

**EXPOSICION INFANTIL AL PLOMO EN LA ZONA  
VECINA A UNA FUNDICION DE COBRE**

**Fernando Díaz-Barriga, Lilia Batres, Leticia Carrizales, Jesús Mejía y Jaqueline Calderón**

**Laboratorio de Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina,  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

**Correspondencia : Dr. Fernando Díaz-Barriga, Laboratorio de Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina, Avenida Venustiano Carranza No. 2405, 78210, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.**

# I. ANTECEDENTES

Para mejor comprensión del documento, los datos obtenidos durante la visita a la zona de estudio, se exponen en conjunto con los datos recabados a partir de otras fuentes informativas. El estudio completo incluyó el análisis de la contaminación por arsénico, cadmio y plomo; sin embargo, presentamos solo los datos de plomo.

Durante el trabajo se buscó seguir la metodología descrita por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) del Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos.

## 1. HISTORIA Y DESCRIPCION GENERAL

### 1.1. *Historia de las Fundiciones Establecidas en la Fracción de Morales ..*

La historia la zona industrial metalúrgica de Morales se inicia en 1890 cuando se construyó la primera fundición por parte de la Compañía Metalúrgica Mexicana<sup>1</sup>. Posteriormente, en 1923, la Compañía Minera ASARCO, S.A., adquiere la Planta e inicia operaciones en 1925 con el Departamento de Cobre y la Planta de Arsénico. Al año siguiente inicia el Departamento de Plomo, el cual cierra sus actividades en 1959 como consecuencia de la disminución de este metal. En 1965 se mexicaniza la Compañía con el 51 % de las acciones transformándose ésta en ASARCO Mexicana y en 1974 inicia actividades la Industrial Minera México (IMMSA), al incrementarse la participación mexicana con el 66 % de las acciones<sup>2</sup>. IMMSA en 1982 crece al inaugurar la Refinería Electrolítica de Zinc, en cuyas instalaciones también se encuentra un Fundición de Cadmio y una Planta productora de Acido Sulfúrico. En 1902 el gobernador informaba: "En dos meses, que terminaron el día 30 de julio, se fundieron en los hornos de la Compañía Metalúrgica Mexicana 140 mil toneladas de metal"<sup>3</sup>. Entonces la Compañía contaba con 1400 operarios<sup>3</sup>.

### 1.2. *Importancia Económica de la Zona Metalúrgica de Morales ..*

La zona industrial metalúrgica de la Fracción de Morales, por su productividad y variedad de productos, es una de las más grandes del país y probablemente de Latinoamérica. En ella se encuentran instaladas la Planta de Cobre y la Electrolítica de Zinc. La **Planta de Cobre** incluye la producción anual de 36,000 toneladas de cobre ampillado, 16,800 toneladas de plomo y 8,500 toneladas de arsénico, aunque por el momento labora al 50 %<sup>4</sup>. La **Electrolítica de Zinc** produce anualmente 90,000 toneladas de zinc, hasta 900 toneladas de cadmio y 140,000 toneladas de ácido sulfúrico<sup>2,4</sup>.

En San Luis Potosí, las plantas tienen una ocupación promedio de 850 trabajadores en la de zinc<sup>2</sup> y de 900 trabajadores en la de cobre<sup>4</sup>. A nivel nacional las plantas potosinas significan empleos indirectos para 16 mil personas ocupadas por los 182 proveedores que IMMSA tiene distribuidos en 17 entidades del país<sup>5</sup>.

### 1.3. *Descripción del Proceso de la Planta de Cobre ..*

Considerando que el presente documento tendrá como centro la exposición a plomo, hemos decidido detallar el proceso industrial de la planta de cobre. La refinería de zinc, si bien produce cadmio y genera ácido sulfúrico no tiene mayor relevancia para los puntos importantes del estudio. La planta de cobre recibe mineral de diferentes puntos de la República, por lo cual resulta difícil estimar con exactitud el contenido de los diferentes metales en su materia prima. Sin embargo, como promedio podemos decir que la materia prima tiene un 17 % de cobre, un 4 % de plomo y un 2.5 % de arsénico. El mineral se introduce en hornos de fundición, de donde se obtiene un

producto (mata cobriza), se generan residuos (gases y escoria) y se emiten polvos que después son recuperados para enviarlos a las casas de sacos. Estos polvos son recuperados y después son enviados a un tostador donde el arsénico y el antimonio se volatilizan y el plomo se precipita (calcinado). El arsénico y el antimonio se envían a las cocinas de arsénico crudo (cuartos de tabique donde los gases se enfrían) y el plomo se embarca para otras plantas.

