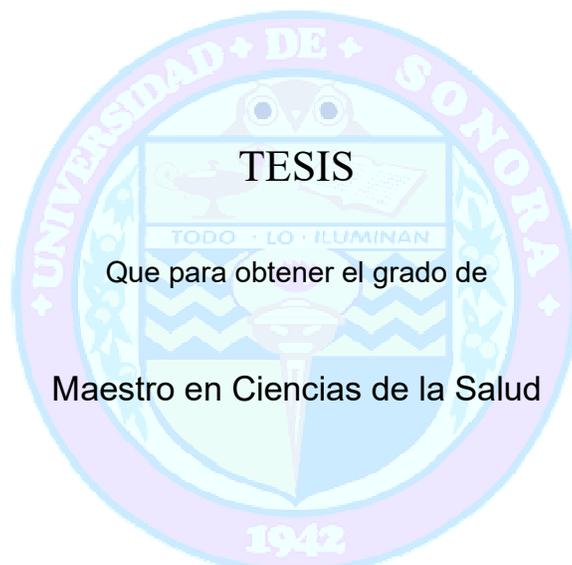


# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Determinación de plomo en sangre en dos muestras comparativas de niños menores de doce años y toma de muestras ambientales de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora



TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias de la Salud

PRESENTA

**Ana Gloria Alcaraz Miranda**

Hermosillo, Sonora

Diciembre de 2011

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

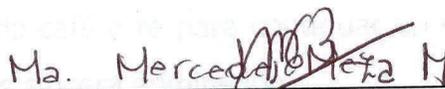
## FORMA DE APROBACIÓN

Los miembros del Jurado Calificador designado para revisar el trabajo de Tesis de **Ana Gloria Alcaraz Miranda**, lo han encontrado satisfactorio y recomiendan que sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Salud.



---

Dr. Víctor José Tovar Guzmán  
Director Académico



---

Dra. María Mercedes Meza Montenegro  
Secretario



---

Dr. Armando Burgos Hernández  
Vocal



---

M.I. Marcial Córdova Figueroa  
Suplente

## AGRADECIMIENTOS

*A nuestro Dios*, que con su omnipotencia esta tesis no podría ser posible y que gracias a Él todos los demás eventos ocurrieron en el momento exacto.

*A nuestra Alma mater*, Universidad de Sonora, por recibir con entusiasmo a sus hijos y mantener abiertas sus puertas para seguir haciendo ciencia.

*A CONACyT*, por su apoyo financiero para el desarrollo parcial de esta tesis.

*Al Jurado Calificador, Dr. Víctor José Tovar Guzmán, Dra. María Mercedes Meza Montenegro, Dr. Armando Burgos Hernández y M.I.Q. Marcial Córdova Figueroa* por su contribución, profesionalismo y dedicación en la dirección de esta tesis, por su incondicional acompañamiento en cada uno de los muestreos, manejo estadístico de datos, enriquecimiento con sus conocimientos y por mostrarme que siempre debemos tener a alguien quien nos invite una taza de café o té para continuar en el fascinante mundo de la investigación, mi más sincera admiración.

*Al Laboratorio Analítica del Noroeste S.A. de C.V.*, por el apoyo, en muchas de sus vertientes, financiero, instalaciones, instrumentos y entusiasmo de su personal técnico y directivo, hecho en cada uno de ellos un amigo incondicional.

*Al Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad de Sonora, LACIUS* por la disponibilidad de su personal técnico, instalaciones e instrumentos en el horario necesario, especialmente a M.C. José Rogelio Ramos Enríquez y Q.B. Luis Carlos Córdova López.

Y no por ser el último menos importante, sino muy especial a la comunidad de ladrilleros de la *Zona Ladrillera Sur* por el privilegio, la oportunidad, solidaridad, confianza y amistad demostrada antes, durante y después del desarrollo del presente trabajo de tesis.

## DEDICATORIAS

*A mis padres, Francisco Javier (QEPD) y Mariana por ser el mejor ejemplo de humildad, fortaleza, trabajo arduo, recoger frutos donde se ha sembrado y por otorgarme la mejor herencia que no se extingue, la educación.*

*A mis hermanos Francisco Manuel, José de Jesús, Norberto y Luz Marina, Martina (Tita) y María Jesús por ser mi mejor guía y ejemplo de logros personales y profesionales.*

*A mis tíos y tías Altagracia, Rodolfo, Francisco (QEPD), Rosario (QEPD), Manuel Rafael, Ana Teresa y Socorro por brindarnos su mano en los momentos más frágiles de nuestra vida.*

*A mis sobrinos Francisco Norberto, Francisco Manuel, Norberto y Marina Guadalupe (Nene), Manuelito y Lupita, Lizeth María y Enrique, Abelito, Jesús y Yermari por ser la alegría de nuestro hogar.*

*A Magda Olivia (Pekita), que a pesar de las adversidades, siempre me estuvo acompañando en la labor profesional, personal y religiosa, compartiendo su tiempo y alegría con la comunidad de las ladrilleras.*

*A Marcial, por ser mi guía profesional y por demostrarme que a pesar de la juventud “como de 18” siempre se aprende algo nuevo cada día, darme la oportunidad de desarrollo personal y profesional en su Laboratorio, y por enseñarme la responsabilidad de cuidar el ambiente para tener un mejor lugar para vivir.*

*A mis amigos y compañeros de ADNESA, por su profesionalismo y entusiasmo al participar en este proyecto: Magda, Marcial, Cristalito, Gustavo, Jorge Luis, Rocío, Silvia, Lourdes, Iris, Ivonne, Carmen María, Rossy, Arely, Blanca, Lupita, César, Estebán, Ramsés, Fidencio, Thommy, Miguel Ángel, Julio César, Lolita, Zulema, Margarita, Haydeé, Normita, Gustavo, Mayra, Mode, Edgar, Gustavo, Margarita I., Abraham, José Luis, Irving, Don Tonny y Don Armando que me acompañaron hasta el final de esta tesis.*

*A Miguel Ángel, Carolina, Miguelito, Luis Carlos y Dulce Carolina por acompañarme los sábados, preparar el catecismo de los niños de la zona ladrillera y haber participado de la ilusión hecha realidad, hacer su primera comunión.*

*A Alma Delia Contreras, Alex Retana, Eduardo Velez, Iracema Rodríguez, Aimara Madero, Claudia Figueroa, Ana Vency Avenas y todos mis compañeros de posgrado que se dieron a la tarea de que este proyecto fuera cada vez mejor.*

*Y a todas las personas que de manera directa e indirecta contribuyeron en la realización y finalización del presente trabajo de tesis.*



***¡Gracias por permitirme ser parte de tu grupo de trabajo, y que no me has dejado ir siendo mejor, sino más feliz!***

*Ana Gloria*

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
OBJETIVOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
Características de la Industria Ladrillera.....	8
Características de la Población.....	8
Proceso de Elaboración del Ladrillo.....	12
Contaminantes Emitidos por la Industria Ladrillera.....	15
Plomo.....	21
Vulnerabilidad de la Población Infantil.....	28
Toxicocinética del Plomo.....	30
Mecanismo de Acción del Plomo .....	32
Factores Socioeconómicos Relacionados a la Concentración de Plomo.....	34
Asociación con la Cercanía de Hogares con Talleres de Reparación.....	37
Relación de la Concentración de Plomo con Calcio y Hierro.....	39
Efectos a Bajas Concentraciones de Plomo.....	42
Muestras Ambientales.....	44
Suelo.....	46
Suelos provenientes de zonas ladrilleras aledañas.....	49
Aceite.....	49
Agua.....	52

	<b>Página</b>
MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
Pregunta de Investigación.....	54
Hipótesis.....	54
Materiales.....	54
Recolección y Transporte de Muestras.....	56
Sangre.....	56
Materia Fecal.....	57
Métodos.....	57
Tipo de Investigación, Población y Muestras.....	57
Análisis Estadísticos.....	59
Criterios de Inclusión.....	59
Criterios de Exclusión.....	61
Criterios de Eliminación.....	61
Confusores.....	61
Sesgos previstos.....	61
Procesamiento de Muestras.....	64
Hemoglobina y hematocrito.....	64
Plomo.....	64
Protoporfirina – zinc.....	68
Calcio y hierro de la dieta.....	70
Examen coproparasitoscópico por concentración.....	70
Muestras ambientales de suelo, agua, ladrillo y aceite usado.....	71
Factibilidad.....	76
Aspectos Éticos.....	81
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	83
Población Estudiada y sus Características.....	83
Zona Ladrillera Sur.....	84
Casa Hogar CAIM-Unacari.....	85

	<b>Página</b>
Escolaridad y Nivel Socioeconómico de la Población Zona Ladrillera	
Sur.....	89
Consumo de Alimentos en la Dieta.....	91
Horno Ladrillero.....	101
Muestras Biológicas.....	105
Hemoglobina y Hematocrito.....	105
Concentración de Plomo en Sangre.....	111
Protoporfirina –Zinc.....	114
Coproparasitoscópico.....	114
Muestras Ambientales.....	116
Suelo Superficial.....	116
Ladrillo.....	121
Aceite Usado.....	121
Agua de Uso y Consumo Humano.....	124
Procedimiento para la Determinación de Plomo en Sangre.....	124
DISCUSIÓN.....	130
CONCLUSIONES.....	137
Logro Científico.....	138
Recomendaciones.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	142
ANEXOS.....	156

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>Página</b>
I	Contaminantes emitidos por los hornos ladrilleros, fuente y efectos sobre la salud.....	17
II	Efectos a la salud derivados de la emisión de partículas PM <sub>10</sub> procedentes de la industria ladrillera.....	20
III	Clasificación del índice de contaminación.....	48
IV	Operacionalización de variables.....	62
V	Condiciones de operación de horno de microondas, ICP-AES y nebulizador ultrasónico.....	66
VI	Cantidad y tipo de muestras ambientales recolectadas de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.....	73
VII	Características de las viviendas de las poblaciones estudiadas...	88
VIII	Características descriptivas de la población procedente de la Zona Ladrillera Sur.....	92
IX	Lista de alimentos y su orden de consumo para los niños de la Zona Ladrillera Sur.....	98
X	Lista de alimentos y su orden de consumo para los niños de Casa- Hogar CAIM-Unacari.....	99
XI	Aporte de nutrimentos de los alimentos consumidos por los niños del estudio y valores recomendados.....	100
XII	Correlación de nutrimentos provenientes de la dieta y la concentración de plomo en sangre.....	102
XIII	Tipo y cantidad de combustible utilizado en el cocimiento de ladrillos en la Zona Ladrillera Sur.....	104

<b>TABLA</b>	<b>Página</b>
XIV Tipo y cantidad de muestras biológicas recolectadas y analizadas por población participante.....	106
XV Características por sexo y edad de cada población de niños estudiados.....	107
XVI Resumen de concentración de plomo en sangre en las poblaciones de niños estudiados.....	112
XVII Resumen de los parámetros bioquímicos determinados en ambas poblaciones de estudio.....	115
XVIII Resultados de plomo biodisponible y total en suelo superficial de la Zona Ladrillera Sur.....	118
XIX Comparativo de dosis de plomo total y efectivo por consumo de suelo superficial de la zona ladrillera para un niño de un año de edad.....	119
XX Índice de contaminación de suelo superficial de la Zona Ladrillera Sur.....	120
XXI Resultados de plomo biodisponible y total en ladrillo de la Zona Ladrillera Sur.....	122
XXII Resultados de plomo total en aceite usado por sitio de muestreo	123
XXIII Resultados de control de calidad para el procedimiento de determinación de plomo en sangre.....	126
XXIV Comparación de técnicas para la determinación de plomo en sangre.....	128
XXV Comparación de las ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas para la determinación de plomo en sangre.....	129

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Decremento de los niveles de plomo en niños desde 1960 a la fecha.....	7
2	Participación de niños y adultos en la actividad ladrillera.....	9
3	Ubicación de las Zonas Ladrilleras de Hermosillo, Sonora, México.....	11
4	Procedimiento de elaboración del ladrillo.....	13
5	Enjarre del horno ladrillero con adobe y lodo.....	14
6	Fragua utilizada para obtener un flujo continuo del aceite usado en la cocción del ladrillo, Zona Ladrillera Sur.....	16
7	Humos emitidos durante la cocción del ladrillo en la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.....	18
8	Fuentes de exposición exógena y endógena de plomo.....	23
9	Fuentes naturales de contaminación de plomo.....	24
10	Esquema de exposición humana al plomo y cadena de difusión..	25
11	Modelo metabólico general del plomo en el ser humano.....	31
12	Mecanismo de acción del plomo.....	33
13	Relación de la toxicidad del plomo a diferentes niveles de concentración en sangre.....	35
14	Preparación del sitio de punción y extracción de muestra de sangre total.....	58
15	Ubicación de la Zona Ladrillera Sur y la Casa-Hogar CAIM-Unacari.....	60
16	Equipos e instrumento utilizado en la determinación de plomo en sangre.....	67

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
17	Muestras interlaboratorio enviadas por el Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España..... 69
18	Ubicación de los sitios de muestreo de suelo, ladrillo, agua y aceite usado de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora..... 74
19	Esquema de distribución en tresbolillo para el sub-muestreo de suelo superficial y la formación de la muestra compuesta..... 75
20	Recolección de muestras de ladrillo y suelo superficial de los sitios 1, 2 y 3..... 77
21	Recolección de muestras de suelo superficial en los sitios 4, 5, 6 y blanco o de fondo..... 78
22	Recolección de muestras de aceite usado y de agua de uso y consumo humano..... 79
23	Sub-muestreo de suelo superficial y ladrillo en el Laboratorio .... 80
24	Ubicación de un horno ladrillero cercano a una casa-habitación.. 86
25	Gráficos de valores de hemoglobina promedio por población y diferencia entre ambas poblaciones..... 109
26	Gráficos de valores de hematocrito promedio por población y diferencia entre ambas poblaciones..... 110

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar la concentración de plomo en sangre en niños de uno a doce años y muestras ambientales de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora, mediante la técnica de emisión atómica acoplada al plasma y nebulizador ultrasónico.

### **Objetivos Específicos**

1. Establecer un procedimiento para la cuantificación de plomo en sangre utilizando la técnica de emisión atómica acoplado al plasma y nebulizador ultrasónico.
2. Determinar la concentración de plomo, hemoglobina, hematocrito y protoporfirina-zinc en población de niños de la Zona Ladrillera Sur y Casa Hogar CAIM-Unacari y comparar ambas poblaciones.
3. Determinar la asociación entre la concentración de Pb y la ingesta de Ca y Fe a partir de los alimentos consumidos en la dieta.
4. Determinar la concentración de plomo biodisponible y total en muestras de suelo y ladrillo.
5. Determinar la concentración de plomo total en muestras de agua y aceite usado.

## RESUMEN

Durante los últimos años, los problemas de salud relacionados al deterioro ambiental se han convertido en una creciente preocupación de la sociedad, organismos gubernamentales y no gubernamentales de nuestro país. Desafortunadamente, con cierta frecuencia estos problemas se reconocen cuando éstos se presentan como una crisis que afecta la salud o compromete la existencia, lo que en muchas ocasiones prorroga las acciones preventivas y encarece grandemente las acciones necesarias para lograr una rehabilitación ambiental adecuada.

Derivada de esta preocupación, se desarrolló el presente trabajo de tipo exploratorio con la finalidad de conocer la concentración de plomo en sangre en niños menores de doce años y en el ambiente, donde se tomaron muestras de suelo superficial de recreación infantil, agua de uso y consumo humano, ladrillo y aceite usado (para la cocción del ladrillo) de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora. Para la determinación de plomo en sangre se estableció un procedimiento con base en el uso de espectrofotómetro de emisión óptica acoplado al plasma (ICP) y nebulizar ultrasónico, destacando la digestión ácida y peróxido de hidrógeno en horno de microondas previa a la lectura de concentración, así como la participación desde el 2009 en Prueba Interlaboratorio de Control de Calidad con el gobierno de Aragón, Zaragoza, España.

Además de la concentración de plomo, se determinaron parámetros bioquímicos como hemoglobina, hematocrito, protoporfirina zinc, parásitos intestinales y formulario de frecuencia de consumo de alimentos. Estos parámetros fueron comparados con una población de similar situación socioeconómica, niños de la Casa Hogar CAIM-Unacari, pero sin haber estado expuestos a los humos de las ladrilleras.

