las zonas urbanas. Burguera et al (1989), en un trabajo hecho en Mérida, observaron que hay una correlación entre plomo en líquenes y plomo en suelos con alto volumen de tráfico.

En países en desarrollo, incluyendo a Venezuela, el creciente número de vehículos de motor en grandes ciudades como Caracas, junto con el intensivo y continuo uso de gasolina con plomo, está contaminando severamente el ambiente citadino, especialmente los suelos cercanos a las calles (Castro, 1980). García-Miragaya (1984) detectó que los niveles de plomo y la química de los suelos en las calles de Caracas no habían sido analizados previamente. Él estudió los niveles y la solubilidad del plomo en suelos de áreas bastante traficadas de esta ciudad y consiguió concentraciones del metal que indican que Caracas está severamente contaminada por el plomo, en aquellos suelos asociados con tráfico pesado. Situaciones similares fueron observadas en Trujillo, una ciudad pequeña de Los Andes venezolanos, lo que indica que los patrones de distribución espacial de la contaminación pueden estar influidos por muchas variables (Aranguren, 1996; Newsome et al, 1997).

En otra investigación, Burguera et al (1988) determinaron que

el contenido de plomo en suelos aledaños a las calles decrece con la distancia del lado de la vía y con la profundidad de la muestra. Burguera et al (1987) también analizaron el contenido de plomo en el cabello de trabajadores de estaciones de servicio expuestos, el cual fue más elevado en cabellos oscuros, decreciendo con el incremento en claridad.

Arévalo et al (1992) describieron el metabolismo y toxicidad del plomo en mamíferos. Fernández y Romero (1994) notaron que, de acuerdo con expertos de la industria petrolera, el plomo en la gasolina venezolana ha declinado y los niveles de contaminación están por debajo de aquellos establecidos por las regulaciones internacionales. Sin embargo, el problema de erradicar el uso de la gasolina con plomo consiste en eliminar una serie de dificultades, entre las cuales la más importante es la económica.

CONCLUSIONES

Este trabajo proporciona suficientes elementos de juicio para considerar que la amenaza a la salud de la población, asociada con altos niveles de plomo en el ambiente son serias y demandan atención tanto del gobierno, como de los sectores médicos, investigadores, industria petrolera y de la población, en general. Ante la falta de un tratamiento eficaz para combatir la toxicidad del plomo, la prevención se afianza como el método más apropiado para evitar las afecciones físicas y mentales derivadas del envenenamiento.

La información documental y los programas educativos, particularmente en el ámbito de las comunidades, pueden contribuir a disminuir la amenaza silenciosa del plomo, a través de la acción directa, ya que el suelo y el polvo de las calles y hogares constituyen importantes fuentes de exposición para los niños. Esta acción directa puede incluir limpieza de partículas de las ventanas, umbrales de puertas, escaleras y patios, así como también el dar a los hijos

alimentos ricos en calcio y hierro, para contrarrestar la toxicidad del plomo.

Obviamente, eliminar el uso de la gasolina con aditivos del metal es la mejor manera para detener la liberación de las emisiones de plomo en el ambiente. El poner fuera de uso la gasolina con base de plomo en Venezuela es costoso, porque ello implica un cambio en los patrones de refinación del petróleo, una adaptación de los motores de los vehículos a las nuevas condiciones del combustible y el establecimiento de un conjunto de mecanismos para iniciar y controlar el proceso. Aunque ciertamente, este proceso ha sido reconocido como costoso, su implementación es necesaria, ya que la salud de las personas y del ambiente es mucho más importante y valiosa que cualquier consideración de índole económica.

La eliminación del metal en el combustible, proceso que se está iniciando en Venezuela, obviamente garantizará una mejor calidad de vida a los venezolanos, ya que el uso de gasolina sin plomo permitirá un mejor control de las emisiones del parque automotor al incorporar la tecnología catalítica. Este sistema hace que las emisiones producidas por la gasolina se conviertan en gases inertes al contacto con el ambiente, es decir, en elementos poco contaminantes (gas carbónico, nitrógeno y agua).