## **2. DEMOGRAFIA, USOS DEL SUELO Y RECURSOS NATURALES**

### **2.1. Características de la Población mas Cercana ..**

La zona de estudio comprende a los sectores residenciales ubicados al norte, este y sur, en referencia a la chimenea principal de la fundición de cobre (mapa 1). Estos sectores urbanos están comprendidos en las Areas Geostadísticas Básicas (AGEBs) 158-A, 159-4, 141-4 y 161-1, del XI Censo General de Población y Vivienda, 1990<sup>6</sup>. Al este se localiza la Fracción de Morales, al norte y noreste el Sector de Pirules y la Unidad Habitacional FOVISSSTE (que se incluirán en este documento bajo la común denominación de Pirules). Las zonas de Morales y Pirules están pobladas por un conglomerado de nivel socioeconómico medio y bajo. Al sur-sureste, se localiza la colonia "Las Lomas", donde se ubica una población con nivel medio y alto. En Morales-Pirules habitan 8,800 personas de las cuales 4,500 son mujeres y 1,600 son niños menores de seis años<sup>6</sup>. En las Lomas habitan 6,200 personas, 3,500 son mujeres y 900 son niños menores de seis años<sup>6</sup>. Podemos concluir que, en la zona de influencia de las metalúrgicas, habitan 15,000 personas, de las cuales, 2,500 son niños menores de seis años.

### **2.2. Poblaciones de Alto Riesgo ..**

Las poblaciones de alto riesgo que han sido identificadas son los niños menores de seis años, las mujeres en edad fértil, y un pequeño grupo de familias cuyas vecindades se ubican a menos de 200 metros de la fundición.

### **2.3. Características Urbanas (vivienda y avenidas) ..**

En las Lomas y Morales más del 95 % de las viviendas tienen techo de losa de concreto, más del 90 % tienen paredes de tabique y más del 95 % tienen piso recubierto por algún material (por lo general cemento en Morales y mosaico en las Lomas)<sup>6</sup>. Estos datos hablan de una vivienda adecuada. No obstante, casi la mitad de las personas de una encuesta efectuada entre 76 personas de la zona de Morales nos indicó que entraba mucho polvo a su casa. La mayoría de las calles se encuentran pavimentadas, sin embargo, el 25 % de las 76 gentes que encuestamos afirmó vivir en calles sin pavimento. La pavimentación de numerosas calles se inició apenas en 1988. El 28 % de las personas encuestadas afirmó tener jardín cubierto por tierra y no por pasto. Las áreas de recreación son vastas y la mayoría tienen cubierta de cemento o de tierra. En un buen número de las áreas deportivas con cubierta de tierra, la tierra superficial contaminada fue removida y substituída con tierra limpia.

### **2.4. Actividades Humanas ..**

La principal actividad dentro del área de estudio (Morales-Pirules) es la industrial, precisamente representada por las empresas de IMMSA. Enseguida podemos apuntar la actividad comercial y la microempresa. Existen campos deportivos donde la afluencia es significativa solo los fines de semana. En el sector Lomas, únicamente apuntamos la actividad comercial a pequeña escala ya que casi toda el área está ocupada por residencias. En Lomas se cuenta con un hotel de lujo. Las actividades escolares son importantes en ambas áreas. Contabilizamos, al menos, una guardería, tres centros preescolares y tres primarias en la zona de Morales-Pirules; y al menos tres centros preescolares mas dos primarias grandes en la zona de las Lomas.

### **2.5. Usos del Suelo ..**

En el pasado (100 años atrás), Morales era un rancho cuyo crecimiento se vio impulsado como centro urbano al instalarse las metalúrgicas. Las Lomas tienen un pasado más reciente donde el uso de suelo siempre ha sido residencial. El crecimiento del sector Lomas es impresionante y como un indicativo tenemos que 40 % de sus habitantes no son originarios de San Luis Potosí. Morales-Pirules ha crecido sobre todo en Unidades Habitacionales. Aunque a un ritmo moderado, se espera que el crecimiento urbano continúe en ambas zonas. Al oeste de la fundición de cobre se encuentra una área recreacional denominada "Camino a la Presa" que precisamente lleva a la presa de San José. Los fines de semana es centro de reunión familiar. En dicho lugar se encuentra ubicada una primaria particular. Casi en los límites de la fundición de cobre pero fuera del sector Morales, se ubica un Hospital Particular y próximo a él se localiza una escuela universitaria, un asilo de ancianos y un modesto centro comercial donde se expenden alimentos.