Los resultados obtenidos de plomo (Pb) en sangre fueron de 3,6 a 21,2 µgPb/dL de sangre, siendo los valores extremos los de los niños de la zona ladrillera, al comparar las poblaciones no se encontró diferencia estadísticamente significativa.

Para los parámetros bioquímicos, los niños de la zona ladrillera resultaron tener los valores más bajos de hemoglobina siendo estadísticamente significativo, no así los parámetros de hematocrito y protoporfirina zinc. En cuanto a parásitos intestinales, el parásito frecuentemente identificado fue *Giardia lamblia* en más del 70% de los niños.

En cuanto a la frecuencia de consumo de alimentos, la ingesta de calcio y vitamina C, resultaron ser significativos respecto a la concentración de plomo para los niños de la Zona Ladrillera. Los alimentos mayormente consumidos resultaron ser el refresco de cola, huevo y papas industrializadas, y para la población de los niños de la Casa Hogar CAIM-Unacari una dieta balanceada. En ambos grupos no registró el consumo de especies marinas.

En el caso de las muestras ambientales se determinó plomo total y biodisponible en suelo superficial, determinando un rango de 0,92 a 3,77 y de 9,26 a 24,17mgPb/kg, resultado menor al límite establecido por la OMS para suelos de recreación infantil, de modo similar se comportó la concentración de plomo en el ladrillo. Para el caso de aceite usado, la concentración de plomo determinada fue desde menor al límite de cuantificación hasta 51,56mgPb/kg como concentración mayor, que de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005, el 50% de los aceites estaría clasificado como residuo peligroso.

En México, los problemas ambientales que comprometen la salud y el desarrollo pleno de la población son numerosos. Desafortunadamente, para la mayoría de estos, no se cuenta con información suficiente y todo parece indicar que se requerirán de inversiones cuantiosas de tiempo y de recursos para su

solución y/o control como ha ocurrido en otros lugares del mundo (Hernández, 1995).

## INTRODUCCIÓN

Los problemas como resultado de la contaminación han adquirido gran importancia, no solamente en la salud humana sino en todos los ecosistemas, debido al crecimiento acelerado de la industrialización y a la concentración de las poblaciones, lo que ha traído como consecuencia un deterioro ambiental que origina graves problemas a la salud, presentándose en todos los escenarios y sin importar el nivel socioeconómico de las poblaciones (Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico, 2008; Anderson, 2008).

En la mayoría de los países, un porcentaje muy importante de la actividad industrial se genera en la microindustria. En vista de la dificultad de la vigilancia ambiental en este tipo de empresas, en muchas ocasiones, se convierten en importantes focos de contaminación. Dentro de los giros microindustriales que suelen causar problemas están las ladrilleras, curtidoras de piel, recicladoras de baterías, pequeñas fundidoras de metales, entre otras (Díaz-Barriga, 1999).

Hoy en día la fabricación de ladrillos, tejas y otros productos de arcilla cocidos, se ha convertido en un problema ecológico en muchas ciudades y zonas rurales a nivel mundial debido al tipo de combustibles que se utiliza para la cocción de estos productos, que emiten una gran cantidad de contaminantes que no solamente contaminan el aire, sino también cuerpos de agua, suelo y la exposición de las poblaciones que se encuentran cercanas a las zonas de emisión (Gómez y col., 2007). Por otra parte, se caracteriza por ser un problema de tipo social al ser atendidas por familias que incluyen a hombres, mujeres y niños, siendo su único ingreso para el sustento familiar y ser una fuente de empleos importante que genera un insumo básico para la industria de la construcción (González, 2010; Moreno, 2003), por lo que es una actividad relacionada a los sectores más pobres de las comunidades bajo un esquema de economía informal y su desarrollo está en función de la demanda del material de las poblaciones aledañas, localización de bancos de materia prima, acceso

al agua y terrenos cercanos a éstos para construcción de sus viviendas provisionales y depósito de la materia prima (Romo y col., 2004).

Tan sólo en la Ciudad de México funcionan más de 1 000 industrias ladrilleras, donde laboran aproximadamente 20 000 personas entre hombres, mujeres y niños, con sistemas tecnológicos obsoletos que causan serios problemas no solo a quienes trabajan en ellas, sino a las poblaciones aledañas y al medio ambiente; en general, el aspecto socioeconómico de los trabajadores de esta microindustria no permite cambios importantes en sus procesos de elaboración del ladrillo; además, dificulta cualquier iniciativa de mejorar y relocalizar los hornos ladrilleros, lo que los obliga a migrar hacia zonas menos pobladas, sin existir una resolución a sus técnicas de fabricación y emisión de contaminantes, especialmente al proceso de cocción de sus productos (Romo y col., 2004; Moreno, 2003).

De acuerdo a los censos económicos INEGI 2004, a nivel nacional se registraron actividades de producción de ladrillo en los 32 estados de la república, siendo Nuevo León primer lugar, seguido de Coahuila, y Sonora se ubicó en el lugar número 13. A nivel Sonora, el principal productor fue Nogales, seguido de San Luis Río Colorado, Opodepe y en cuarto lugar Hermosillo (González, 2010).

En Hermosillo, hasta 1997 se tenían ubicadas dos zonas ladrilleras, una al norte y otra al suroeste de la ciudad, cada una con aproximadamente 100 productores de ladrillos (SEMARNAT, 2007); actualmente, por datos proporcionados por pobladores de la Zona Ladrillera Sur, se tienen aproximadamente 120 productores y cada uno con al menos un horno de cocción.

Entre los tipos de combustibles que se utilizan para la cocción de estos productos, están la leña, madera que por lo general está impregnada con resinas tóxicas, neumáticos de desecho, acumuladores, plásticos o textiles y

basura, aceite usado o quemado y casi cualquier material orgánico de desecho, que al ser incinerados, la combustión es incompleta y emiten una gran cantidad de gases y humos a la atmósfera, como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, causante del efecto invernadero, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, partículas sólidas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles y metales pesados, que no solamente contaminan el aire, sino también cuerpos de agua, suelo y la exposición de las poblaciones que se encuentran cercanas a las zonas de emisión. Por ello, es prioritario atender el problema de las fuentes emisoras de gases y humos, y a la vez, mantener la productividad de la industria, ya que esta actividad es de origen familiar y una fuente de empleos que genera insumos básicos para la industria de la construcción (González, 2010; Gómez y col., 2007; Environmental System Branch, 2005; Romo y col., 2004; Moreno, 2003; Huston y col., 2002; Maithel y col., 1999).

En la Ciudad de Hermosillo, los principales problemas ambientales, como en Ciudad Juárez, Ciudad de México, entre otras, se refieren a la cantidad y calidad del agua, y a la contaminación del aire. En cuanto a la contaminación del aire, ésta se produce principalmente por el tráfico vehicular, transporte público, vialidades sin pavimentar y la industria formal e informal que bien se pueden incluir las ladrilleras en este rubro.

Científicamente, el daño producido por la industria ladrillera a la población interna y aledaña no se conoce aún en nuestra entidad, pero que al igual que en otras partes, la población lo ha externado como un problema público dado al aspecto del aire, de los olores desagradables en sus prendas de vestir, y por la preocupación de las condiciones de vivienda y salud de la población que se dedica a esta actividad (Ramírez, 2008).

La zona ladrillera es un lugar donde la población de la misma pudiera estar expuesta a concentraciones de contaminantes por encima de lo permisible y no solamente la población infantil, sino también toda la familia pudiera estar

afectada, dado que los materiales que se utilizan para la cocción son considerados altamente contaminantes.

Hasta el momento, en la búsqueda bibliográfica, no se han encontrado referencias que relacionen la exposición de la población infantil a contaminantes producidos en la zona ladrillera, especialmente por plomo. Por lo que este proyecto, se encamina a estimar la concentración de plomo en sangre en niños menores de doce años que habitan en la Zona Ladrillera Sur, su relación con otros parámetros bioquímicos que científicamente están relacionados con dicho elemento, y monitoreo ambiental de la localidad, determinando plomo en muestras de suelo, agua, ladrillo y aceite usado.

## **ANTECEDENTES**

El origen de nuestros problemas modernos de contaminación puede remontarse a Inglaterra del siglo XVIII y al nacimiento de la revolución industrial. La industrialización comenzó a desplazar las actividades agrícolas y las poblaciones se trasladaron del campo a la ciudad. Las fábricas para producir requerían energía mediante la quema de combustibles fósiles, tales como carbón y el petróleo. Esta situación se magnificó con el uso intenso del automóvil y de todo móvil que utilizara motor de combustión interna.

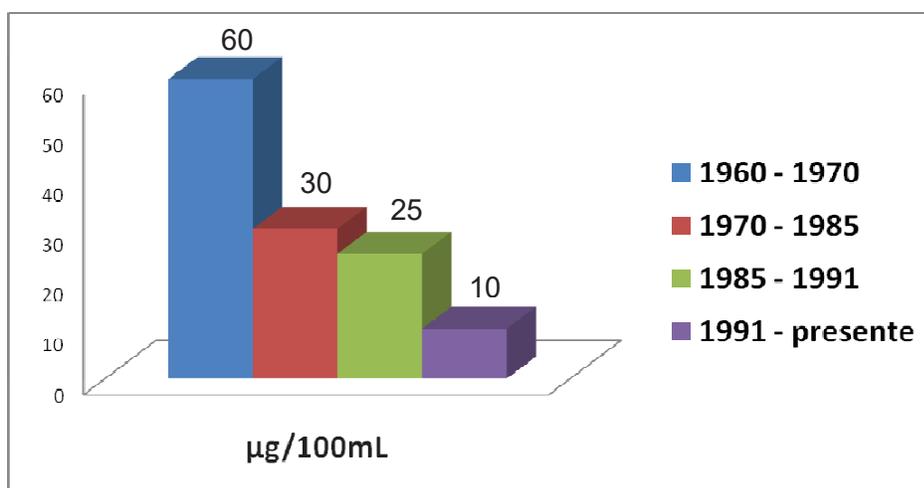
Desde 1957, a raíz de la Conferencia de Milán sobre aspectos de salud pública relacionados con la contaminación del aire en Europa, la Organización Mundial de la Salud, se ha preocupado y ha intensificado la labor para que los problemas ambientales se vayan resolviendo, y fue hasta 1972 en Estocolmo donde se celebró la primera conferencia sobre el ambiente humano en la Organización de Naciones Unidas (ONU), donde se convenció a los gobiernos a desarrollar la legislación necesaria para limitar las emisiones de contaminantes químicos tóxicos al ambiente por medio de la introducción de nueva tecnología y cambios en los procesos. Como resultados de dichas acciones, en algunos países desarrollados se redujeron los problemas de la contaminación industrial, pero no ocurrió lo mismo en los países en vías de desarrollo que aún se siguen utilizando procesos obsoletos para algunas actividades por lo que no han resuelto sus problemas de contaminación.

El desarrollo de actividades económicas de manera no sustentable, ha contribuido a la emisión de compuestos potencialmente tóxicos que bajo ciertas condiciones y concentraciones, pueden tener efectos nocivos a la salud de la población y afectaciones al equilibrio ecológico y al ambiente (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004).

De acuerdo a lo publicado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ASTDR por su significado en inglés), los niveles ambientales de plomo han aumentado más de mil veces durante los últimos siglos como consecuencia de la actividad antropogénica. El mayor incremento ocurrió entre los años 1950-2000 y reflejó el aumento del uso de gasolina con plomo en todo el mundo (ATSDR, 2007; Davis y col., 2003).

El problema del trabajo industrial con plomo es universal, sobre todo cuando se trabaja sin criterios de higiene ocupacional. La industria minera-metalúrgica mantiene programas de gestión en salud ocupacional de buena calidad, pero no sucede lo mismo en la industria informal del plomo, por lo que su distribución alrededor del mundo, las numerosas vías de exposición para el ser humano y los estudios existentes de sus efectos adversos en el sistema biológico son suficientes para caracterizarlo como uno de los agentes tóxicos más comunes; sus efectos deletéreos se han descrito en diversas publicaciones y los niños son sin duda, uno de los grupos más vulnerables a la acción del elemento y sus compuestos (Ramírez, 2008; Espinoza y col., 2006).

Los niveles de plomo en sangre admitidos como aceptables han sido reformulados varias veces, a medida que se ha ampliado el conocimiento de los trastornos producidos por este metal en el hombre (Davis y col., 2003). En la actualidad, el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos, (CDC por su significado en inglés), y la Organización Mundial de la Salud (OMS), aconsejan que la población en general y sobre todo los niños tengan niveles de plomo en sangre inferior a los 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , figura 1, aun cuando estas mismas Organizaciones han solicitado la revisión y descenso de este valor de acción por lo menos a 5 $\mu\text{gPb}/\text{dL}$  (NTP, 2011). En los niños, los síntomas clínicos suelen aparecer a partir de los 30  $\mu\text{gPb}/\text{dL}$  en sangre, aun cuando las manifestaciones neuroconductuales se observen por debajo de este límite (Vega y col., 2003).



**Figura 1.** Decremento de los niveles de plomo en niños desde 1960 a la fecha.

Fuente: CDC, ATSDR, OMS

## **Características de la Industria Ladrillera**

### **Características de la Población**

La elaboración del ladrillo constituye una parte fundamental en la industria de la construcción; sin embargo, son una parte olvidada y conforman uno de los sectores con más bajo ingreso económico y con un mínimo acceso a una atención de salud adecuada.

Esta actividad ha sido desarrollada por personas de estratos sociales marginados, que utilizan este oficio a manera de autoempleo con poca estabilidad. Se caracteriza por una mala remuneración, poco reconocimiento por la sociedad y que demanda por parte del trabajador, un intenso esfuerzo y desgaste físico impactando negativamente a su salud. En la figura 2, se muestra parte de la actividad realizada por niños y adultos.

La producción del ladrillo comúnmente es adoptada como una actividad familiar en la cual participan niños y adultos, de los cuales, son las mujeres y los niños por sus propias características los más vulnerables a presentar daños en su salud. En el caso particular de los niños, el participar en esta actividad ocasiona alteraciones en su desarrollo físico y mental, lo que conlleva a la deserción escolar, por lo que por definición, se puede inferir que esta actividad sea considerada una forma de explotación infantil (OIT, 1996-2011; UNICEF-DIF, 2002; UNICEF, 1997).

Por lo anteriormente mencionado, las condiciones de vida de estas poblaciones son deplorables que sumado al costo de los materiales y transporte del producto, deteriora la calidad de vida de las familias. Las personas que mejor son remunerados, son aquellas que se encargan de mantener encendidos los hornos de 18 a 30 horas, que para ello deben someterse a trabajos forzados, condiciones de calor que generan altas temperaturas de



**Figura 2.** Participación de niños y adultos en la actividad ladrillera.

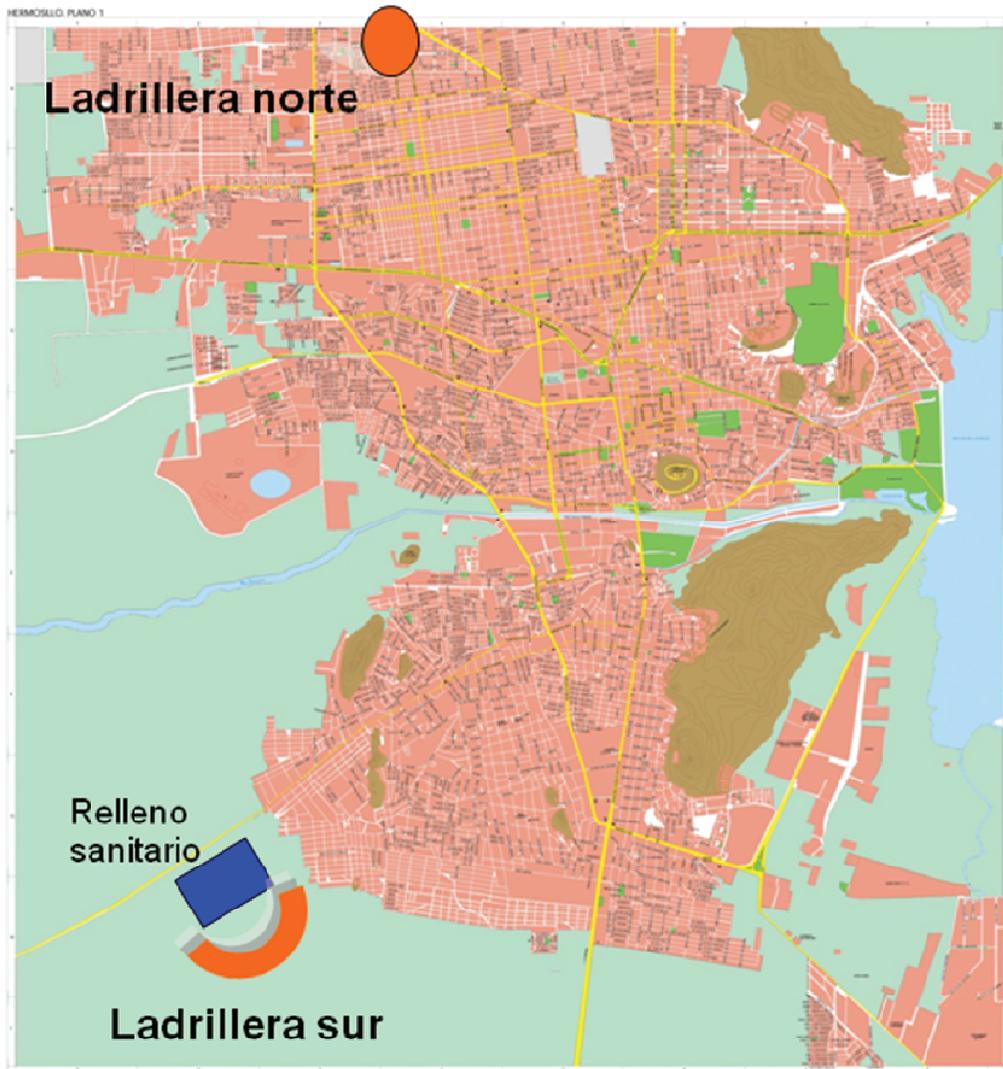
Fuente: Galería personal, 2009

600°C en promedio, polvo y contaminación de los hornos ladrilleros (González, 2010; Environmental Systems Branch, 2005).