El uso de la gasolina sin plomo bajará los niveles de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno e hidrocarburos. Este proceso es necesario asumirlo con toda responsabilidad y absoluto control de las autoridades, ya que el tiempo de conversión a gasolina ecológica, de todo el parque automotor venezolano, se calcula entre 15 y 20 años, debido a que los modelos de vehículos del año 2000 vendrán con el convertidor catalítico, pero los anteriores continuarán utilizando el combustible tradicional, con aditivos de plomo.

Es necesario un ordenamiento legal que establezca un cronograma para el proceso correctivo de los vehículos que fueron

ensamblados previamente al año 2000. Igualmente, es importante destacar que la “gasolina verde”, la cual es de 95 octanos, no contiene el tetraetilo de plomo, aditivo utilizado en el país hasta los momentos. Este contaminante es sustituido por aditivos oxigenados como el MTBE y el TAME, que cumplen la misma función que tiene el plomo, es decir proporcionarle mayor fuerza al motor del vehículo.

Esta es una de las decisiones más relevantes que en materia ambiental y de salud pública, se toma en la Venezuela de fin de siglo. El gobierno venezolano debe tomar todas las previsiones para el cabal cumplimiento de la normativa que, al respecto, se establezca. Este cambio del patrón de consumo de gasolina en el país, debe estar acompañado de otras medidas complementarias de saneamiento ambiental, como las enunciadas al inicio de estas conclusiones y de otras, tales como el control oficial de emisiones automovilísticas cada cierto tiempo, remoción del parque automotor en pésimas condiciones de funcionamiento, medidas de precaución para los trabajadores expendedores de gasolina y, también, evaluación y control de otros productos industriales con base de plomo, altamente contaminantes del ambiente y nocivos para la salud.

REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS

AITCHESON, L. (1960). *A History of Metals*. London: Mac Donalds and Evans.

ALVARADO, J. and CRISTIANO, A. (1993). “Determination of cadmium, cobalt, iron, níquel, and lead in Venezuelan cigarettes by electrothermal Atomic Absorption Spectrometry”. En: *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 8: 253-259.

ALLOWAY, B.J. (1990). *Heavy metals in soils*, New York: John Wiley & Sons, Inc.

AMITAI, Y; BROWN, M.J.; GRAEFF, J.; COSGROVE, E. (1991). "Residential deleading effects on the blood lead levels of lead poisoned children", En: *Pediadrics*, 88, (5): 893-897.

ANNEST, J.L.; PIRKLE, J.; MAKUC, D.; NEESA, J.D.; BAYSE, D.; KOVAR, M.G. (1983). "Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980" En: *Journal of Medicine*, 308: 1373-1377.

ARANGUREN Z., F. (1996) *The spatial distribution of lead contamination in roadside soils in Trujillo City, Venezuela*. Máster's Thesis, University of South Florida, Department of Geography, Tampa, Florida, USA, 110 p.

AREVALO, E.; BURGUERA, J.L.; BURGUERA, M; PALACIOS, E. (1992). "El plomo en el organismo de mamíferos". En: *Revista de la Sociedad Venezolana de Química*, 15(1): 3-10.

ASH, C. P. and LEE, L. (1980). "Lead, cadmium, copper, and iron in earthworms from roadside sites " En: *Environmental Pollution*, 22: 59-67.

BARRIOS, L; TAHAN, J.; MARCANO, L.; GRANADILLO, V.A.; CUBILLÁN, H.; SÁNCHEZ, J.M.; RODRÍGUEZ, M.; GIL DE SALAZAR, F.; SALGADO, O.; ROMERO, R.A. (1995). "Factores socio-sanitarios de la anencefalia en la costa oriental del Lago de Maracaibo(Venezuela) y contaminación metálica". En: *Ciencia*, 3(1): 49-58.