## **2.6. Fuentes y Usos de Agua ..**

La fuente de agua más importante para San Luis Potosí es el acuífero de la ciudad, que abastece a más del 90 % del área urbana. El otro 10 % proviene de la Presa de San José, ubicada a poco más de un kilómetro en línea recta de la fundición de cobre. El agua de la presa de San José llega a una planta purificadora de la cual sale para ser distribuida en el sector poniente de la ciudad (que incluye a las Lomas y a Morales). En época de secas, el sector poniente es abastecido de pozos profundos. Es importante resaltar que a menos de 500 m de la chimenea principal de la planta de cobre se ubica un pozo profundo (con una profundidad aproximada de 400 m). El 94 % de las viviendas en Morales-Pirules tienen conexión con el drenaje municipal y el 90 % tienen agua entubada dentro de la residencia. No existe otra fuente de agua. En las Lomas la urbanización tiene mejores estadísticas y también la única fuente de agua es la red municipal.

## **2.7. Suelo ..**

El suelo en la zona tiene poca cubierta vegetal. De hecho, en época de vientos (febrero-abril) el suelo es fuente de polvo. En algunas zonas el suelo original ha sido reemplazado por arcilla no contaminada y en otras áreas se está instrumentando un programa de forestación.

## **2.8. Meteorología ..**

Con respecto a los vientos no existe un patrón definido de vientos predominantes ya que, durante la misma época, existen vientos predominantes en diversas direcciones. Sin embargo, resulta importante notar que en los meses fríos existe cierta tendencia de que los vientos se dirijan a la zona de Pirules-Morales. La temperatura promedio anual es de 24.4 °C con un promedio invernal de 14.6 °C. La precipitación acumulada para 1992 fue 490 mm.

## **2.9. Residuos Metalúrgicos ..**

Como producto de la actividad metalúrgica, diariamente se producen residuos metalúrgicos que son depositados al aire libre dentro del perímetro de la fundición de cobre. Estos residuos forman ahora una auténtica montaña que rodea las instalaciones de la Planta. Aunque el material está conformado en su mayoría por partículas de tamaño grande, en algunas zonas se puede apreciar material fino. El riesgo es que con el viento puedan transportarse a las zonas residenciales partículas finas que pudieran ser ricas en metales pesados.

# **3. ACCIONES PREVENTIVAS**

## **3.1. Confinación de Suelo Contaminado ..**

A partir de 1988 se ha venido dando la pavimentación de las principales calles del sector Morales-Pirules y la

reforestación de una amplia zona al norte de la fundición de cobre. Asimismo, en numerosas áreas deportivas se intercambi6 el suelo contaminado por tierra limpia. Iniciando 1994 se paviment6 el centro preescolar ubicado en la zona de mayor riesgo (Pirules).

## **II. PREOCUPACIONES DE LA COMUNIDAD**

Las preocupaciones de la comunidad se registraron con base a un cuestionario. En 6ste instrumento no se busc6 obtener datos sobre la exposici6n a los metales. Para tal objetivo se dise6n6 un segundo cuestionario que fue levantado entre padres de familia de los ni6os seleccionados para el monitoreo biol6gico.

### **1. ENCUESTA REALIZADA EN LA ZONA DE MORALES-PIRULES**

La encuesta se efectu6 entre 76 personas mayores de edad (un 75 % de los encuestados ten6a al momento de la encuesta entre 20 y 40 a6os de edad). El 74 % afirm6 haber tenido que cerrar sus ventanas para evitar la entrada de gas, una cuarta parte de este total indic6 que el gas raspa, una tercera parte se6al6 que el gas proven6a de IMMSA y un 13 % lo identific6 como ars6nico. Es notorio que el 63 % de 76 encuestados ha tenido que protegerse en su hogar ante la presencia s6bita de un gas que contamina el ambiente. La presencia de este molesto gas se siente sobre todo en 6pocas de viento, tal afirmaci6n fue declarada por el 22 % de los encuestados. Sin embargo, un 16 % se6al6 que diariamente se sienten las molestias y otro 21 % dijo que cada tercer d6a. Casi la mitad de los encuestados afirm6 haber padecido alguna enfermedad causada por la contaminaci6n. De ellos, 82 % se6al6 padecimientos de la garganta (v6as respiratorias) y 12 % se quej6 de molestias en los ojos. El 94 % de las personas que fueron interrogadas no tuvo duda en se6alar que IMMSA contamina. El 76 % correlacion6 contaminaci6n con olores, gases o sensaciones molestas en v6as respiratorias. Dos terceras partes solicitaron la reubicaci6n de las metal6rgicas y una tercera parte se opuso a ello pero pidi6 modificaciones a fin de evitar la contaminaci6n.