En la ciudad de Hermosillo, Sonora, la ubicación de las zonas de producción del ladrillo no es la excepción de lo caracterizado en otros lugares. Hay dos zonas de ubicación, una al norte y otra al suroeste de la ciudad. En la zona norte, debido a problemas de propiedad de terrenos, los ladrilleros fueron retirados del área en donde habían laborado por más de 10 años; debido a esto, las ladrilleras sufrieron un esparcimiento por toda el área norte desde el Cerro Colorado (Noroeste) hasta San Pedro el Saucito (Noreste); la zona sur está ubicada en el área próxima al relleno sanitario de la ciudad y ésta no ha sido reubicada. En la figura 3, se muestra la ubicación de la zona ladrillera de Hermosillo, Sonora.

Cada zona ladrillera cuenta con aproximadamente 100 hornos, donde laboran hombres, mujeres y niños todos los días del año. Los niños se encargan de la humectación de la arcilla y moldeo, las mujeres de batir la arcilla y su moldeo, y los hombres, se involucran en prácticamente todo el proceso, hasta la armadura del horno y cocción del ladrillo. La jornada de trabajo es hasta de 12 horas diarias, durante toda la semana.

Cada familia elabora aproximadamente 7 000 piezas quincenales; cada pieza tiene un costo que varía de 1,5 pesos a 1,8 pesos, dependiendo si el consumidor va directamente al lugar de producción o si el ladrillo es llevado a domicilio y el pago por cargar y/o descargar. En el mismo lugar, y aledaño a los hornos ladrilleros, se encuentran sus viviendas, algunas elaboradas de cartón, lámina o de ladrillo de desecho, sus calles no están pavimentadas y la mayoría de las familias no cuentan con servicios públicos básicos como agua potable entubada y energía eléctrica.



**Figura 3.** Ubicación de las Zonas Ladrilleras de Hermosillo, Sonora, México.  
Fuente: SEMARNAT, 2007.

### **Proceso de Elaboración del Ladrillo**

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-006-1976, que establece las especificaciones para ladrillos y bloques, el ladrillo es un elemento de la construcción de forma prismática rectangular, obtenido por moldeo, secado y cocción de pastas cerámicas, barro, arcilla y/o similares extruidos o comprimidos, hechos a mano o en máquina, pudiendo variar en su tamaño, color y textura; tanto en la NMX como en ASTM-C-062-10, se establecen las características de resistencia al calor y a la humedad que deben de cumplir las piezas de ladrillo de acuerdo a su uso.

La elaboración del ladrillo, en la mayoría de los casos, sigue siendo una actividad artesanal que sigue las mismas etapas desarrolladas desde la antigüedad: preparación de la pasta, moldeo y cocción en hornos a una temperatura entre 900 y 1 100°C (en ocasiones se consiguen 600°C, dependiendo del combustible utilizado), donde se emplea materias primas como arcilla y agua, siendo almacenados al aire libre; no se sigue un control de proceso ni de calidad, y los hornos duran encendidos entre 18 y 30 horas continuas. Generalmente, este tipo de industrias se encuentran localizadas en las periferias de la ciudad y en la mayoría de las veces alejadas de la zona urbana o lugares donde se tienen disponibles los materiales para la fabricación de los productos (Environmental Systems Branch, 2005; Moreno, 2003; Siñani y col., 2004). La elaboración de este producto, como ya se mencionó anteriormente, sigue siendo una actividad 100% manual y artesanal desde la obtención de la materia prima hasta el producto final. En la figura 4 se muestra el proceso general de elaboración del ladrillo y en figura 5 el enjarre del horno con adobe y lodo.



**Figura 4.** Procedimiento de elaboración del ladrillo.

Al principio es necesario recolectar la materia prima con el contenido ideal de arcilla, la cual se obtiene escavando con pico y pala.



**Figura 5.** Enjarre del horno ladrillero con adobe y lodo.

Fuente: Galería personal, 2010.

En estas áreas se encuentran encendidos varios hornos durante el día y la noche y las personas que se encargan de proceso de quemado tienen que estar presentes durante todo el tiempo con el fin de mantener encendido el horno y obtener un calentamiento uniforme, con lo cual además de estar expuestos a contaminantes, también se exponen a altas temperaturas. En figura 6, se muestra el proceso de quemado o cocción del ladrillo.

### **Contaminantes Emitidos por la Industria Ladrillera**

Hoy en día la fabricación de ladrillos, tejas y otros productos de arcilla cocidos, se ha convertido en un problema ecológico en muchas ciudades y zonas rurales a nivel mundial debido al tipo de combustibles que se utilizan para la cocción de estos productos que emiten una gran cantidad de contaminantes.

Los materiales mayormente utilizados tanto para el arranque del horno como para la cocción del ladrillo son la leña, llantas usados, acumuladores, plásticos o textiles, aceite usado y casi cualquier material orgánico de desecho, que al ser incinerados, la combustión es incompleta y emiten una gran cantidad de gases y humos a la atmósfera, como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, partículas sólidas, compuestos orgánicos volátiles y metales pesados, que no solamente contaminan el aire, sino también cuerpos de agua, suelo y la exposición de las poblaciones que se encuentran cercanas a las zonas de emisión. El plomo está adherido a partículas sólidas, junto con algunos otros metales pesados, principalmente (Gómez y col., 2007; Environmental System Branch, 2005; Moreno, 2003). En la tabla I se muestra algunos de los contaminantes que se emiten al cocer el ladrillo, su fuente y los efectos a la salud, y en la figura 7, los humos emitidos durante el cocimiento del ladrillo.



**Figura 6.** Fragua utilizada para obtener un flujo continuo del aceite usado en la cocción del ladrillo, Zona Ladrillera Sur.

Fuente: Galería Personal, 2009.

**Tabla I.** Contaminantes emitidos por los hornos ladrilleros, fuente y efectos sobre la salud.

Contaminante	Fuente	Efecto
SO <sub>2</sub>	El óxido de azufre, proviene del uso de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre.	Ocasionan enfermedades bronquiales, irritación del tracto respiratorio, cáncer, entre otros.
SO <sub>3</sub>		Puede causar daños en la vegetación y ocasionar trastornos pulmonares permanentes y problemas respiratorios.
NO <sub>x</sub>	El óxido de nitrógeno, proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles como el combustóleo.	En altas concentraciones, genera smog que puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio. Provoca la lluvia ácida que afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.
CO	Monóxido de carbono es un gas inodoro e incoloro que se produce como consecuencia de la combustión incompleta cuando se queman materiales como gas, gasolina, querosén, carbón, petróleo o madera, las chimeneas, calderas, estufas u hornillas de la cocina de leña o querosén que no estén funcionando adecuadamente, de los carros detenidos con el motor encendido.	Cuando se inhala, sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones, produce mareos, jaqueca y fatiga, mientras que en concentraciones mayores puede ser fatal. Las personas sensibles son las mujeres embarazadas, niños pequeños, personas mayores, y aquellas personas que sufren de anemia y con trastornos cardiovasculares y respiratorios.
CO <sub>2</sub>	El bióxido de carbono se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. También se produce al quemar basura.	En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte. Es el principal gas causante del efecto invernadero.
Pb	Plomo emitido al quemar desechos industriales, neumáticos y aceite usado, principalmente	Daña al cerebro y al sistema nervioso, problemas de comportamiento y de aprendizaje (tales como hiperactividad), crecimiento retardado, problemas de audición y dolores de cabeza. En los adultos, se pueden tener complicaciones durante el embarazo, alta presión sanguínea, problemas digestivos, desórdenes nerviosos, problemas de memoria y concentración, dolores musculares y articulares.

Fuente: EPA, 2007; Somerhalder y col., 1993.



**Figura 7.** Humos emitidos durante la cocción del ladrillo en la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Galería Personal, 2009

En la Tabla II, se muestra los datos informados por Blackman y col. de los efectos a la salud derivados de la emisión de las partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ) procedentes de la industria ladrillera, los cuales sugieren que el impacto de los contaminantes emitidos por la industria ladrillera es muy significativo en la mortalidad y morbilidad de su población, destacando que la emisión de los hornos ladrilleros es el responsable de catorce muertes prematuras por año en Ciudad Juárez, Chihuahua y de más de tres en El Paso, Texas. Las muertes ocurridas en Ciudad Juárez, pueden deberse a que las partículas  $PM_{10}$  emitidas se depositen localmente en el área dada su situación geográfica y velocidad del viento que no permite el desplazamiento rápido de los contaminantes (Blackman y col., 2000).

En el reporte técnico de la Encuesta de Emisiones de cinco hornos ladrilleros localizados en Cd. Juárez, Chihuahua, México en 1993, se analizaron materiales como el ladrillo secado al aire libre, aserrín y madera curada obteniéndose un mayor contenido de calcio en 72 000, 2 000 y 1 200 mg/kg de muestra, hierro 14 000, 210 y 300 mg/Kg, manganeso 6 700, 210 y 190 mg/Kg respectivamente, para el caso de plomo no se detectó en ningún caso. También fue analizado el aceite usado o quemado para metales pesados presentando 1 114 mg/L de plomo, arsénico 436 mg/L, cadmio 54 mg/L, cromo 73 mg/L, cobre 25 mg/L, mercurio 1,4 mg/L y selenio 5,1 mg/L. Cada uno de los cinco hornos ladrilleros fueron probados con diferentes combustibles tanto para el arranque como para la cocción del ladrillo, determinándose únicamente compuestos orgánicos volátiles que entre los mayormente cuantificados fue el monóxido de carbono (CO), pero no se determinaron metales pesados ni partículas menores de diez micrómetros (Benson y col., 1993).

Siñani de la Universidad Mayor de San Andrés, en el 2004 estimó que había en la Paz, Bolivia 150 hornos de cocción para producto de la arcilla, que produjeron 2 559 000 unidades de ladrillo mensualmente y que utilizaron materiales altamente contaminante.

**Tabla II.** Efectos a la salud derivados de la emisión de partículas PM<sub>10</sub> procedentes de la industria ladrillera.

Efecto a la Salud	Ciudad Juárez, Chihuahua			El Paso, Texas		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	Número de casos*					
Mortalidad	2,5	14,1	31	0,5	2,6	5,8
Problemas respiratorios con admisión al hospital	0	262	770	0	37	107
Emergencias	0	607	1,7	0	85	240
Días laborables perdidos	0	3,2	8,5	0	448	1,2
Adultos con días de síntomas respiratorios	91,6	376,6	794	14,4	59,3	125
Adultos con días de actividad restringida	2,7	138	349,1	377	19,2	48,7
Ataques de asma	180	42,7	108,6	25	6	15,1
Niños con bronquitis crónica	0	1,6	4,4	0	184	497
Niños con tos crónica	0	1,9	5	0	211	564
Adultos con bronquitis crónica	0	93	242	0	15	38

\*Valores medios e intervalo de confianza del 95%, expresado como valor bajo y alto.

Fuente: Blackman y col., 2000.

Los materiales inventariados fueron expresados en toneladas: aserrín 2 159, aceite quemado 1 998 (equivalente a 2 220 480L), llantas usadas 560,3 (equivalente a 61 680 piezas), leña 8 952 y residuos industriales como plásticos, baterías, fibra de vidrio, cubierta de cable, solventes, tintas, productos químicos y residuos hospitalarios entre el 8 y 10 % de los combustibles utilizados.

Benson en 1993, realizó determinaciones de gases y metales a partir de la materia prima y de gases emitidos por los hornos ladrilleros ubicados en Ciudad Juárez, Chihuahua, encontrando que la materia prima, que consistió de aserrín, madera tratada y el ladrillo secado al aire y aceite usado. El reporte técnico emitido indica que los gases de mayor emisión fueron el monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno, y el de mayor contenido en plomo fue el aceite usado o quemado (Benson y col., 1993).

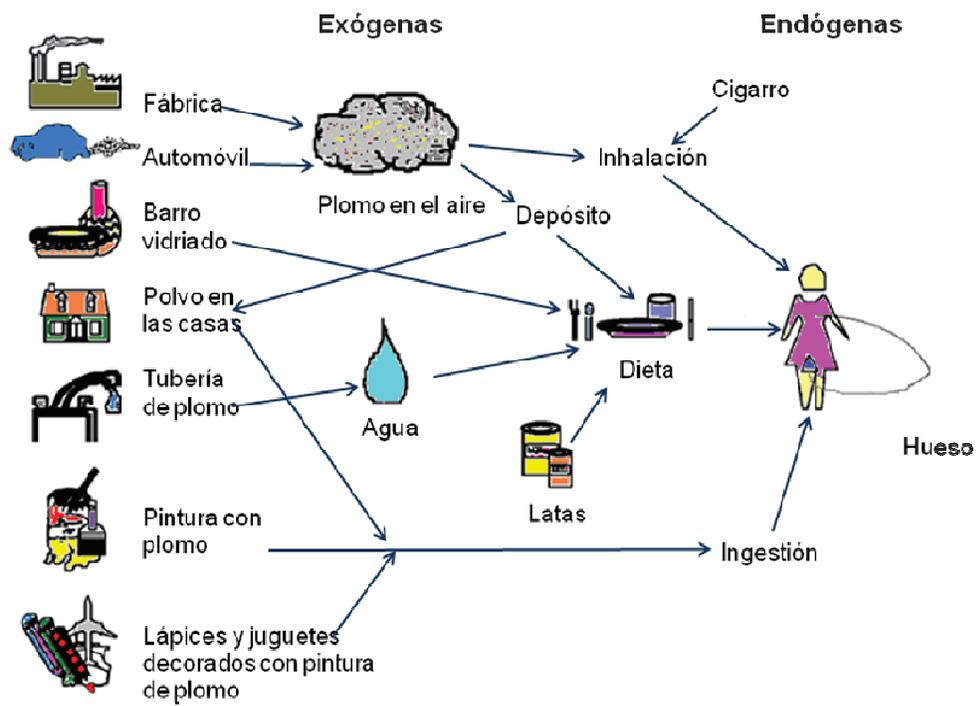
En la India, la industria ladrillera, al igual que en otras partes del mundo no está organizada, la producción es a baja escala y el sistema de producción es artesanal; hasta el 2005, eran aproximadamente 100 000 grupos (formado por padre, madre e hijos) dedicados a la manufactura del ladrillo, localizados en el área rural y periférica de la ciudad de Nueva Delhi, consumiendo 18 toneladas de carbón por cada "lakh" (100 000 ladrillos), lo que equivale a 24 millones de toneladas de carbón por año que es el 8% del consumo total del país; además, se consume varios millones de toneladas de otros biocombustibles, que representan entre el 35 y 50% del costo final de la pieza de ladrillo (Environmental Systems Branch, 2005).