BARLTROP, D. (1969). "Environmental lead and its pediatric significance". En: *Medical Journal*, 45-129.

BASTA, N. and TABATAI, M. (1990). "Ion chromatographic determination of total metals in soils". En: *American Journal of Soil Science Society*, 54: 1289-1297.

BEARD, J (1993). "A cleaner burn for Mexico's cars". En: *New Scientist*, 20: 21.

BIFANO, CI and Mogollón, J.L. (1995). "Metallic contaminant profiles in sediment cores from Lake Valencia, Venezuela". En: *Environmental Geochemistry and Health*, 17 (3): 113-118.

BODY, P.E.; DOLAN, P.R.; MULCAHY, D.E. (1991). "Environmental lead: a Review". En: *Critical Review in Environmental Control*, 20 (5): 299-310.

BOON, D. and SOLTANPOUR, P. (1992). "Lead, cadmium, and Zinc contamination of Aspen garden soils and vegetation". En: *Journal of Environmental Quality*, 21: 82-86.

BOVE, J and SIEBENBERG, St (1970). "Airborne lead and carbon monoxide at 45 th. Street, New York City". En: *Science*, 167: 986.

BRINKMANN, R (1994 a). "Lead pollution in soils adjacent to homes in Tampa, Florida". En: *Environmental Geochemistry and Health*, 16 (2): 59-66.

BRINKMANN, R (1994 b). "Lead pollution in soils in Milwaukee County, Wisconsin". En: *Environment, Science and Health*, A29 (5): 909-919.

BROWDER, A; JOSELOW, M.M.; LOURIA, D.B. (1973). "The problem of lead poisoning". En: *Medicine*, 52 (2): 121-139.

BURGUERA, J L.; BURGUERA, M; RONDÓN, C.; BURGUERA, J.A.; ALARCÓN, O.M. (1987). "Determination of lead in hair of exposed gas station workers and in unexposed adults by microwave-aided dissolution of samples and flow injection/atomic absorption spectrometry". En: *Journal of Trace Elements*, 1 (1): 21-26.

BURGUERA, J.L.; BURGUERA, M; BELANDRIA, M. (1989). "The amounts of lead in roadside soil and some lichen species and their correlation with motor vehicles traffic volume". En: *Heavy metals in the Environment*, 2: 460-463.

BURGUERA, J L; BURGUERA, M.; RONDÓN, C. (1988). "Lead in roadside soils of Merida City, Venezuela". En: *The Science of the total environment*, 77: 45-49.

BURGUERA, M; BURGUERA, J.L.; BRUNETTO, R.; MATERÁN, J.R.; ALARCÓN, O.M.; BURGUERA, J.A. (1991). "Lead concentration found in

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. **ISSN** 1316-6077.

whole human blood in association with printing press activities". En: *Heavy Metals in the Environment*, 1: 150-153.

CASTRO, S. (1980) *Química de los metales contaminantes Pb y Zn en suelos proximos a vias de tránsito automotriz de Caracas, Venezuela*. M.Sc. Thesis, Caracas: CEA, IVIC.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL (1985). *Preventing lead poisoning in young children*. US Department of Health and Human Services, Atlanta.

CHILSOLM, J. (1962). "Aminoaciduria as a manifestation of renal tubular injury in lead intoxication and a comparison with patterns of aminoaciduria seen in other disease". En: *Journal of Pediatrics*, 60: 1.

CHOW, J. and SAIHWA, T. (1970). "Lead accumulation in roadside soils and grass". En: *Nature*, 225: 295-296.

DAVIES, B.E. (1989). "Data handling and pattern recognition for metal contaminated soils". En: *Environmental geochemistry and health*, 11: 137-143.

DAVIES, B.E. and BALLINGER, R.C. (1990). "Heavy metals in soils in North Somerset, England, with special reference to contamination from base metal mining in the Mendrips". En: *Environmental Geochemistry and Health*, 12 (4): 291-300.