### **2. COMENTARIOS SOBRE LAS PREOCUPACIONES EN EL SECTOR LOMAS**

A trav6s de entrevistas con m6dicos particulares y por conclusiones obtenidas en las pl6ticas que nuestro grupo ha impartido en las Lomas, podemos determinar que la mayor preocupaci6n es la alta incidencia de asma que seg6n los padres de familia prevalece en la zona. En segundo lugar vendr6an las gripes prolongadas y las rinitis, en tercer t6rmino las alergias y por 6ltimo, los problemas reproductivos (abortos y malformaciones cong6nitas).

## **III. ANTECEDENTES DE CONTAMINACION**

Siguiendo las sugerencias de la Agencia para el Registro de las Enfermedades y el Control de las Sustancias

Tóxicas (ATSDR)<sup>7</sup>, los metales se cuantificaron en cada uno de los medios del ambiente; siendo éstos: aire, agua, suelo y polvo casero. El plomo se cuantificó mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Para aire el monitoreo fue de 24 horas empleando colectores de alto volumen. El suelo colectado fue superficial (primeros cinco cm de profundidad). El agua se tomó de grifo casero y el polvo se colectó dentro de las casas en las boquillas de las ventanas. Los resultados se presentan por medio ambiental.

## 1. AIRE

En la Tabla 1 puede apreciarse que los valores promedios para la época fría del semestre octubre-marzo fueron en todos los casos, más altos que los del semestre caliente que va de abril a septiembre. En algunos años la diferencia fue mínima pero en otros, como en 1991 para Morales, la diferencia fue superior a 3 veces. En la misma tabla se observa que Morales y Pirules tuvieron índices de plomo mayores al límite trimestral de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inclusive Morales en todos los años durante la época invernal rebasó tal límite y durante 1992 estuvo cercano a él aún en la época de lluvias y calor. En Morales desde 1990 y en Pirules durante 1992, se superó la recomendación anual de la Organización Mundial de la Salud (OMS) ( $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>8</sup>.

**TABLA 1. Promedios Semestrales de Plomo en Aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

AÑO	LOMAS 4a		MORALES		PIRULES	
	OCT-MARZO	ABRIL-SEP	OCT-MARZO	ABRIL-SEP	OCT-MARZO	ABRIL-SEP
88	—	0.36	—	0.40	—	—
89	0.72	0.27	1.73	—	—	—
90	0.67	0.63	1.65	0.90	—	—
91	0.44	0.37	3.20	0.89	—	1.08
92	0.49	0.38	1.79	1.40	1.99	1.35
93	0.61	—	3.65	—	—	—

**NORMA México (promedio trimestral) :  $1.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

Resultados del monitoreo de Industrial Minera México. Para las zonas de Lomas 4a y Morales, los resultados de 1988 se basan en 10 datos, el resto cuenta cuando menos con 15 datos. Para la zona de Pirules los cálculos se realizaron cuando menos con 10 datos. Recomendación OMS para Europa  $0.5 - 1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (promedio anual)<sup>8</sup>.

Resultados no mostrados en este documento y obtenidos en 1989 por la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) indican que en la zona Centro, zona de intenso tráfico vehicular, el límite ambiental de plomo no fue superado. Esto probaría que los automotores todavía no serían una fuente importante de este metal.

## 2. AGUA

El monitoreo de plomo inició en 1991 y en 33 muestras de grifo tomadas por toda la ciudad no se encontraron muestras con valores superiores a los  $10.0 \mu\text{g}/\text{L}$  que es el límite recomendado por la OMS<sup>9</sup>. En 1995 se repitió el estudio y el promedio obtenido fue de  $3.5 \mu\text{g}/\text{L}$  ( $n = 20$ ,  $\pm 1.53$ ); de nueva cuenta ninguna muestra superó el límite de la OMS.

## 3. SUELO

El nivel de riesgo mínimo para plomo en suelo ha sido calculado en 250 mg/kg para áreas frecuentadas por niños menores de cinco años<sup>10</sup>. Este límite fue superado en Morales-Pirules (Tabla 2). En esta misma Tabla se demuestra que no solo es importante la distancia a la fundición sino también, la ubicación geográfica de la zona. Así, a la misma distancia (ver mapa), la zona de los Pirules al NE presentó los máximos niveles de plomo (poco más de cuatro veces por arriba del límite de 250 mg/kg) y sus valores siguieron altos a 2.0 km de la fundición. Por su parte, la zona de Morales tuvo niveles considerables de plomo solo en una de las zonas muestreadas; en tanto, la zona de las Lomas presentó valores parecidos a la gufa ambiental.