### **Plomo**

El plomo es un componente natural en el ambiente, dadas sus propiedades físicas de temperatura de fusión baja, dúctil y maleable, resistente a la corrosión y formación de aleaciones ha sido utilizado en muy diversas aplicaciones dentro

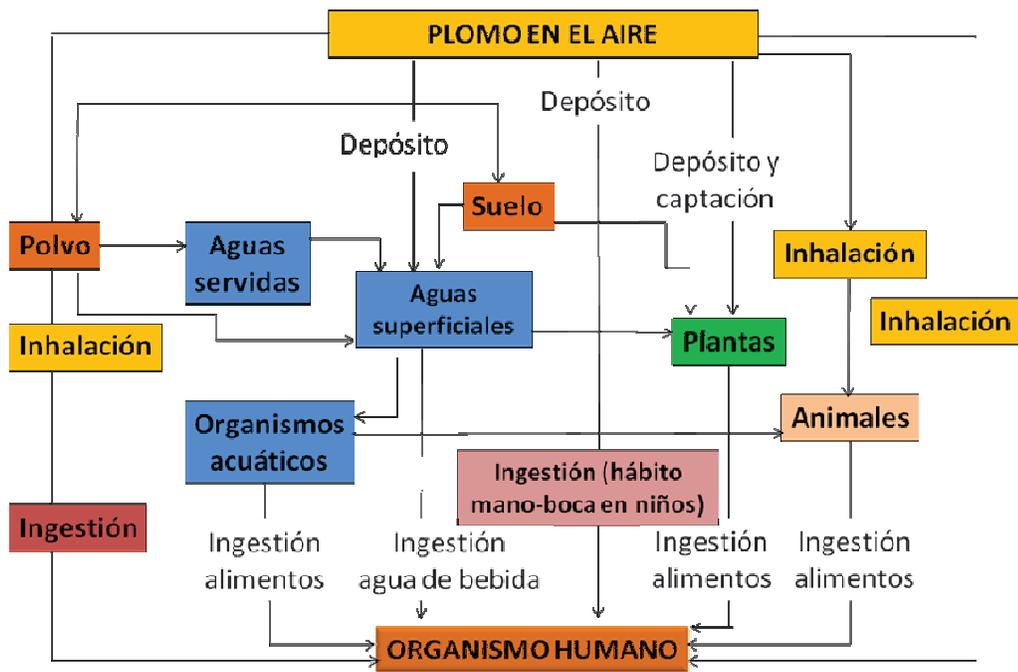
de la industria metalúrgica y eléctrica para la producción de materiales, objetos y utensilios de uso cotidiano y fabricación de vidrio. Los pigmentos con plomo son muy apreciados por su colorido y bajo costo por lo que se le utiliza en la fabricación de pinturas.

En la industria del transporte se usa como proveedor de octanaje para la gasolina y lubricador de válvulas. Las fuentes de exposición al plomo en las áreas urbanas –ocupacional y poblacional- se asocian con los desechos y emisiones de industrias tan diversas como la metálica, la cerámica, la producción de latas para envasar alimentos, pinturas, pigmentos, juguetes, cubierta para cables de teléfono, televisión, internet o electricidad, ya que puede extenderse para formar un forro continuo alrededor de los conductores internos y en baterías para automóviles; mientras que la exposición doméstica se realiza a través del contacto con tuberías de plomo y del uso de la cerámica vidriada para cocinar, contener y consumir alimentos. Además, la fuente de plomo puede ser inusual como en el caso de la medicina folklórica, como la greta y el azarcón, que se emplean como tratamiento para el empacho y la diarrea, suplemento de calcio de huesos de animales y balas retenidas de heridas de arma de fuego; en general, por las actividades antropogénicas donde la emisión a la atmósfera de compuestos de plomo llegan al suelo, aire y agua, por otro lado se tienen las fuentes naturales que se deposita en los cuerpos de agua, alimentos y finalmente llega a las poblaciones expuestas, figuras 8, 9 y 10 (ATSDR, 2007; Manzanares y col., 2006; Valdivia, 2005; Cortez-Lugo y col., 2003; Romieu, 2003; Samaniego y col., 2002).



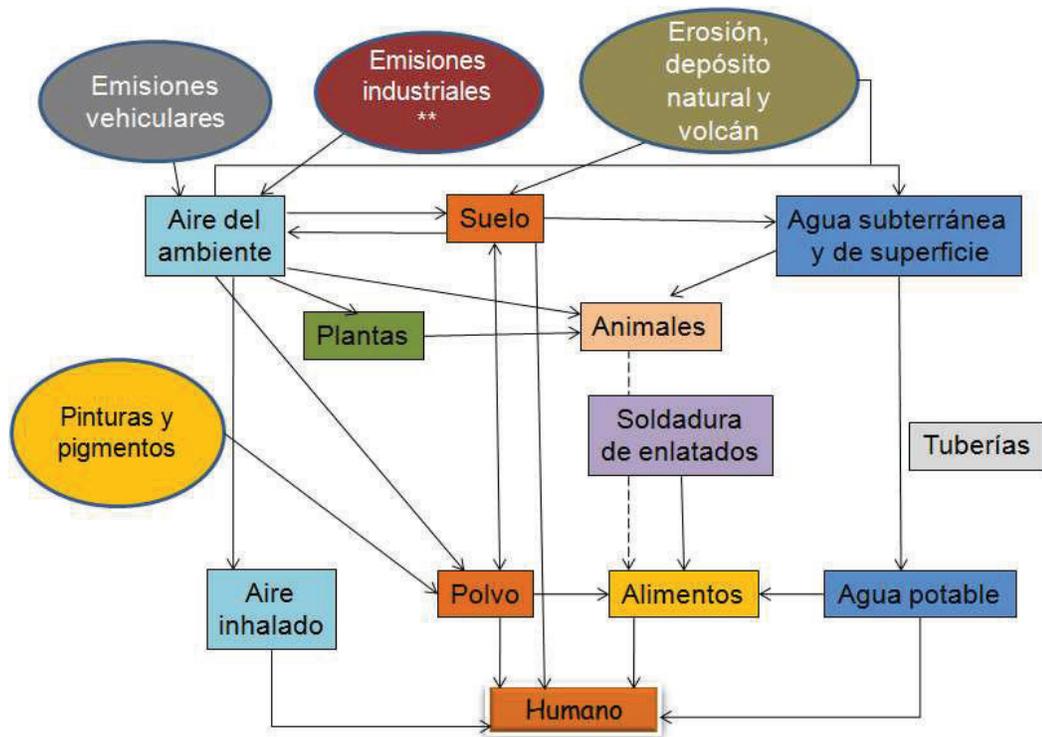
**Figura 8.** Fuentes de exposición exógena y endógena de plomo.

Fuente: Romieu, 2003.



**Figura 9.** Fuentes naturales de contaminación de plomo.

Fuente: Díaz, 2009.



\*\* Fertilizantes, Plaguicidas y desechos

**Figura 10.** Esquema de exposición humana al plomo y cadena de difusión.

Fuente: EPA, 1986.

En la perspectiva de salud pública, el plomo es una de las principales causas de intoxicación pediátrica prevenible. Se considera un contaminante ecotoxicológico ya que su uso provoca contaminación ambiental y exposición en humanos. En general, este metal no tiene participación alguna en la función del organismo; sin embargo, se le reconoce como uno de los riesgos más importantes en la salud debido a los efectos deletéreos, acumulativos y permanentes sobre el desarrollo neurológico de los niños. Los efectos nocivos del plomo se amplifican en la medida en que aumenta su concentración en sangre, y el amplio espectro de daños que produce incluyendo el sistema hematopoyético, manifestándose en una disminución en la producción de hemoglobina y por lo tanto anemia, produce serias complicaciones en el sistema nervioso central y periférico incluyendo la encefalopatía, afecta el metabolismo de la vitamina D, disminuye la velocidad de conducción nerviosa, produce daño renal, daño al músculo esquelético, hipertensión arterial, compromete el desarrollo físico y cognoscitivo de los niños, y puede producir hasta la muerte. Los síntomas de intoxicación aguda pueden ser: diarrea, cólico, náuseas, vómito, agotamiento, parestesias, debilidad muscular, insomnio, convulsiones y dolor de cabeza. Puede producir crisis hemolíticas, oliguria e incluso la muerte en un lapso de uno a dos días. Los síntomas gastrointestinales son más frecuentes en el adulto en comparación con los niños en quienes predominan los del sistema nervioso central (Manzanares y col., 2006; Rischitelli y col., 2006; Cortez-Lugo y col., 2003; Vázquez-Ballesteros y col., 2002; Jiménez y col., 1993).

La exposición al plomo es más peligrosa para el feto y el niño que para el adulto; el feto puede estar expuesto a través de la madre, cuyos efectos puede incluir nacimientos prematuros, bebés de menor tamaño, dificultades de aprendizaje y retardo en el crecimiento; estos efectos son más comunes si la madre y el bebé estuvieron expuestos a niveles altos de plomo pudiendo ir más allá de la infancia (ATSDR, 2007).

Es la transmisión y difusión de humos o gases tóxicos a medios como la atmósfera, agua, suelo provenientes de los desechos de la actividad humana e industrial o natural que puede tener efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente en su conjunto. Hay cuatro aspectos importantes para la interacción entre el plomo y el ambiente que son las partículas inhaladas, polvo, alimento y agua (Liang y col., 2010). La fuente primaria de contaminación del aire, ha sido el consumo de combustibles con plomo en los automóviles (principalmente el tetraetilo de plomo), que es utilizado para desacelerar el proceso de combustión de los motores y dado que el plomo no se consume en el proceso de combustión, se emite como material particulado tanto del elemento como de sus compuestos (ATSDR, 2007). Otra de las actividades es el proceso de reciclaje y fabricación de baterías en el sector informal que utiliza el plomo metálico en la fundición de rejillas, bornes y soldadura, procesos manuales de donde se desprenden partículas de plomo que contaminan el ambiente (Cárdenas y col., 2001).

En México, la exposición a este metal se ha modificado sustancialmente, y en poblaciones pediátricas e infantiles se ha identificado como principal factor el uso de la loza de barro vidriado cocida a baja temperatura utilizada para cocinar o guardar alimentos y bebidas (Leal-Escalante y col., 2007; Manzanares y col., 2006). En otro estudio realizado en México, Distrito Federal se determinó que los principales factores de exposición que predicen las concentraciones de plomo fueron la de tener una edad entre seis y ocho años, ocupación de la madre, uso de cerámica vidriada, proximidad a talleres donde se usaban sustancias con plomo y escolaridad de segundo de primaria (Vázquez-Ballesteros y col., 2002).

### **Vulnerabilidad de la Población Infantil**

Aunque en general, los niveles de plomo en sangre han disminuido notablemente, el problema de intoxicación por plomo, no se ha resuelto. Aún hay países en los que se reportan niveles elevados principalmente en los niños pobres de las minorías y en vecindarios de construcciones antiguas. Los datos de vigilancia epidemiológica mostraron que la prevalencia de niveles elevados en sangre era 30 veces mayor en niños de ingresos más bajos y que habitaban en construcciones antiguas, que en los niños de clase media y que ocupaban residencias más nuevas.

En Estados Unidos de América y en algunos países europeos, se demostró que la eliminación del plomo en la gasolina reducía de manera drástica los niveles de plomo en los niños; sin embargo, los niños de América Latina y del Caribe se encuentran expuestos a través de otras vías como la manufactura y el reciclaje de baterías, plantas de fundición, la industria minera, la cerámica vidriada y las prácticas culturales medicinales que hacen más difícil el control y descenso de las concentraciones de plomo en la población (McGeehin, 2003).

Entre la población de mayor riesgo a la exposición de productos tóxicos están los neonatos y los niños menores de 10 años, debido a la vulnerabilidad y susceptibilidad de su organismo. La Organización Mundial de la Salud, ha declarado que los niños son diferentes a los adultos y existe una clara evidencia de que pueden enfrentarse a riesgos a la salud y desarrollo dado que:

1. En los niños, el sistema inmunológico, neurológico, respiratorio y digestivo todavía están en desarrollo y pueden ser perjudicados con mayor facilidad por la exposición a cualquier número de factores en el medio ambiente. El sistema nervioso menos desarrollado es más vulnerable a los efectos del plomo que aquél que se considera maduro.

2. Ingeren mayor cantidad de alimentos y respiran más que los adultos en proporción a su peso, y por ello, su alimento y agua deben ser especialmente seguros.
3. Tienen hábitos y gustos por jugar en el exterior, estar en contacto con el suelo en su mayor tiempo, llevarse objetos a la boca aumentando la posibilidad de exposición a contaminantes ambientales.
4. Están expuestos al plomo durante toda su vida, teniendo vías de exposición únicas, la placentaria y la leche materna, pudiendo persistir más allá de la niñez.
5. Tienen una capacidad limitada de comunicar, actuar y tomar decisiones sobre el medio ambiente y su salud. Necesitan que otros actúen en su nombre.
6. Ciertos factores genéticos y ambientales pueden incrementar los efectos del plomo sobre el desarrollo neural, ocasionando que ciertos niños sean más vulnerables a la neurotoxicidad del plomo.
7. Una gran proporción del plomo gana acceso al cerebro por el sistema circulatorio, especialmente en los niños menores de 5 años (EPA, 2007; Lidsky y col., 2003; Järup, 2003).

A parte de las características ya mencionadas, hay otros factores que determinan si la exposición a cualquier compuesto tendrá un mayor impacto a la salud o no, que incluye la dosis del contaminante, tiempo de exposición y la vía de entrada al organismo, la presencia de otros contaminantes a los que se esté expuesto y características propias del individuo como edad, sexo, raza, dieta, estilo de vida, estatus económico, ocupación, prácticas culturales y condiciones de salud de la población (ATSDR, 2007; Mielke y col., 1998; CDC, 1993).

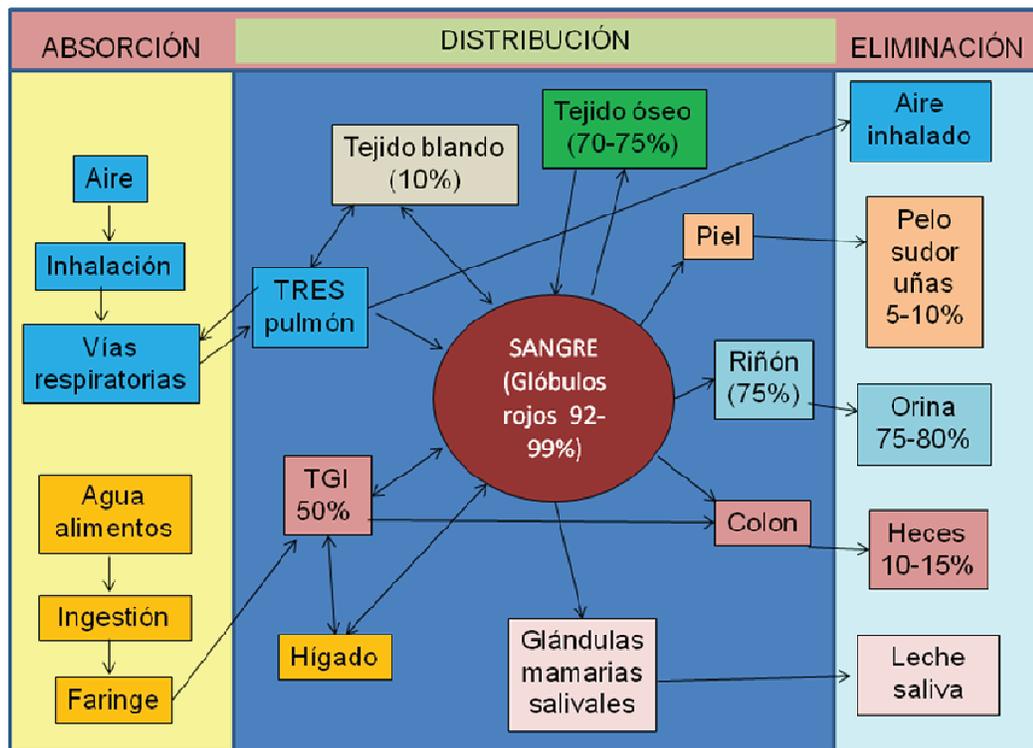
La Agencia de Protección al Ambiente, EPA y la Organización Mundial de la Salud, OMS, han establecido que los niños menores de 6 años son los más vulnerables a la intoxicación por plomo, por lo que han elaborado programas a

nivel mundial para la identificación de zonas de contaminación y control de poblaciones expuestas, sobre todo en la infantil (USEPA, 2008).