EMSLEY, J (1994). "Ancient world was poisoned by lead". En: *New Scientist*, 143: 14.

FALK, H. and ING, R. (1989). "The Centers for Disease Control Perspective on lead soil", En: *Env. Geochem. and Health*, 9: 55-65.

GALLACHER, J.E.; ELWOOD, P.C.; PHILLIPS, K.M., DAVIES, B.E.; JONES, D.T. (1984). "Relation between pica and blood lead in areas of differing lead exposure". En: *Arch. Dis. Child.*, 59: 40-44.

GARCIA-MIRAGAYA, J. (1984). "Levels, chemical fractionation, and solubility of lead in roadside soils of Caracas, Venezuela". En: *Journal of Soil Science*, 138 (2): 147-152.

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. **ISSN** 1316-6077.

GETZ, L.L. (1977). *Lead in the Environment*, Washington, D.C.: US Government, Printing Office.

GILFILLAN, S.C. (1965). "Lead poisoning and the fall of Rome". En: *Journal of Occupational Medicine*, 7: 53-60.

GONZALEZ, H.; FERNÁNDEZ, A.; ROMERO, A. (1988). "Niveles de plomo total sedimentado en los suelos de la ciudad de Maracaibo". En: *Ciencia*, 6: 63-75.

GRANADILLO, V; TAHAN, J.; ROMERO, R.A. (1994). *Plomo en materiales quimicos y ambientales evaluado por espectrometría de absorción atómica electrotérmica*. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, p. 1-69.

GRANADILLO, V (1993). *Concentraciones de plomo en sangre de la población de la ciudad de Maracaibo*. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, p.1-110.

GRANADILLO, V; ROMERO, R.A.; PAPPATERRA, J.; PIRELA, H.; CAPODICASA, M.; ALVARADO, M.; AGUILAR, Z.; CARRASQUERO, N.; PEÑA, J.; TORRES, A. (1990). "Niveles plumbicos en la población infantil de la ciudad de Maracaibo". En: *Archivos venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 53: 7-11.

GRANADILLO, V (1991). *Evaluación de las concentraciones de plomo en sangre de la población de la ciudad de Maracaibo y su relación ambiental*. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia, p. 1-125.

GRANADILLO, V. and ROMERO, R. (1987). "Correlaciones entre valores ambientales y sanguíneos de plomo en la ciudad de Maracaibo". En: *Acta Científica Venezolana*, 38: 193.

GREEN, D (1985). "The saturnine course: a history of lead poisoning". En: *Southern Medical Journal*, 78 (1): 48-50.

HAFEN, M (1992). *Analysis of lead in soils adjacent to I-275, in Tampa, Florida*. Máster's Thesis in Geography, University of South Florida, Tampa, p. 1-137.

HARTER, R (1983). "Effect of soil pH on adsorption of lead, copper, zinc, and nickel". En: *Journal of Soil Science*, 47: 47-51.

HOLDEN, C (1991). "Resurrected Lead". En: *Science*, 254: 192.

HUNTER, D. (1969). "The ancient metals". En: *The diseases of occupations*. London: University Press.

JOYCE, Ch (1990). "Lead poisoning lasts beyond childhood". En: *New Scientist*, 13:26..

LANDRIGAN, P. and CURRAN, A. (1992). "Lead, a ubiquitous hazard". En: *Environmental Research* 59: 279-280.

LAU, W. and WONG, H. (1982). "An ecological survey of lead contents in roadside dusts and soils in Hong Kong". En: *Environmental Research*, 28: 39-54.

LEPOW, M.; BRUCKMAN, L.; GILLETTE, M., MARKOWITZ, S.; ROBINO, R.; KAPISH, J. (1975). "Investigations into sources of lead in the environment of urban children". En *Environmental Research*, 10: 415-426.