**TABLA 2. Niveles de Plomo en Muestras de Suelo (mg/kg).**

	ZONA	distancia a la fundición de cobre (km)			
		0.65	1.3	1.95	2.6
NE	(Las Julias-Pirules-Piedras)	1185	770	301	137
E - SE	(Morales Centro-Campestre)		236	791	207 334
S	(Lomas-Universitaria)		289	260	228 225

Los resultados son promedio de tres muestras. Entre paréntesis se anotan algunas de las colonias más representativas de cada zona. Gufa ambiental : 250 mg/kg.

#### 4. POLVO CASERO

Los valores de plomo en muestras de polvo casero de la zona de Morales-Pirules resultaron ser superiores a los encontrados en suelo. Analizando 40 residencias de esta zona, se encontró un promedio de 1293.6  $\mu\text{g/g}$  ( $\pm$  976).

## IV. MONITOREO BIOLÓGICO

En la Tabla 3 puede apreciarse que alrededor de la Fundición de Cobre, la distribución de la exposición resultó diferente. Así, los niños del centro escolar Cervantes, ubicado en el sector Pirules (noreste), tuvieron mayores niveles de plomo que los niños del centro escolar Metalúrgicos (Morales Centro) o que niños del sector Lomas (sur). Notemos que los niños del sector Lomas representan a un estrato socioeconómico superior a los otros dos grupos.

También en la Tabla 3 llama la atención que el 100 % de los niños del Cervantes rebasaron el nivel de intervención de 10  $\mu\text{g/dl}$ , en tanto, solo el 20 % de los niños de las Lomas rebasaron dicho límite. Asimismo, mientras en el Cervantes uno de cada cinco niños superaron los 20  $\mu\text{g/dl}$ , en Metalúrgicos o en el sector Lomas, no se encontró ningún caso con niveles sanguíneos por arriba de este valor.

**TABLA 3. Niveles de Plomo en Sangre de Niños de Vecinos de la Fundición de Cobre ( $\mu\text{g}$  de plomo / dl de sangre).**

	CERVANTES	METALURGICOS	LOMAS
<b>Número de Niños</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>Media*</b>	<b>15.2 <math>\pm</math> 4.1</b>	<b>11.6 <math>\pm</math> 3.4</b>	<b>8.0 <math>\pm</math> 2.0</b>
<b>Mediana</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>8</b>
<b>Rango</b>	<b>10 - 23</b>	<b>7 - 19</b>	<b>5 - 12</b>
<b>Mayores de 10 <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>100 %</b>	<b>80 %</b>	<b>20 %</b>
<b>Mayores de 15 <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>48 %</b>	<b>20 %</b>	<b>00 %</b>
<b>Mayores de 20 <math>\mu\text{g}/\text{dl}</math></b>	<b>19 %</b>	<b>00 %</b>	<b>00 %</b>

(1) Media aritmética  $\pm$  desviación estandar. Los grupos fueron diferentes entre sí  $p < 0.001$  (Student Newman-Keuls). Los niños del Cervantes (Col. Pirules) y del Metalúrgicos (Col. Morales) tuvieron una edad de 3 a 6 años. Los niños de las Lomas la tuvieron de 3 a 8 años.

## V. RUTAS DE EXPOSICION

En la Tabla 4 se presentan los elementos de las tres rutas que fueron identificadas en este trabajo. Todas ellas son completas y a continuación las describimos.

### **Ruta Aire Ambiental**

Para plomo tomamos como valor de referencia anual, la norma de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio trimestral. Este valor ha sido superado desde 1989 en Morales y durante 1992 en Pirules (Tabla 1); por lo tanto, la población más afectada sería la de Morales y Pirules, sobre todo en invierno cuando se alcanzan los máximos niveles de contaminación. El sector poblacional más expuesto serían 8,800 habitantes incluidos 1,600 niños menores a seis años de edad. La exposición al plomo pudo haber sido mayor en el pasado ya que antiguamente funcionaba una fundición de plomo que fue cerrada a mediados de los 50's. En la zona fuimos incapaces de reconocer otra fuente de plomo, los automóviles fueron descartados como fuente de plomo al considerar que aún en la zona centro de la ciudad, zona de máximo tráfico vehicular, los niveles de plomo resultaron muy por debajo de la norma; por lo tanto, consideramos que el principal origen del metal podría ser la fundición de cobre de IMMSA.