### **Toxicocinética del Plomo**

Krantz y Dorevitch, especifican la toxicocinética del plomo: El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción cutánea del plomo es mínima, pero el orgánico sí se absorbe bien por esta vía de entrada. Después de su ingestión, se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño y tránsito gastrointestinal, estado nutricional y edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es de menor tamaño, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran consumo de grasas o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si es niño de menor edad, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 al 50% mientras que en el adulto es del 10% a través de esta vía (Manzanares y col., 2006; Valdivia, 2005; Samaniego, 2002).

Después de la absorción, se distribuye primeramente en sangre unido a los eritrocitos, aproximadamente el 95% se une a éstos, se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad; después de 1 a 2 meses se deposita en músculo esquelético, uniéndose a fosfatos y tomando lugar del calcio, donde es inerte y no tóxico. Se estima que el plomo tiene una vida media de 35 días en sangre, 40 días en tejido y hasta 20 a 30 años en los huesos. El metal puede movilizarse del hueso a torrente sanguíneo por cambios en condiciones fisiológicas como embarazo, lactancia, accidentes que involucre fractura, hipertiroidismo, medicamentos o edad avanzada. El Pb cruza la barrera placentaria y hematoencefálica y, finalmente se excreta por orina en un 90%, en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna (Valdivia, 2005; Rothenberg y col., 1999; Staudinger y col., 1998). En la figura 11, se muestra el modelo metabólico general del plomo.



**Figura 11.** Modelo metabólico general del plomo en el ser humano.

Fuente: Manzanares 2006; Valdivia 2005; Samaniego, 2002; Hernberg, 1988.

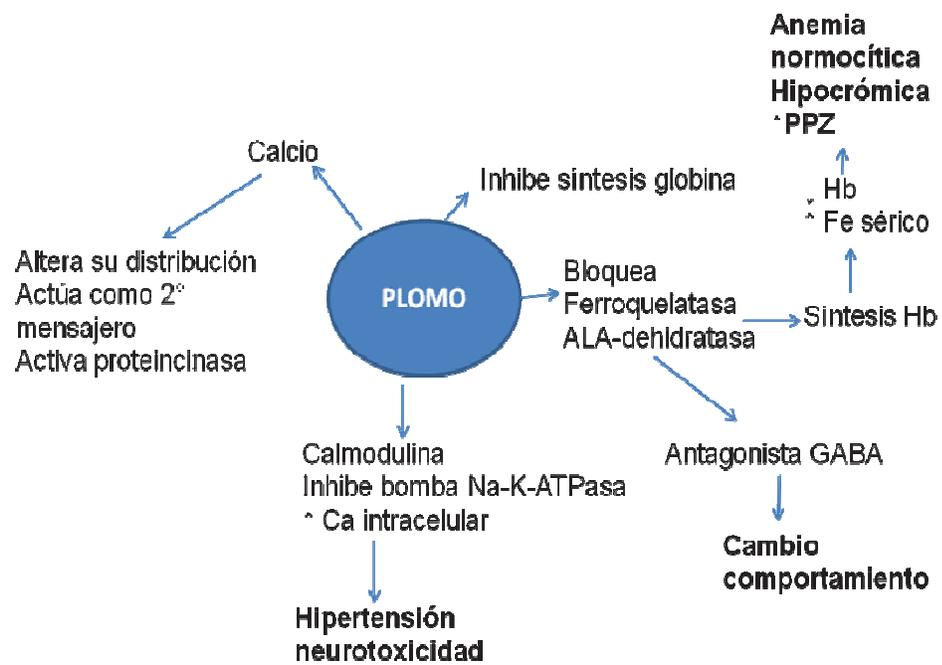
### **Mecanismo de Acción del Plomo**

El daño más temprano y claro que causa el plomo es por su gran afinidad por los grupos sulfhidrilos, en especial por las enzimas dependientes de zinc, imidazol, amino, carboxilo y se une fuertemente a las membranas biológicas, proteínas y vías de producción de la hemoglobina, interfiriendo en la síntesis de globina en los eritrocitos, bloquea a la enzima ferroquelatasa e impide la unión del hierro a la protoporfirina IX para formar el grupo heme, la protoporfirina se une al zinc y forma la protoporfirina-Zn (PPZ), lo que incrementa su concentración dentro del eritrocito, disminuyendo la de hemoglobina (Ramírez, 2008; Cárdenas y col., 2001). El Pb interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, alterando de la siguiente forma:

1. Se comporta como un segundo mensajero intracelular alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
2. Activa la proteincinasa, enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
3. Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio.
4. Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.

En la figura 12, se muestra el mecanismo general del plomo.

Esta alteración a nivel de calcio trae consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular, lo que explica en parte, la hipertensión y la neurotoxicidad. Los órganos más sensibles a la toxicidad son los sistemas hematopoyético, sistema nervioso central y el renal. Interfiere con la síntesis del grupo heme, uniéndose a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como la d-aminolevulínico (ALA) dehidratasa y la ferroquelatasa, aumentando el sustrato ALA, que es un antagonista del ácido gamma aminobutírico (GABA) y al competir en el cerebro con los receptores de GABA, produce cambios en el



**Figura 12.** Mecanismo de acción del plomo.

Fuente: Ramírez, 2008; Valdivia, 2005; Vázquez-Ballesteros, 2002; Cárdenas, 2001.

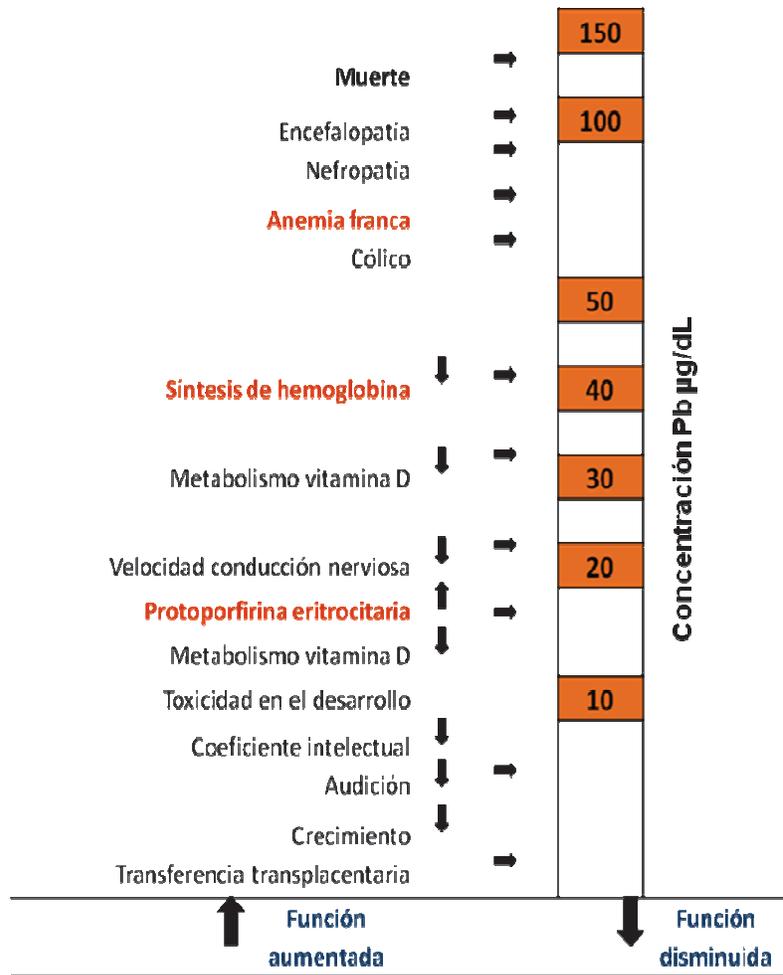
comportamiento; además, impide la incorporación del ión ferroso al anillo porfirínico, dando como resultado un aumento de las protoporfirinas de zinc y finalmente la anemia; la manifestación más común es la anemia normocítica hipocrómica y aumento en la concentración de hierro sérico, siendo más frecuente en niños y causada por una disminución en la vida media de los eritrocitos y una inhibición de la síntesis del grupo heme (Ramírez, 2008; Valdivia, 2005; Vázquez-Ballesteros y col., 2002; Cárdenas y col., 2001).

Su toxicidad se relaciona por la afinidad que tiene por las membranas celulares y las mitocondrias; como resultado de esto, interfiere con la fosforilación oxidativa y con la adenosil trifosfato de sodio, potasio y calcio. También altera la actividad de los mensajeros intracelulares dependientes de calcio. Por otra parte, puede estimular la formación de cuerpos de inclusión que producen translocación del metal en el núcleo celular y altera la expresión genética (Vázquez-Ballesteros y col., 2002). En la figura 13, se muestra los daños por toxicidad a diferentes niveles de concentración de plomo en sangre.

Para el monitoreo biológico en exposición ocupacional, se utiliza como indicador el plomo en sangre por reflejar con fidelidad las concentraciones medias de los compartimentos de recambio. Sin embargo, existen otros indicadores biológicos de exposición como hemoglobina, protoporfirina-Zinc y la actividad de enzima hidratasa del ácido-delta-aminolevulínico y en orina la excreción del mismo ácido. En la práctica diaria, el indicador más utilizado es el plomo sanguíneo y los otros parámetros quedan reservados para diagnósticos diferenciales o valoración de daño bioquímico (Ramírez, 2008).

### **Factores Socioeconómicos Relacionados a la Concentración de Plomo**

En el esfuerzo por reducir los niveles de plomo en la población, se realizó un estudio en Estados Unidos, donde se efectuaron determinaciones de plomo en sangre en niños de 1-5 años, los niños de descendencia mexicana tuvieron



**Figura 13.** Relación de la toxicidad del plomo a diferentes niveles de concentración en sangre.

Fuente: CEPIS, 1999; ATSDR, 1990.

niveles de plomo mayor a 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$  con una prevalencia del 28,4%. Este grupo presentó características de vulnerabilidad como el de habitar en casas antiguas, familias de escasos recursos y vivir en zonas urbanas (Morales y col., 2005).

Bernard, en su estudio comparó los niveles de plomo en sangre con la descendencia y factores socioeconómicos, informando que el 69% de los niños eran blancos no hispano, y que de éstos el 75% tenía niveles de plomo menor a 5  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ; en cambio el 19% eran niños de color no hispanos y que el 65% del grupo de niños con niveles de plomo mayor a 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  eran niños de color no hispanos. El análisis de resultados indica una asociación entre los factores de riesgo y los niveles de plomo en sangre, determinando que el habitar una casa construida antes de 1946, incrementó los niveles de plomo en sangre en más de 5  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y que el descender de una familia de bajos recursos económicos incrementó dos veces el riesgo de tener niveles mayores de 5  $\mu\text{g}/\text{dL}$  (Bernard y col., 2003).

En otro estudio realizado con niños-adolescentes se encontró que las variables como edad, sexo, factores socioeconómicos y nivel educativo fueron estadísticamente significativos y predictores e independientes de la exposición de plomo entre niños mexicano-americanos, la antigüedad de la casa, la fuente de abastecimiento de agua y el lenguaje eran independientes de los niveles de plomo en sangre. Además, se encontró la primera generación de niños inmigrantes con altos niveles de plomo, pudiendo deducir que en México aún se sigue utilizando la cerámica vidriada y los remedios caseros que contienen plomo.

Otro de los hallazgos de este estudio, fue la asociación entre el lenguaje hablado entre los niños mexicano-americano quienes tuvieron niveles de plomo más altos que los que solamente hablaban español-español que los que hablaban español-inglés (Morales y col., 2005).

### **Asociación con la Cercanía de Hogares con Talleres de Reparación**

En el Hospital Morelense de Cuernavaca, Morelos, se estudiaron los niveles de plomo en sangre de 232 niños de uno a doce años de edad, la media geométrica de plomo fue de 6,7  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , donde el 29% superaron el nivel de acción permitido de 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ; el 66% tenía antecedentes de cocinar en barro vidriado, el 36% de almacenar los alimentos y el 19% de consumir bebidas en esos recipientes. Este se refiere al primer estudio documentado de concentración de plomo en la población de Morelos.

Esta determinación demuestra que a pesar de que la fabricación de cerámica vidriada está regulada, ésta aún se sigue produciendo y utilizando, lo que hace que los niveles de plomo en sangre permanezcan. El tipo de estudio fue transversal con un muestreo sistematizado. Los niños de 2, 3, 5 y 6 años reportaron los niveles más elevados (10, 9,4 y 10,3  $\mu\text{gPb}/\text{dL}$ , respectivamente), no se encontraron diferencias con respecto al sexo. El modelo final del análisis permitió establecer que los niveles de plomo en sangre estaban influidos por el nivel de tráfico donde estaban ubicadas las casas, el utilizar cerámica vidriada y la cercanía de la casa a un taller mecánico (Meneses-González y col., 2003).

En Santo Domingo, República Dominicana se estudió a un grupo de niños entre los 11 y 14 años de edad. Se determinó plomo en sangre, obteniéndose una media aritmética de 21,7  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . La higiene de hogares donde habitaban estos niños fue clasificada como mala, el 80% de las viviendas contaban con 1 a 2 dormitorios para uso de 5 a 8 personas. El 100% de las madres de los niños reportaron haber vivido en el barrio y que no habían recibido información alguna de los riesgos del plomo a la salud. El comportamiento del tráfico fue de moderado a elevado las 24 horas; además, el asfalto era de mala calidad lo que aumentaba el nivel de polvo y hollín al interior de las casas.

Otro hallazgo, en esta misma investigación fue la cantidad de negocios informales al interior de las viviendas, se tenían establecidos talleres de

soldadura, reparación y pintura, reparación de baterías, mecánica, electricidad, y terminal de autobús, por lo que la concentración de plomo en sangre, las prácticas de higiene del hogar y el establecimiento de talleres de diversas actividades se correlacionaban (Espinal y col., 2007).

En Venezuela, se identificaron los factores ambientales que contribuyeron a la concentración de plomo en sangre en niños de 4 a 9 años de edad, utilizando el Sistema de Información Geográfico. El muestreo fue aleatorio tomando como variable la distancia de 130 metros de la fuente considerada como emisora y la ubicación de la casa del niño participante. Se tomaron como fuentes emisoras talleres mecánicos, de soldadura, herrería, pintura, estaciones de gasolina y parada de autobuses. La concentración media de plomo en sangre fue de  $9,5 \pm 2,7$   $\mu\text{g/dL}$  para mujeres y de  $11,1 \pm 3,1$   $\mu\text{g/dL}$  para los hombres. La concentración más elevada fue determinada en los hombres y mujeres, cuyos hogares estaban cercanos al taller de herrería de  $15,3 \pm 4$   $\mu\text{g/dL}$  y de  $10,3 \pm 1$   $\mu\text{g/dL}$  para hogares cercanos a talleres de soldadura; los niños que tenían cercano sus hogares a talleres mecánicos el valor medio fue de  $13 \pm 3,5$   $\mu\text{g/dL}$  de plomo en sangre (Espinoza y col., 2006).

A un grupo de niños entre 6 y 12 años de edad, se les determinó la concentración de plomo en sangre y se encontró que los niveles de plomo fueron más elevados en los niños que asistían a la escuela pública y que presentan las características de ser varones, entre 6 y 8 años de edad y cursar el primero y segundo año de primaria, que sus madres fueran profesionistas, que en su casa se utilizara la cerámica vidriada y cerca de sus domicilios existieran diferentes talleres donde utilizaban contaminantes con plomo. También se consideró la ingesta de leche y pescado, observándose una relación negativa con la concentración de plomo, actuando como factores de exposición positiva (Jiménez y col., 1997).

### **Relación de la Concentración de Plomo con Calcio y Hierro**

La deficiencia de hierro y la intoxicación por plomo afectan el crecimiento y desarrollo neurológico de los niños. Numerosas publicaciones demuestran que ambas situaciones pueden asociarse; además, ambos problemas son comunes en niños menores de 5 años, de bajos recursos económicos y sometidos a la contaminación ambiental.

En el año 2005, en América Latina 64 millones de personas sufrían de desnutrición, lo que representaba un 13% de la población. Hasta 11 millones de niños preescolares no presentaban un crecimiento y desarrollo adecuado. De los casi 12 millones de niños menores de 5 años que mueren anualmente por enfermedades previsible, el 55% se relacionan a causas de desnutrición. La UNICEF ha descrito que la deficiencia de hierro en la primera etapa de la infancia puede reducir el coeficiente intelectual y que los niños amamantados debidamente alcanzan un desarrollo intelectual mayor que aquellos que no reciben dicho beneficio. Las deficiencias en la ingesta de energía, proteína, hierro y zinc, así como el hacinamiento y el deficiente saneamiento ambiental se asocian a un bajo nivel inmunológico y nutricional (Arnaud y col., 2005).