LIPPMANN, M (1989). "Lead and human health: background and recent findings". En: *Environmental Research*, 51: 1-24.

LUBINSKI, L.; BOUTRON, C.; CANDELONE, JP, ADAMS, F. (1994). "Present century snow core record of organolead pollution in Greenland". En: *Environmental. Science & Technology*, 28 (8): 1467-1471.

MADHAVAN, Sh; ROSENMAN, K.; SHELATA, T. (1989). "*Lead in soil: recommended maximum permissible levels*". En: *Environmental Research*, 49: 136-142.

MAHAFFEY, K. (1983). "Sources of lead in the urban environment". En: *American Journal of Public Health*, 73 (12): 1357-1358.

MARTIN, D (1991). "Lead poisoning in children". En: *Journal of Environmental Health*, 1: 18-19.

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. **ISSN** 1316-6077.

MCKEE, H. (1970). "Characterization of particulate lead in vehicle exhaust: experimental techniques discussion". En: *Environmental Science and Technology*, 4 (3): 252-253.

MC MICHAEL, A. JOHNSON, H. (1982). "Long term mortality profile of heavily exposed lead smelter workers". En: *Journal of Occup. Medicine*, 24 (5).

MEDINA, B and URDANETA, H (1993). "Traffic and lead pollution on Lake Maracaibo's western coast". En: *Coastal Zone '93*. 1: 915-930.

MILLER, E and FRIEDLAND, A. (1994). "Lead migration in forest soils". En: *Environmental Science and Technology*, 28 (4): 662-669.

MMARI, J; WANDIGA, S.; NJENGA, G.; NYATEBE, J. (1991). "Lead contamination in street soils of Nairobi City and Mombasa Island, Kenya". En: *Bulletin of Environ. Contamination Toxicology*, 46: 782-789.

MOGOLLON, J.L.; GARCÍA, B., BIFANO, C. (1988). "Evaluacion de la contaminacion por metales en suelos de la zona de Guacara, Venezuela". En: *Acta Cientifica Venezolana*, 39: 432-437.

MOGOLLON, J.L.; RAMÍREZ, A.; GUILLÉN, R.; BIFANO, C. (1990). "Heavy metals and organic carbon in sediments from the Tuy River Basin, Venezuela". En: *Env. Geochem. and Health*, 12 (4): 277-287.

MOGOLLON, J.L., BIFANO, C. and DAVIES, B.E. (1995). "Distribution of metals in mechanical fractions of soil from a lake catchment in Venezuela". En: *Environmental Geochemistry and Health*, 17 (2): 103-111.

MOTTO, H; DAINES, R.; CHILKO, D.; MOTTO, C.K. (1970). "Lead in soils and plants: its relationship to traffic volume and proximity to highways". En: *Env. Sci. & Techn.*, 4 (3): 231-237.

MUKAI, H; FURUTA, N.; FUJILL, T.; AMBE, Y.; SAKAMOTO, K.; HASHIMOTO, Y.(1993). "Characterization of sources of lead in the urban air of Asia using ratios of stable lead isotopes". En: *Env. Science & Techn.*, 27 (7): 1347-1356.

MUSHAK, P. (1992). "Defining Lead as the premiere environmental health

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. ISSN 1316-6077.

issue for children in América". En: *Environmental Research*, 59: 281-309.

MYERSON, R. and EISENHOWER, J. (1963). "Atrio-ventricular conduction defects in lead poisoning". En: *American Journal of cardiology*, 11: 409.

NEWFIELD, J. (1971). "Let them eat lead". En: *The New York Times*, June 16.

NEWSOME, T.; ARANGUREN Z., F; Brinkmann, Robert (1997). "Lead contamination adjacent to roadways in Trujillo, Venezuela". En: *The Professional Geographer*, 49: 331-341.