### **Ruta Suelo**

La posible fuente sería la planta de cobre (para suelo hay que considerar de manera muy importante la actividad

pasada, ya que en este medio ambiental, la contaminación por metales es acumulable). La vía de exposición para todos los contaminantes es la ingesta y la población receptora se constituye principalmente de niños, en los cuales incluimos a un sector con problemas de pica. Resalta el hecho de que el suelo no tiene cubierta de pasto por lo cual la exposición a los contaminantes es de alta probabilidad, sobre todo en áreas de recreación infantil. El futuro de esta ruta dependerá de las acciones correctivas que se organicen en la zona. La población expuesta sería sobre todo la de Morales-Pirules.

### Ruta Polvo Casero

Dadas las actividades infantiles dentro del hogar, el polvo representa una fuente de metales vía ingesta directa del polvo o a través de la contaminación de juguetes u otros accesorios de la casa que estén al alcance de los niños. El polvo tiene su origen en el material que es traído a los interiores por la acción del viento. Esto es posible porque algunas áreas que rodean a las metalúrgicas todavía no cuentan con una capa superficial de pasto y muchas avenidas o calles todavía no están pavimentadas. La ruta solo fue evaluada en Morales, donde 2,600 niños menores a nueve años (incluidos los de pica), estarían considerados en riesgo presente y posiblemente futuro.

## VI. EVALUACION TOXICOLOGICA

### ANTECEDENTES DE EFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICION CRONICA AL PLOMO

En virtud de que los daños del plomo se relacionan con los niveles de este metal en sangre, solo tomaremos en cuenta los efectos que se han descrito en niños ya que son para los cuales tenemos datos.

**TABLA 5. Efectos del Plomo Descritos en la Literatura.**

Plomo en Sangre ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Efecto
10	* Disminución Auditiva * Disminución del Crecimiento
15	* Disminución del Coeficiente Intelectual
20	* Alteraciones en los niveles de Vitamina D ? * Disminución en la conducción nerviosa periférica

Datos del documento del Centro para el Control de las Enfermedades (CDC)<sup>11</sup> y de ATSDR<sup>12</sup>.

El daño sobre el coeficiente intelectual causado por el plomo puede estar aún en debate, pero uno de los estudios mejor controlados (incluyendo el coeficiente intelectual de los padres y el nivel socioeconómico), encontró que niños de 10 años de edad tuvieron decrementos intelectuales y menor aprovechamiento académico que correlacionaron con los valores de plomo a los dos años de edad<sup>13</sup>. Este dato no solo implica el daño neurológico del plomo sino que también concluye que los efectos de este metal pudieran ser irreversible, punto que ha sido discutido con antelación<sup>14,15</sup>. Sobre otros efectos neurológicos, es importante destacar que en niños vecinos a una fundición se encontró un nivel umbral de 20 a 30  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre para los efectos sobre velocidad de conducción nerviosa<sup>16</sup>.

Según los datos de la literatura científica y considerando nuestros resultados de plomo en sangre, se puede argumentar que la mayoría de los niños en la zona de riesgo estarían comprometidos en sus capacidades auditivas, de coeficiente intelectual y desarrollo físico, por superar los 10.0  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Asimismo, hasta un 20 % de los niños del Centro Escolar Cervantes estarían en riesgos de padecer alteraciones neurológicas subclínicas y podrían tener concentraciones anormales de vitamina D (de confirmarse el nivel de efecto mínimo de 15  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ).

Con respecto al debate académico sobre los efectos del plomo a bajas dosis, podemos concluir que no podemos esperar a que se demuestre irrefutablemente la toxicidad del metal. Puede haber dudas y es muy probable que éstas sigan existiendo en los próximos años, pero ante las evidencias científicas actuales que apuntan a que el riesgo en salud por la exposición al plomo puede ser serio e irreversible, habrá que actuar con el objeto de prevenir el riesgo, al igual que ahora lo hacen el CDC y varias Instituciones Estatales de Salud en los Estados Unidos.

## **FACTORES QUE PUDIERAN MODIFICAR LA TOXICIDAD DEL PLOMO EN MORALES.**

**Edad** .. En Morales hemos encontrado que los niveles de plomo en sangre correlacionan de manera directa con la edad hasta los 13-14 años (datos no presentados en este reporte) .

**Nutrición** .. Estudios de nuestro grupo han demostrado que entre niños de Morales existe una deficiencia de hierro en una tercera parte de la población. El dato es importante ya que se ha descrito que la ausencia de hierro favorece la absorción de plomo<sup>17</sup>.