La mayor prevalencia de la anemia por carencia de hierro ocurre entre los 6 y 24 meses de edad, lo que coincide con el crecimiento rápido del cerebro y con una explosión de habilidades cognitivas y motoras del niño. En escolares, la deficiencia de hierro puede provocar irritabilidad, apatía, fatiga, falta de concentración mental, aumento de la susceptibilidad a las infecciones entre otras.

En la actualidad se sabe que la deficiencia leve y moderada de hierro, aún sin anemia, tiene consecuencias funcionales adversas en todas las edades; mientras que durante los dos primeros años de vida posiblemente son irreversibles aún con terapia (Reboso y col., 2005).

El origen del plomo en el organismo del infante, parece ser una mezcla de aproximadamente dos terceras partes obtenida de la dieta y una tercera parte de lo depositado en los huesos, mostrado por estudios donde se utilizó isótopos del metal en mujeres lactando, según fue mostrado por Gulson en su artículo de movilización del plomo desde los huesos durante el embarazo y la lactancia, y aunque el plomo se detecte en leche materna, la concentración es semejante a la encontrada en plasma pero más baja a la que se presenta en la sangre total. Dado que las fórmulas infantiles también contienen plomo, un menor que está siendo alimentado con leche materna y fórmula estará más expuesto a las concentraciones de plomo que uno que no se estuviera amamantado (Committee on Environmental Health, 2005; Gulson y col., 1998).

En México, las mujeres son suplementadas con calcio durante la lactancia resultando en un pequeño decremento de la concentración de plomo sanguíneo, menos de 2 µg/dL, probablemente por la reabsorción del plomo en los huesos. Teóricamente, disminuiría la transferencia del plomo a través de la leche materna. Sin embargo, en los Estados Unidos, donde la suplementación con calcio es a mayor dosis, no previene la pérdida de masa de hueso durante la lactancia lo que no afectaría la remoción de plomo sanguíneo para que se depositara en los huesos (Ettinger y col, 2007; Committee on Environmental Health, 2005; Hernández-Ávila, 2003; Kalkwarf y col., 1997).

La evidencia de que la deficiencia de hierro incrementa la concentración de plomo en niños expuestos está basado en estudios con animales y limitado a estudios en humanos. En un estudio desarrollado por Bradman y grupo de investigación, se muestra la relación entre la deficiencia de hierro y la exposición a medios contaminados a nivel bajo, mediano y altamente contaminado. Ellos determinaron plomo en suelo, pintura, polvo y sangre en niños de 1 a 5 años de edad, encontrando que el 14%, de 319 niños muestreados, excedieron los 10 µg/dL y el 24% mostró deficiencia de hierro,

medido a través de la ferritina con concentraciones menores a 12 ng/dL. También se determinó que el 17% de los suelos estaban contaminados excediendo los 500 mg/kg y el 23% y 63% de las muestras de pintura interior y exterior excedieron los 5 000 mg de Pb/kg. Aún después de hacer los ajustes por confusores, la relación de la concentración de plomo en sangre y la deficiencia de hierro permaneció; indicando lo anterior que la deficiencia de hierro sí estaba directamente relacionada a niveles incrementados de plomo (Bradman y col., 2001).

La absorción gastrointestinal de plomo es mayor en infantes y niños que en adultos y la absorción se incrementa por las deficiencias nutricionales de hierro y calcio. El grado de absorción de plomo se incrementa considerablemente en personas con ayunos prolongados o en personas cuya dieta es deficiente en calcio, hierro, fósforo, cobre o zinc. Actualmente se investiga si la administración de suplementos de calcio o hierro a niños intoxicados por plomo, y que no presenten deficiencias con respecto a estos metales, constituya una buena alternativa (Manzanares y col., 2006; Markowitz, 2003; Staudinger y col., 1998; Mielke y col., 1998).

La relación entre la concentración de plomo en sangre y la deficiencia de hierro puede ser debida a que se comparte el mismo sistema de absorción del hierro, llevada a cabo en las células intestinales específicamente en las células pequeñas, por medio del transportador DMT-1, incrementando éste su expresión cuando hay deficiencia de hierro y decreciendo cuando vuelve el hierro a su concentración normal, lo que explica el aumento de plomo en la sangre. En estudios in vitro se ha mostrado que el DMT-1 transporta al plomo, pero que el hierro puede inhibir este transporte, debido posiblemente a la alta afinidad por el hierro, en cambio el plomo no parece inhibir la absorción del hierro; sin embargo, algunos autores se cuestionan a cerca de la participación del transportador DMT-1 en la toxicidad del plomo, lo que también se señala es

que puede estar involucrado el transportador del calcio en el intestino (Kordas, 2010).

La prevalencia de anemia observada en el estudio del municipio de Arandas, Jalisco, se observó en la población pediátrica que el 7,9% consumió carne mínimo 5 días a la semana, mientras que el consumo de alimentos como té o café y alimentos ricos en fitatos fue más frecuente, 100% consumían tortillas y el 80% frijoles siete días a la semana, considerándose estos alimentos como factores inhibidores de la absorción del hierro no-hémico.

En este mismo estudio, se observó que el 47% de la población presentó parasitosis, predominando significativamente la giardiasis y la amibiasis, conocidos que interfieren con la absorción de nutrientes, especialmente lactosa y nutrimentos inorgánicos como los microelementos, causando cuadros diarreicos con moco y sangre y a largo plazo una anemia por pérdidas sanguíneas periódicas (Vazquez-Garibay y col., 2002).

### **Efectos a Bajas Concentraciones de Plomo**

En la medida que ha ido surgiendo más información, se ha evidenciado que a niveles de exposición al plomo más bajos, que el considerado como nivel de acción, el plomo causa problemas a la salud principalmente a nivel neuroconductual. A partir de estudios epidemiológicos prospectivos y otros estudios en humanos y animales, se ha demostrado que los niveles de plomo en sangre perinatales de 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{dL}$  significan un motivo de preocupación debido a los efectos nocivos en el desarrollo pre y postnatal. Estos valores no se consideran el umbral de toxicidad, reconociéndose que hay efectos nocivos en niveles por debajo de éstos. El nivel hace referencia a poblaciones enteras y un individuo puede no necesariamente manifestar signos fácilmente detectables de daño neuroconductual u otro a estos niveles (Davis y col., 2003).

La intoxicación por plomo debida a la exposición a bajos niveles ha cobrado gran importancia en el área de la salud pública, dado que las evidencias de los niveles en sangre entre 10 y 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  se han asociado con una disminución en el coeficiente intelectual promedio de 2,5 puntos, de acuerdo a las publicaciones realizadas en 1994 por Schwartz y Pocock. Ahora bien, clínicamente no representa claramente un problema de desempeño en el futuro, pero si desde el punto de vista de salud pública y económico, dado que se ha estimado que un incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de plomo en sangre, en un niño estadounidense, se reducen en más de 10 000 dólares los ingresos económicos que pudiera percibir en el futuro, de acuerdo a lo dispuesto por el CDC (Davis y col., 2003; Matte, 2003; Grosse y col., 2002).

Para algunos investigadores parecería ser poco relevante una disminución en el coeficiente intelectual de una población comparado con las convulsiones y otros signos propios de la encefalopatía en un niño intoxicado; sin embargo, la cifra de niños intoxicados puede ser considerable, lo que agrava el problema.

El puntaje de coeficiente intelectual de la población, indica un costo potencial para la sociedad, por una parte por la necesidad de destinar más recursos para atender a los afectados con atención médica, educación especial, y demás ramificaciones de la exposición a este metal pesado, y por otra parte en términos de los beneficios que se pierden al no tener un mayor número de individuos mejores y brillantes que generen sus propios ingresos y que tendrían una mejor calidad de vida (Davis y col., 2003)

Por otra parte, Matte (2003) retoma lo publicado por Needleman en 1990, en que las deficiencias cognoscitivas debidas al plomo pueden persistir, al menos hasta la adolescencia, además de que la baja exposición a Pb también se ha asociado con efectos adversos en la conducta, incluyendo una disminución en la capacidad de concentración y un aumento en la impulsividad,

así como una sutil deficiencia en la agudeza acústica, medida a través de audiograma (Matte, 2003).

No hay evidencia definitiva de que el plomo produzca cáncer en seres humanos. Algunas ratas y ratones que recibieron dosis altas de compuesto de plomo desarrollaron tumores en el riñón, por lo que el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS por su significado en inglés) ha determinado que es razonable predecir que el plomo y sus derivados son carcinogénicos en el ser humano; por otra parte, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), ha determinado que el plomo inorgánico probablemente sea carcinogénico en seres humanos y que no hay suficiente información para determinar si los compuestos orgánicos puedan producir cáncer en seres humanos (NTP, 2011; ASTDR, 2007).

### **Muestras Ambientales**

El plomo es un metal pesado que está biodisponible a través de orígenes naturales y antropogénicos. En los suelos las concentraciones blanco o de fondo pueden reflejar la composición mineral y los niveles elevados pueden tener numerosos orígenes como el natural, antropogénico e industrial, tal como residuos industriales o contaminación por derivados del petróleo. El suelo contaminado con plomo puede exponer a los humanos, plantas y animales a cantidades tóxicas del metal por la ingestión o inhalación del suelo o a través del alimento o agua de consumo (Mcbride, 2008).

La exposición al plomo ocurre principalmente por dos vías, la gastrointestinal y la respiratoria. Por vía gastrointestinal depende del nivel de contaminación de los alimentos, suelo y del agua de consumo; y el tomado por inhalación depende de la concentración de plomo atmosférico presente en las partículas inhaladas y polvo, que son absorbidas por los niños ya sea por

inhalación y digestión del polvo a través del hábito mano-boca (Niisoe y col., 2011, Liang y col., 2010).

El plomo atmosférico puede transportarse a través de grandes extensiones por las corrientes de viento. Se ha reconocido que el plomo atmosférico es originado principalmente de las actividades antropogénicas tal como el uso de gasolina con plomo, de la producción de metales no férricos y la combustión de combustibles fósiles. En países desarrollados, la emisión de plomo de origen antropogénica se ha reducido considerablemente en los últimos años. Sin embargo, los esfuerzos para reducirlo en países en desarrollo (como los del este de Asia) son insuficientes, en varios de ellos puede deberse al rápido progreso económico desmedido que han tenido. La investigación en la exposición humana al plomo atmosférico, es necesaria para determinar el impacto potencial en estos países, especialmente en los niños, debido a la vulnerabilidad de sistema nervioso de éstos a la toxicidad al plomo (Niisoe y col., 2011).

En estudio realizado en Shanghai, China después del periodo del uso de gasolina con plomo, se encontró que los niveles en sangre en niños estaban fuertemente correlacionados con su concentración en partículas atmosféricas, y éstas a su vez, con el consumo de carbón en lugar de la gasolina, tráfico, polvo metálico, pintura y agua de consumo, esto es considerando que en 2007, el nivel promedio de plomo en sangre en niños de 1 a 5 años era de 6,2  $\mu\text{g}/\text{dL}$  con el 5 al 20% con valores por encima del nivel de acción; en cambio en el 2004 había sido de 5 a 9  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , estos hallazgos fueron predominantemente en áreas donde la única fuente de combustión era el carbón; aunque en otras partes predominaba el tráfico, en otras el polvo de pinturas y todas ellas se relacionaron con los niveles de plomo en sangre de los niños y con las partículas atmosféricas (Liang, 2010).

**Suelo.** La interacción del plomo con el suelo depende del pH del suelo y de la presencia de elementos quelantes como algunos iones y algunos elementos de la materia orgánica de este medio. A un pH mayor a cinco, y en un suelo con más del 5% de materia orgánica, el plomo se encuentra en los primeros 5 centímetros de suelo. Al mismo pH en suelos con menor carga de materia orgánica, el plomo puede inmovilizarse por la interacción con iones fosfatos y carbonatos. A pH ácidos, el plomo se solubiliza y puede lixiviarse contaminando acuíferos o puede ser captado por las plantas. Otro factor que favorecería la lixiviación sería que la concentración de plomo fuese de tal magnitud que se sobrepase la capacidad amortiguadora del suelo. En conclusión, la presencia de carbonatos y la alcalinización de suelos serían factores que impedirían la solubilidad del plomo.

Existe una serie de factores locales que deben considerarse, como es el índice de precipitación, dado que se ha demostrado que el plomo se remueve de la atmósfera por deposición húmeda. La temperatura fría facilitaría las inversiones térmicas y con ellas se incrementaría la concentración de plomo en el aire. La dirección de los vientos podría llevar plomo a zonas habitadas y su fuerza podría provocar tolvaneras que transportarían partículas de suelo contaminado al interior de los hogares.

Debe prestarse especial atención a las partículas suspendidas, el plomo en el aire finalmente se deposita en el suelo, por lo que habría que analizar ambos medios. Las partículas de mayor tamaño (mayor de 2 micras) se depositan cerca de la fuente de emisión (por ejemplo, a 25 metros de la zona de alto tráfico vehicular), pero las partículas más pequeñas se depositan a distancias mayores. Los muestreos es conveniente llevarlos en zonas frecuentadas por la población infantil y tomas superficiales de 0 a 5 centímetros de profundidad que es el contacto directo.

No es raro que algunos sitios, las muestras ambientales presentan altas concentraciones de plomo, en tanto los niveles sanguíneos de plomo en los niños de dichos sitios, sean bajos, dicha diferencia se debe a la pobre disponibilidad del plomo en las muestras ambientales (Díaz-Barriga y col., 1999).

Vives y col. (2010) realizaron un estudio exploratorio donde caracterizaron a ciento cincuenta sitios de juego infantil en la localidad de Avellaneda, provincia de Buenos Aires, Argentina, debido a las afecciones que se presentaban sobre la salud de los niños y a los antecedentes de contaminación del polvo con metales pesados. De acuerdo a los resultados obtenidos y a la clasificación del índice de contaminación (definida como la relación entre la concentración hallada del metal pesado en el estudio dividido por la media geométrica de la concentración antecedente), sugerida por Chen y col. en el 2004, indicaron que el 37% de los sitios muestreados presentaron niveles altos de contaminación, el 52% medio y el 11% bajo, obteniéndose valores desde 13 a 506 mg de plomo por kilogramo de suelo. Y de acuerdo a Breckenridge y Crockett (1996), que propuso que para prevenir el ingreso del plomo a la sangre de los niños, el límite de contaminación del suelo debería ser de un nivel de 150 mg de plomo por kilogramo de suelo, por lo que se reveló que el área tenía concentraciones que excedía ese valor límite para uso en sitios de juego infantil, por lo que se infirió que se trataba de un área contaminada con plomo. El método utilizado fue de fluorescencia de rayos X y los valores fueron confirmados por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (Vives y col., 2010). En la Tabla III, se muestra la clasificación del índice de contaminación sugerida por Chen y col.

**Tabla III.** Clasificación del índice de contaminación.

<b>Valores</b>	<b>Niveles de contaminación</b>
IC < 1	Bajo
1 < IC < 3	Medio
IC > 3	Alto

IC= Índice de contaminación

Fuente: Chen y col., 2004 (citado por Vives y col., 2010).

**Suelos provenientes de zonas ladrilleras y aldeañas.** De la información publicada y disponible de determinación de plomo en suelo en ladrilleras y zonas aldeañas, es la de Ishaq y su grupo de investigación llevada a cabo en Pakistán. Este grupo, determinó la concentración de metales pesados (cobre, cobalto, zinc, plomo, cromo, níquel, cadmio y manganeso) en suelo superficial, a diez y veinte centímetros de profundidad, combinado con distancias de 100, 300 y 500 metros de distancia de los hornos ladrilleros. Se recolectaron 36 muestras en los cuatro puntos cardinales, los resultados en el suelo a nivel superficial fueron de 31 a 79 mg/kg, no encontrando diferencia entre las direcciones muestreadas (norte, sur, este y oeste de la fuente). El estudio mostró que la industria ladrillera tiene poco impacto en la contaminación ambiental por metales pesados, sugiriendo que se realice un estudio más completo del impacto sobre otros contaminantes. La técnica utilizada para la determinación fue espectrofotometría de absorción atómica (Ishaq y col., 2009).