PAGE, A.L. and CHANG, A. (1993). "Lead contaminated soils. Priorities for remediation". En: *Hazardous Waste & Hazardous Materials*, 10 (1): 1-2.

PURVES, D (1985). *Trace- element contamination of the environment*, Amsterdam: Elsevier.

PYERZINSKY, G and SCHWAB, P (1993). "Heavy metals in the environment". En *Journal of Environmental Quality*, 22: 247-254.

ROBERTS, T.; HUTCHINSON, T.; PACIAGE, J.; JERVIS, R.; VAN LOOM, J. (1974). "Lead contamination around secondary smelters. Estimation of dispersal and accumulation by humans". En *Science*, 186: 1120-1122.

ROMERO, R. (1994). "Aluminum, Vanadium, and Lead intoxication of uremic patients undergoing hemodialysis in Venezuela". En: *Transplantation Proceedings*, 26 (1): 330-332.

ROSNER, D and G. MARKOWITZ (1985). "A gift of God?: the public health controversy over leaded gasoline during the 1920's". En: *American Journal of Public Health*, 75 (4).

SCHALCHA, E.; MORALES, M.; PRATT, P. (1987). "Lead and Molybdenum in soils and forage near an atmospheric source". En: *J. of Env. Quality*, 16 (4): 313-315.

SCHWARTZ, J. and R, LEVIN (1990). "The risk of lead toxicity in homes with

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. ISSN 1316-6077.

lead paint hazard". En: *Env. Research*, 54: 1-7.

SILBERGELD, E et al (1988). "Lead and osteoporosis: mobilization of lead from bone in postmenopausal women". En: *Environmental Research*, 47: 79-94.

SILBERGELD, E (1990). "Implications of new data on lead toxicity for managing and preventing exposure ". En: *Environmental Health Perspectives*, 89: 49-54.

SOLOMON, R. and J. HARTFORD (1976). "Lead and cadmium in dusts and soils in a small urban community". En: *Environment, Science, and Technology*, 10 (8): 773-777.

STARK, A.D.; QUAH, R.F.; MEIGHS, J.W. (1982). "The relationship of environmental lead to blood lead levels in children". En: *Env. Research*, 27: 372-378.

STUBS, R. (1972). "Sources of lead in the environment". En: *Lead in the Environment*, Edited by Peter Happle, London, The institute of Petroleum.

SWAINE, D. and MITCHELL, R. (1960). "Trace-element distribution in soil profiles". En: *Journal of Soil Science*, 11 (2): 347-367.

TER HAR, G and ARONOW, R. (1974). "*New Environmental Health Perspectives*, 7:83-89.information on lead in dirt and dust as related to the childhood lead problem". En: University of Bradford (1989). *Metal Burdens in urban and industrial environments of Yambu, Saudi Arabia*. United Kingdom.

US CENTER FOR DISEASE CONTROL (1991). *Preventing lead poisoning in young children*. Department of Health and Human Services, USA.

WEDEEN, R.P. (1984). *The legacy of lead Carbondale*, I 11. Southern Illinois University Press.

WIXSON, B and DAVIES, B. (1994). "Guidelines lead in soil". En: *Env. Science Technology*, 28 (1): 26 A – 31 A..

ZEGARSKA, A. And ZEGARZKI, W. (1968). "The behavior of some enzymes

Freddy ARANGUREN. EL PLOMO EN EL MEDIO GEOGRAFICO: UNA AMENAZA SILENTE. p. 121-155
GEOENSEÑANZA. Vol.4-1999(1). Semestral. **Déposito Legal** pp.97-0009. **ISSN** 1316-6077.
in the liver in the curse of subacute experimental lead poisoning". *En: Acta
Med. Pol.*, 9: 119.
ZIMDAHL, R. and SKOGERBOE, R. (1977). "Behavior of lead in soil". *En:
Environmental Research and Technology*, 11 (13): 1202-1206.

Fecha Recibido: 1999/07/16
Fecha Aprobado: 1999/11/29