**Nivel Socioeconómico** .. Este punto va ligado a la nutrición. Hemos demostrado que niños de las Lomas, que tienen un mejor nivel socioeconómico, presentan menores valores de plomo en sangre. Es factible que esto se deba a una mejor nutrición (por ejemplo, el hierro y el calcio disminuyen la absorción del plomo), pero también podría deberse a una mejor higiene. Es común observar a los niños de Morales cubiertos de tierra.

**Mezclas** .. A nivel experimental se ha mostrado interacción toxicológica entre el plomo el arsénico y el cadmio<sup>18</sup>. En Morales hemos reportado contaminación por arsénico y cadmio<sup>19</sup>.

**Otros Contaminantes** .. Las mayores quejas de la comunidad de Morales fueron las enfermedades respiratorias y las irritaciones oculares. Considerando que en la zona se presentan eventos de contaminación por bióxido de azufre, es probable que los padecimientos respiratorios y oculares se deban a la presencia de este gas.

## **VII. ESTADÍSTICAS DE SALUD**

No se cuentan con registros diseñados para enfermedades específicas. Sin embargo, en la clínica de zona, perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social, se llevan registros de morbilidad y según el director, los porcentajes y las frecuencias de distintas enfermedades no son diferentes a las clínicas de áreas lejanas a las fundiciones. No existe una frecuencia aumentada de enfermedades dérmicas, respiratorias o padecimientos crónico-degenerativos, incluyendo el cáncer. Los registros de esta clínica no resultan confiables ya que se basan solo en pacientes que acuden a ella y no consideran al total de la población. Un ejemplo de este punto, es que según los registros de la clínica, no existe un incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias y sin embargo, según encuestas particulares, los padecimientos respiratorios representan la principal queja de la

población de Morales.

## VIII. CONCLUSIONES

1. En la zona de Morales y Pirules-FOVISSSTE, se encontró contaminación por plomo en suelo, aire y polvo casero.
2. En la zona de Lomas se definió contaminación ocasional por plomo en aire.
3. De un 80 a un 100 % de los niños de Morales-Pirules, dependiendo de la edad y de la zona, tuvieron niveles de plomo en sangre superiores a 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  que es el límite máximo de la recomendación del CDC. Solo un 20 % de niños en las Lomas superaron esta guía de salud.
4. Hasta un 20 % de los niños de Morales-Pirules, dependiendo de la edad y de la zona, tuvieron niveles de plomo en sangre superiores a 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  que es el límite mínimo de la recomendación del CDC para atención médica (no farmacológica). Ningún niño de las Lomas superó esta guía de salud.
5. Las tres rutas de exposición más importantes son: la inhalación de aire, la ingesta de suelo y la ingesta de polvo casero.
6. A los niveles de plomo en sangre registrados en niños de la zona de Morales existe el riesgo de alteraciones en el coeficiente intelectual, en la capacidad auditiva, en la estatura física, en los niveles de vitamina D y en la velocidad de conducción nerviosa.
7. Los niveles de plomo en el ambiente pudieran ser de riesgo para mujeres embarazadas (probabilidad de abortos espontáneos).
8. Entre los factores que pudieran incrementar la toxicidad de los metales están: nutrición, nivel socioeconómico, edad y la interacción de la mezcla arsénico-cadmio-plomo.
9. Encontramos una real preocupación de la comunidad por diferentes padecimientos respiratorios, pero se carece de datos confiables y de la posible participación del dióxido de azufre en su etiología.

**SE CONCLUYE QUE LA CONTAMINACION POR METALES EN LA ZONA DE MORALES ES UN PROBLEMA DE SALUD PUBLICA QUE DEBE SER ATENDIDO CON URGENCIA**

## **IX. RECOMENDACIONES**

### **ACCIONES PARA ABATIR LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN EL AMBIENTE**

1. Con urgencia se requiere que disminuyan los niveles ambientales de plomo.

#### **NIVELES ACTUALES**

SUELO	745 mg/kg	POLVO	1293 mg/kg
AGUA	3.5 $\mu\text{g/L}$	AIRE	2.03 $\mu\text{g/m}^3$

#### **NIVELES PROPUESTOS**

SUELO	100 mg/kg	POLVO	50 mg/kg
AGUA	3.5 $\mu\text{g/L}$	AIRE	0.50 $\mu\text{g/m}^3$