**Aceite.** El aceite usado es cualquier aceite que se haya refinado del petróleo crudo o de origen sintético, que se haya utilizado en el cárter del motor de gasolina o de motor diesel de automóviles y vehículos de transportes, que durante su uso se mezclaron con impurezas como polvo, partículas de metal, agua y sustancias tóxicas que lo contaminan y afectan a la larga su rendimiento, resultando en un aceite de mediana viscosidad y de color negro; quedan excluidos los aceites de origen animal y vegetal, anticongelantes y queroseno. Por sus características físicas y químicas, los aceites usados e incorrectamente manejados afectan al medio ambiente de diversas formas y pueden dañar a nuestra salud, cuando entra en contacto con la misma al inhalar, comer o beber la sustancia o por estar en contacto con la piel y a los ecosistemas por su baja biodegradabilidad (INE, 2007; Depuroil, 1999; ATSDR, 1997; EPA, 1996).

Por su elevada capacidad calorífica, el aceite usado constituye uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible por la industria, donde independientemente cual sea su uso en los distintos segmentos industriales, se oculta su empleo por temor a sanciones. Es posible estimar, que no solo por las propiedades y características de los aceites usados, sino por la necesidad de contar con alternativas energéticas y suministros seguros energéticos, algunos países como Australia, Argentina, Estados Unidos y México cuentan con normas que permiten la utilización de aceites usados tratados como combustibles o como componentes en mezclas de combustibles (INE, 2007).

Las fuentes generadoras de aceites usados generalmente son talleres automotrices y de transporte, estaciones de servicio, flotillas de camiones y taxis, instalaciones militares, industriales y manufactureras, por lo que su contaminación dependerá de su uso y manejo, lo que definirá si puede ser económicamente o no reciclable (CENAPRED, 1994).

La mayoría de los metales que se encuentran en el aceite usado de cárter permanecen en el ambiente durante mucho tiempo, por lo tanto, pueden acumularse en plantas, animales, suelo, sedimentos y en aguas de superficie que no fluya (ATSDR, 1997).

El aceite usado de cárter se ha utilizado como compactador de terrenos, cimbras y moldes en la construcción, impermeabilizantes e insecticidas en la porcicultura, como combustible en calderas industriales, incineradores municipales, hornos de cementos rotatorios y hornos ladrilleros, ya que este combustible tiene el poder calorífico equivalente al 70% correspondiente al combustóleo y se utiliza como energético complementario en los hornos, donde las condiciones de temperatura y tiempo de residencia (1 900°C y cinco segundos) aseguran que los gases, producto de la combustión, sean bióxido de carbono y vapor de agua. Algunas sustancias químicas que se encuentran en el

aceite usado pueden escapar al aire cuando este se utiliza como combustible en incineradores y hornos (ATSDR, 1997; CENAPRED, 1994; PROFEPA, 1994). Aunque la mayoría de los hornos domésticos, comerciales e industriales de baja potencia de generación pueden quemarse aceites usados, es una práctica no recomendable debido al problema de contaminación potencial del aire, por tratarse de quemas de productos sin control de especificaciones, quemado bajo condiciones no controladas y sin tratamiento de emisiones. De modo general se dice que la incineración inadecuada de cinco litros de aceite usado provocaría la contaminación del volumen de aire que respira una persona durante tres años.

El aceite usado de cárter tiene un olor similar y sustancias químicas que se encuentran en el aceite no usado, siendo la diferencia la concentración de los mismos. Éstas incluyen a hidrocarburos alifáticos de cadena lineal e hidrocarburos policíclicos aromáticos, los cuales se destilan del petróleo crudo y varios aditivos para mejorar el rendimiento del aceite en el motor. También contiene metales como aluminio, cromo, cobre hierro, plomo, manganeso, níquel, sílice y estaño que proviene de partes del motor que se desgasta, éstas varían dependiendo de la marca y tipo de aceite que se utiliza, si proviene de motor a gasolina o diesel, condiciones del motor, fuentes (automóvil, aeroplano, tren, barco, entre otros) y distancia recorrida por el vehículo entre cambios de aceite por lo que al ser quemados se emiten los contaminantes a la atmósfera (ATSDR, 1997).

La legislación mexicana en su norma NOM-052-SEMARNAT-2005, tabla 2, especifica que para que un aceite usado sea considerado como residuo peligroso debe sobrepasar los 5 mg/kg de aceite, siendo el reciclaje una de las alternativas para la mitigación de riesgos al ambiente y a la salud. Los aceites son considerados potencialmente peligrosos para el ambiente debido a su persistencia y a su capacidad para esparcirse en grandes áreas de suelo y agua, formando una película que no permite el ingreso de oxígeno, lo que

produce rápidamente una significativa degradación de la calidad del ambiente, adicional a la liberación de contaminantes tóxicos contenidos en éste.

Hay muchos factores que determinan si la exposición de aceites usados de carácter perjudica a la salud. Estos factores incluyen la dosis (cantidad), duración (por cuánto tiempo) y la manera como entró en contacto con esta sustancia. También se debe considerar otras sustancias químicas a las que se está expuesto en conjunto con la edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condición de salud (ATSDR, 1997).

De la producción nacional, de acuerdo a la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y Grupo Hidrosina, en el 2005 informó que tan solo en la Ciudad de México se produjeron 217 000 litros de aceites lubricantes automotrices usados al año, sin especificar si éstos fueron reciclados o que hayan recibido algún tratamiento para su reutilización.

**Agua.** Aunque el plomo raramente ocurre naturalmente en el agua, las minas y las operaciones de fundición de plomo pueden ser una fuente de contaminación. Según la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos, Texas está entre los primeros diez estados en lo que a cantidad de plomo liberado en el ambiente se refiere. La mayoría de las contaminaciones por plomo suceden en algún punto del sistema de entrega del agua, ya que el agua corroe las conexiones de servicio, la tubería y los grifos soldados y de latón que contienen plomo. Ciertas aguas son más corrosivas que otras, los factores que causan que el agua sea corrosiva son la acidez, la temperatura alta, el bajo contenido de sólidos disueltos y las cantidades elevadas de oxígeno y bióxido de carbono disueltos. Se calcula que el plomo en el agua potable contribuye del 10 al 20% a que los niños entren en contacto con este metal (EPA, 2006).

El plomo es el contaminante más común encontrado en el agua del grifo. Por lo general se origina en alguna parte entre la toma principal de la red de abastecimiento y el grifo de la casa, por lo que el tratamiento no es lógico ni práctico. La mayoría del plomo proviene de las tuberías metálicas que contienen plomo, soldadura de plomo y accesorios de latón de plomería en la casa. Todo el latón cromado y accesorios del mismo, contienen del 8% al 15% de plomo. La EPA estima que el 98% de las casas tienen tuberías, accesorios o juntas de soldadura en la tubería de la casa que puede pasar algún nivel de plomo en el agua del grifo.

Se ha determinado y se ha reconocido por la EPA que no existe un nivel seguro de plomo en el agua potable y que cualquier nivel es un cierto grado de efecto adverso para la salud, especialmente en niños pequeños que la ha designado como la amenaza número uno de salud ambiental en los niños, e incluso niveles muy bajos de plomo, que con frecuencia estos efectos son de larga duración e irreversibles (EPA, 2010).

La Norma Oficial Mexicana, NOM-127-SSA1-1994, modificación 2000 define al agua para uso y consumo humano como aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud, también se denomina como agua potable; esta misma normatividad establece como límite máximo permisible de plomo 0,01 mg/L.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Pregunta de Investigación**

¿La concentración de plomo en sangre en niños de la Zona Ladrillera Sur está relacionada con la concentración de plomo ambiental?

### **Hipótesis**

La concentración de plomo en sangre en niños de la Zona Ladrillera Sur está relacionada con la concentración de plomo en las muestras ambientales.

### **Materiales**

- Agua, jabón y papel absorbente
- Torundas de alcohol y solución antiséptica de yodo
- Sistema Vacutainer®: Tubos de extracción de sangre con heparina de sodio de 7mL de capacidad; EDTA de 4mL de capacidad; aguja 1,2X25, porta aguja-tubo, geringa de diferentes capacidades y torniquete de goma
- Gradilla
- Gas argón
- Ácido nítrico concentrado de alta pureza (HNO<sub>3</sub>)
- Peróxido de hidrógeno al 30%
- Solución de sulfato de zinc 1,3g/mL
- Lugol parasitológico
- Cubreobjetos (1,8X1,8mm) y portaobjetos (75X25mm)
- Balanza analítica con una sensibilidad de 1mg
- Equipo ICP-OES 2100DV Perkin Elmer (ADNSA)
- Nebulizador ultrasónico CETAC U5000 AT<sup>+</sup> (ADNSA)
- Tubos de teflón 100mL

- Horno de microondas Marxpress (ADNSA)
- Pipeta automática de 1mL
- Equipo Coulter ACTDiff BECKMAN (LACIUS)
- Microscopio óptico compuesto con aumento 10 y 40X (LACIUS)
- Hematofluorómetro y kit protofluor Helena para protoporfirina-zn (Clínica Ruiz Laboratorios)
- Agua destilada-deionizada
- Solución estándar certificada de plomo (calibración ICP)
- Muestra control Coulter 4C-ES cell control (para Coulter)
- Muestra control de plomo
- Muestra interlaboratorio, base sangre humana hemolizada, preparado por laboratorio externo (PICC-PbS, Gobierno Aragonés, Zaragoza, España)
- Refrigerantes congelados
- Equipo de protección personal (bata, lentes de seguridad y guantes)
- Cámara fotográfica
- Envases con capacidad de 2 kilogramos
- Cinta métrica
- Cucharas de plástico
- Criba de 2mm

Para la toma de muestra de sangre se utilizaron tubos BD Vacutainer® con heparina (7mL de capacidad) y con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético, 4mL de capacidad) como anticoagulante; se utilizó todo el equipo para la extracción de sangre. Para el caso de toma de muestra de materia fecal, se utilizaron recipientes de boca ancha, estériles, uno por cada niño y sub-muestra.

Para la determinación de Pb en sangre, el material que entró en contacto con las muestras, como vasos de digestión de teflón, se lavaron y sumergieron en una solución al 10% de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) por 24h y se enjuagaron con

agua destilada-deionizada y se dejó escurrir y secar, antes de ser utilizado en las determinaciones.

Para la recolección de la información se utilizaron los instrumentos de Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005. Dieta–Frecuencia de consumo Niño-escolar para niños de 1 a 4 años y de 5 a 11 años, para los niños de 12 años se utilizó este último, ajustando el instrumento a términos de alimentos conocidos en la región y para su evaluación en contenido nutrimental se hizo con base en el diccionario de composición de alimentos del Centro de Investigación de Alimentos y Desarrollo (CIAD AC); se utilizó el formato de estudio Socioeconómico de Servicios de Salud de Sonora y cuestionario de información general y horno ladrillero de elaboración propia, con el objetivo de conocer los tipos de combustibles utilizados en la cocción del ladrillo crudo y criterios de eliminación de los niños participantes, estos instrumentos se muestran en los anexos.

## **Recolección y Transporte de Muestras**

### **Sangre**

Procedimiento:

- El brazo elegido para la punción se lavó con agua y jabón, se retiró el exceso de agua con papel absorbente. Se seleccionó la vena cubital o radial para la punción.
- Se desinfectó con algodón y solución antiséptica de yodo seguido de alcohol etílico.
- Se colocó torniquete por encima del punto de punción, con la precaución de no tocar el sitio a puncionar.
- Se extrajo la muestra por punción venosa. Las muestras tomadas se conservaron en hielera con refrigerantes congelados, manteniendo la temperatura entre 4-8°C hasta su llegada al laboratorio y se mantuvieron

en conservador a una temperatura de 3-8°C hasta su procesamiento, figura 14.

### **Materia Fecal**

Las muestras para el examen coproparasitológico fueron colectadas en recipientes de boca ancha, bajo la responsabilidad de la madre o padre de cada niño. Se recogieron diariamente y fueron conservadas en hielera con refrigerantes congelados hasta su ingreso al laboratorio y mantenidas en conservador hasta su proceso. Durante su conservación y transporte se evitó el contacto directo de las muestras con los refrigerantes.

## **Métodos**

### **Tipo de Investigación, Población y Muestra**

Se trata de una investigación de tipo exploratorio, ecológica-analítica, de corte transversal, conformada por todos los niños de 1 a 12 años de edad que habitan en la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora considerados como el grupo de casos y una muestra de niños de la Casa Hogar CAIM-Unacari, de la misma edad considerados como grupo de comparación. Dichas poblaciones aceptaron participar en la investigación y firmaron la hoja de consentimiento informado por parte del padre o la madre.

Los grupos quedaron conformados por 30 niños de la Zona Ladrillera Sur y 28 niños de la Casa-Hogar CAIM-Unacari. Las poblaciones fueron seleccionadas con base en las variables como la de provenir de familias de nivel socioeconómico similar, que el grupo de comparación no estuviera expuesto a los contaminantes emitidos en las ladrilleras y que a su vez, ambas poblaciones estuvieran separadas por lo menos 5 Kilómetros de distancia, esto de acuerdo a lo establecido en la norma técnica NTE-IEG-001/98 para aquellas



**Figura 14.** Preparación del sitio de punción y extracción de muestra de sangre total.

Fuente: Galería personal, 2009.

empresas que se dediquen a la fabricación de productos de arcilla, los establecimientos deberán ubicarse a más de 5 kilómetros de la mancha urbana, establecida en el Estado de Guanajuato, México. La distancia aproximada entre la Zona Ladrillera Sur analizada y la Casa Hogar CAIM-Unacari es de 10 kilómetros lineales.

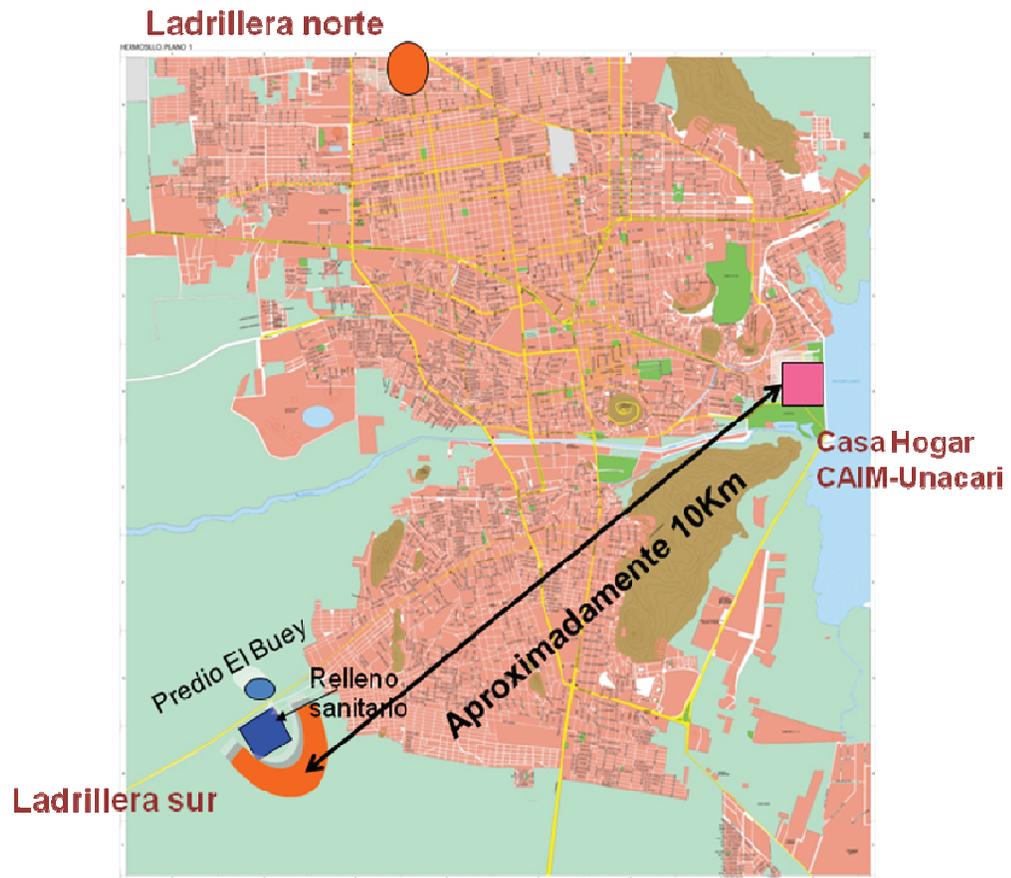
La Zona Ladrillera estaba localizada en las inmediaciones del relleno sanitario sur de Hermosillo, en Carretera 26 kilómetro 5,5 Hermosillo-La Costa de Hermosillo en la zona rural de Hermosillo y que de acuerdo a la información proporcionada por SEMARNAT 2007, había registrados aproximadamente 100 hornos ladrilleros y a cada familia le corresponde por lo menos un horno ladrillero; y la Casa-Hogar CAIM-Unacari estaba ubicada en Periférico Oriente No. 15 y Prolongación Blvd. Francisco Serna en la Colonia Los Naranjos, en la zona urbana, ambas en Hermosillo, Sonora. En la figura 15, se muestra la ubicación de las poblaciones y su distancia lineal de separación.