Los niveles propuestos se estimaron utilizando el Modelo Biocinético de Exposición Integral al Plomo de la Agencia de Protección Ambiental<sup>20</sup>. Las modificaciones al modelo fueron las siguientes: Aire (concentración en aire, 0.5  $\mu\text{g/m}^3$ ; tiempo de permanencia al aire libre, 8 horas); Dieta (consumo diario de plomo, 9.3  $\mu\text{g Pb/día}$ ); Agua (concentración en agua, 3.5  $\mu\text{g/L}$ ; consumo diario de agua, 1.0 L/día); Suelo/Polvo (concentración en suelo, 100.0  $\mu\text{g/g}$ ; concentración en polvo casero, 50.0  $\mu\text{g/g}$ ; porcentaje suelo:polvo 66 %; ingesta de suelo 350 mg/día)<sup>21</sup>.

Con los niveles propuestos en este documento, la media geométrica de plomo en sangre estimada para la población infantil de Morales sería 4.7  $\mu\text{g/dl}$  según el Modelo Biocinético de Exposición Integral al Plomo de la Agencia de Protección Ambiental. Además, el 100.0 % de los niños estarían por debajo de 20.0  $\mu\text{g/dl}$  y solamente un 5.0 % estarían por arriba de 10.0  $\mu\text{g/dl}$ .

#### **ESTUDIOS DE SALUD AMBIENTAL**

1. Es urgente la realización de un estudio para determinar el daño auditivo, las alteraciones en el coeficiente intelectual y los niveles de la vitamina D en una población representativa de los niños de Morales.
2. Un estudio epidemiológico deberá diseñarse para detectar la frecuencia de abortos espontáneos y malformaciones en la zona de mayor riesgo.

## **X. BIBLIOGRAFIA**

1. Fundidora de Cobre. Folleto publicitario de Industrial Minera México.
2. Refinería Electrolítica de Zinc. Folleto publicitario de Industrial Minera México.
3. Montejano R (1992) Centenario de la fundición y de la Fracción de Morales. Pulso 19 de marzo, p. 3C.
4. Comunicación personal del personal que labora en IMMSA-SLP.
5. Industrial Minera México (1991) Documento Exporta.
6. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1992) San Luis Potosí, resultados definitivos. Datos por AGEB urbana. XI Censo General de Población y Vivienda, 1990. INEGI, 112 pp.
7. ATSDR (1992) Health Assessment Guidance Manual. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services.
8. WHO (1987) Air quality guidelines for Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 23.
9. WHO (1992) Revision of the WHO guidelines for drinking-water quality. World Health Organization.
10. Madhavan S, Rosenman KD, Shehata T (1989) Lead in soil: recommended maximum permissible levels. Environ Res 49: 136-142.
11. Centers for Disease Control (1991) Preventing lead poisoning in young children. US Department of Health and Human Services.
12. ATSDR (1992) Toxicological Profile for Lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services.
13. Bellinger DC, Stiles KM, Needleman HL (1992) Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: a long-term follow-up study. Pediatrics 90: 855-861.
14. Needleman HL, Bellinger DC (1991) The health effects of low level exposure to lead. Annu. Rev. Public Health 12: 111-140.
15. Needleman HL, Schell A, Bellinger D, Levinton A, Alfred EN (1990) The long term effects of exposure to low doses of lead in childhood: an 11 year follow-up report. N Engl J Med. 322: 83-88.
16. Schwartz J, Landrigan PJ, Feldman RG (1988) Threshold effect in lead-induced peripheral neuropathy. J Pediatr 112: 12-17.
17. Barton JC, Conrad ME, Nuby S, et al. (1978) Effects of iron on the absorption and retention of lead. J Lab Clin Med 92: 536-547.

18. Mahaffey KR, Fowler BA (1977) Effects of concurrent administration of lead, cadmium, and arsenic in the rat. *Environ Health Perspect* 19: 165-171.
19. Díaz-Barriga F, Santos MA, Mejía JJ, Batres L, Yáñez L, Carrizales L, Vera E, del Razo LM, Cebrián M (1993) Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosí, Mexico. *Environ Res* 62: 242-250.
20. EPA. Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children. Technical Review Workgroup for Lead. Office of Emergency and Remedial Response. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N.C., 1994.
21. Yáñez L, Calderón J, Carrizales L y Díaz-Barriga F. Evaluación del riesgo en salud en sitios contaminados con residuos peligrosos. I Determinación del factor infantil de ingesta de suelo aplicando un modelo de exposición integral al plomo. Manuscrito enviado a publicación.

**AGRADECIMIENTOS : Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (PACIME / M 9402).**