### **Análisis Estadístico**

Para el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el paquete estadístico de STATA 10.0, con la descripción de las medidas de resumen para las variables y pruebas estadísticas empleadas para las comparaciones.

### **Criterios de Inclusión**

- Niños de uno a doce años de edad, que habitaban en la Zona Ladrillera Sur, y en Casa Hogar CAIM-Unacari, y con un tiempo de residencia en el lugar de un año antes de iniciar el proyecto.
- Muestras de suelo de recreación infantil, ladrillo, agua de uso humano y aceite usado de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.



**Figura 15.** Ubicación de la Zona Ladrillera Sur y la Casa-Hogar CAIM-Unacari.

Fuente: SEMARNAT, 2007.

### **Criterios de Exclusión**

Niños:

- Cuyos padres no firmen la hoja de consentimiento informado.
- Que no completen los Instrumentos aplicados.
- Con diagnóstico y/o tratamiento por intoxicación por plomo.
- Que muestren evidencia objetiva de diagnóstico de cualquiera de las alteraciones: infecciones gastrointestinales crónicas, hemorragias crónicas, deficiencia en la absorción de nutrientes, insuficiencia renal, neoplasias, anemia hemolítica, intoxicación por hierro o calcio.
- Con muestra sanguínea hemolizada e insuficiente.
- Muestra copro-parasitológicas contaminada con orina.

### **Criterios de Eliminación**

Niños:

- De la Zona Ladrillera Sur, cuyos padres decidan retirarse del estudio.
- De la Casa-Hogar, cuya Dirección decida retirarse del estudio.
- Que se encuentren enfermos el día de la toma de la muestra.

**Confusores.** Infecciones gastrointestinales por parasitosis.

**Sesgos previstos.** Consumo de suplementos de calcio o de hierro.

En la tabla IV, se muestra la operacionalización de variables dependientes e independientes, métodos de medición y tipo de variable.

**Tabla IV.** Operacionalización de variables

Variable	Concepto	Instrumento de medición	Expresión	Tipo de variable
Nivel Socioeconómico	Segmentación de la población por sus rangos de ingreso, posesión de bienes en el hogar y estilo de vida	Instrumento de estudio socioeconómico Servicios de Salud de Sonora	Ingreso familiar en salarios mínimos, alimentación, vivienda, lugar de procedencia, estado de salud familiar	Cuantitativa discreta
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Datos generales del niño	Años y meses	Cuantitativa continua
Independiente Concentración de Plomo (Pb)	Cantidad de Pb en microgramos por cien mililitros o decilitro de sangre	Método emisión atómica ICP-AES con sistema de nebulizador ultrasónico ADNSA	$\mu\text{g}/100\text{mL}$ (dL) punto de corte = 10	Cuantitativa continua
Dependiente Hemoglobina (Hb)	Concentración Hb en gramos por cien mililitros de sangre	Coulter ACT DIFF	punto de corte= <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4,9 años =11 g/dL</li> <li>• 5 a 11,9 años = 11,5 g/dL</li> <li>• 12 a 15 años =12 g/dL</li> </ul>	Cuantitativa continua
Dependiente Hematocrito (htc)	Porcentaje del volumen de la sangre que ocupa la fracción de eritrocitos	Coulter ACT DIFF	punto de corte= <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36-59 meses = 36 -43%</li> <li>• 60-168 meses = 11,5%</li> </ul>	Cuantitativa continua
Dependiente Concentración de Protoporfirina zinc	Cantidad de proteína protoporfirina unida a zinc	Hemato-fluorómetro protofluor Helena	Punto de corte= 70 $\mu\text{g}/\text{dL}$	Cuantitativa continua
Frecuencia consumo de alimentos calcio y hierro de la dieta	Número de veces que se ingiere un alimento o bebida en determinado tiempo (diario, semanal, mensual, etc.) y el número de porciones de cada uno	Instrumento del Instituto Nacional de Salud Pública, 2005	Frecuencia absoluta Número y porciento de niños que consumen cierto grupo de alimentos %  N	Cuantitativa continua
Parasitosis intestinal	Presencia de parásitos en la muestra de descarga de materia fecal del niño	Técnica de flotación de Faust, observación de quistes o huevos del parásito intestinal, protozoo o helmintos	Presencia protozoo Helmintos Si = 1 No = 0	Cualitativa dicotómica

**Tabla IV.** Operacionalización de variables (Continuación).

Variable	Concepto	Instrumento de medición	Expresión	Tipo de variable
Plomo total y/o biodisponible suelo, ladrillo, agua y aceite usado	Cantidad de plomo en miligramos por kilogramo de suelo, aceite. En agua miligramos por litro	emisión atómica ICP-AES con sistema de nebulizador ultrasónico	mg/kg, mg/L	Cuantitativa continua
Combustible horno ladrillero	Material empleado para el arranque del horno ladrillero y cocción del ladrillo	Cuestionario de uso de combustibles	Uso del tipo de combustible Si = 1 No = 0	Cualitativa dicotómica

ICP-AES = Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (Emisión Atómica Acoplada Inductivamente a Plasma) asociado con sistema de nebulización ultrasónica.

## **Procesamiento de Muestras**

**Hemoglobina y hematocrito.** La concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito se determinó en un instrumento automatizado Coulter ACT DIFF, en el Laboratorio de Análisis Clínicos de la Universidad de Sonora, LACIUS. Se procesaron 58 muestras de sangre total con anticoagulante de EDTA, la muestra no requiere de tratamiento previo, únicamente de una completa homogeneización. El equipo realiza las determinaciones por el principio de impedancia, es decir resistencia al paso de energía eléctrica de las células, haciendo un conteo de eritrocitos, después son lisados con sales cuaternarias de amonio y por la reacción de la hemoglobina liberada y cianuro de potasio se forma un cromógeno, cuya absorbancia es medida por el equipo; posteriormente, estos datos son convertidos a concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito. El equipo se autocalibra cada seis meses y se utiliza en cada corrida, una muestra control de sangre total, identificada como Coulter 4Cell control. Para el examen de frotis sanguíneo, para el conteo y diferenciación de las células sanguíneas, se utilizó la técnica Wright-Giemsa.

**Plomo.** Se procesaron 58 muestras de sangre en total, de las cuales 30 (51,7%) correspondieron a niños de la Zona Ladrillera y 28(48,3%) a los niños de la Casa Hogar CAIM-Unacari. La cuantificación de plomo se determinó por la técnica de espectrofotometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente, (ICP-AES) optima 2100DV Perkin Elmer, asociado con un sistema de nebulización ultrasónica.

Previa lectura en ICP, las muestras fueron digeridas en un horno de microondas modelo CEM MARS-Xpress de placa giratoria y extracción de gases, con control automático de temperatura, presión y potencia. Esta determinación fue realizada por el Laboratorio Analítica del Noroeste S.A. de C.V. que está inscrito desde Marzo de 2009 en el Programa de Control de Calidad de Pruebas Interlaboratorios del Instituto Aragonés de Seguridad y

Salud Laboral de Zaragoza, España (PICC-Pb-S) dando validez externa a los resultados obtenidos. Se tomó como valor permisible de 10  $\mu\text{g/dL}$  de Pb-S establecido por el Centro de Control de Enfermedades, CDC (Centers for Disease Control) de Atlanta, NOM-199-SSA1-2000 y la OMS (Organización Mundial de la Salud) para la población infantil. Las condiciones de digestión, lectura en ICP y nebulizador ultrasónico, se muestran en la tabla V y en la figura 16 se muestra los equipos e instrumento.

Para esta determinación se utilizaron las muestras de sangre total con anticoagulante heparina. Se pesó aproximadamente un gramo de muestra en el vaso de digestión de teflón, utilizando una balanza analítica Ohaus con una precisión de 0,1mg. Se adicionaron 5mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado ultra puro a cada muestra y se dejaron en reposo para digestión en frío, seguido de la adición de 1mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%, posteriormente un segundo reposo y la adición de 1 mL de agua deionizada, éstas se digirieron en el horno de microondas a las condiciones descritas en la tabla V.

El control de calidad aplicado consistió en blanco reactivo, blanco reactivo adicionado, estándares certificados digeridos, muestras de control, muestras duplicadas y adicionadas, se procesaron muestras duplicadas y adicionadas una por cada 10 muestras procesadas; para las muestras adicionadas, se agregó una alícuota de solución conocida de estándar certificado de plomo a un gramo de sangre completa. Para las muestras de control de calidad interlaboratorios (PICC) se aplicó el mismo tratamiento que a las muestras de los niños y estándares.

Se registró el primer peso de los tubos de teflón con muestra y reactivos en frío. Posterior a la digestión en horno de microondas, se dejaron enfriar a temperatura ambiente para registrar el segundo peso, verificando que la pérdida no fuera mayor al 1% del volumen total de reactivos y muestra adicionada, y

**Tabla V.** Condiciones de operación de horno de microondas, ICP-AES y nebulizador ultrasónico.

<b>Horno de microondas CEM MARS-Xpress<sup>1</sup></b>	
Parámetro	Condición
Potencia	1 600
Porcentaje de potencia	90 %
Temperatura digestión	180 °C
Tiempo para alcanzar la temperatura	10 min
Tiempo mantenimiento de temperatura	10 min
Tiempo enfriamiento	20 min
<b>Emisión Atómica ICP<sup>2</sup></b>	
Parámetro	Condición
Velocidad bomba	3 mL/min
Flujo gas Argón	15 L/min
Flujo gas auxiliar aire	1 L/min
Longitud de onda Pb	220,353 nm
Posición antorcha	Axial
Número de lecturas por muestra	3
Sistema de corrección interelemental (msf)	Aplicado
<b>Nebulizador ultrasónico<sup>2</sup></b>	
Parámetro	Condición
Temperatura de calentamiento	140 °C
Temperatura del condensador	2 °C
Flujo gas nebulizador	0,80 L/min

Fuente: Manual de Fabricante: <sup>1</sup> CEM, <sup>2</sup> Perkin Elmer



Horno de microondas



Vasos de digestión



Espectrofotómetro de emisión atómica  
(ICP-AES)



Nebulizador ultrasónico

**Figura 16.** Equipos e instrumento utilizado en la determinación de plomo en sangre.

Fuente: ADN SA, Galería personal, 2011.

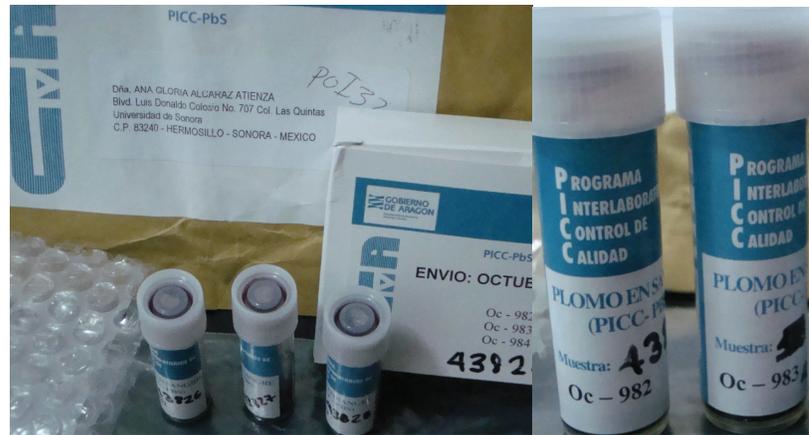
finalmente se aforaron con agua deionizada a 20mL. Ninguna de las muestras procesadas necesitó ser diluida.

El instrumento de ICP se calibró utilizando estándares de referencia certificados de plomo, preparados de la misma forma que las muestras y se verificó de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se realizaron lecturas de blanco, estándares, muestra de control, muestras PICC y las procedentes de los niños por triplicado obteniéndose concentración promedio de plomo y su desviación estándar correspondiente.

El laboratorio Analítica del Noroeste S.A. de C.V. cumple con el aseguramiento de la calidad bajo el cual tiene el reconocimiento de acreditación conforme a la norma de referencia NMX-EC-17025-IMNC-2006 y fue bajo el mismo sistema de gestión de la calidad que se estableció la técnica propuesta de preparación y lectura de las muestras de sangre.

En la figura 17, se presenta uno de los envíos de la prueba interlaboratorio por el Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España.

**Protoporfirina -zinc.** Se procesaron 57 muestras para la determinación de protoporfirina zinc, análisis que se realizó por la técnica de hematofluorometría, utilizando el instrumento marca Helena empleando controles internos de calibración de baja y media concentración, el kit de reactivos de la misma marca. Esta determinación fue llevada a cabo por el Laboratorio de Servicios Externos de la Clínica Ruiz Laboratorios ubicado en Puebla, Puebla, México. Las muestras fueron enviadas y procesadas dentro del tiempo de retención para la prueba de 48 horas.



**Figura 17.** Muestras interlaboratorio enviadas por el Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España.

**Calcio y hierro de la dieta.** Para la determinación de calcio y hierro consumido a través de la dieta en ambas poblaciones de estudio, se aplicó el instrumento de frecuencia de consumo de alimentos del Instituto Nacional de Salud Pública; los instrumentos aplicados fueron para niños de 1 a 4 años y de 5 a 11 años, para los niños de 12 años, se utilizó este último. Este instrumento fue adecuado con los términos conocidos en la región y se agregaron otros alimentos de consumo regional, dicho ajuste fue realizado a través de la aplicación del instrumento a padres con niños en el rango de edad del proyecto

Se registró el consumo de los 58 niños integrantes del proyecto. La información fue proporcionada por la madre, padre o hermanos del niño para el caso de los niños de la Zona Ladrillera y para los niños de Casa Hogar CAIM-Unacari, por el responsable de elaborar los menús con base a una dieta establecida semanalmente. El contenido de nutrimentos de los alimentos fue obtenido a través del Diccionario de Composición de Alimentos proporcionado por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.) Los valores recomendados de nutrimentos fueron comparados con lo recomendado por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Dr. Salvador Zubirán para la población mexicana de 1997 y por la norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

**Examen coproparasitoscópico por concentración.** Las muestras de heces fueron analizadas por la técnica descrita por Faust, para evaluar la presencia o ausencia de parásitos intestinales, ya sea protozoos o de helmintos (Faust, 1970).

El examen de coproparasitoscópico, consistió en tomar una porción de materia fecal de aproximadamente un gramo depositándose en tubo de ensayo de 13X100 mm, se agregó agua destilada, se homogenizó con un palillo de madera y se centrifugó a 850 gradientes durante cinco minutos; el sobrenadante se decantó y el sedimento fue re-suspendido en agua; el lavado y centrifugación se repitieron hasta obtener un sobrenadante claro; fueron

agregados aproximadamente 3 mL de sulfato de zinc, se homogenizó y se llenó el tubo hasta aproximadamente 0,5 cm por debajo del borde y se centrifugó a 850 gradientes durante 5 minutos. El tubo fue aforado con sulfato de zinc hasta el borde de tal manera que se formara un menisco convexo, se dejó reposar y se recogió la muestra de la película superficial del menisco, el cual fue depositado en un portaobjetos (75X25mm), y se homogenizó con una gota de lugol parasitológico utilizando palillo de madera, después se tomó un cubreobjetos y se colocó sobre la preparación. La observación se hizo a través de microscopio óptico compuesto utilizando los objetivos de 10X y 40X. Se tomó como positivo la presencia de al menos un huevo o quiste del parásito en la porción de materia fecal analizada y en por lo menos una sub-muestra.

**Muestras ambientales de suelo, agua, ladrillo y aceite usado.** Debido a que se encontró que el 10% de los niños de la Zona Ladrillera Sur tenía una concentración de plomo mayor al nivel de acción, se tomaron muestras ambientales de agua de uso humano, suelo de recreación infantil, ladrillo y aceite usado para la determinación de plomo, con la finalidad de determinar una posible ruta de exposición que pudiera explicar tales concentraciones elevadas.

No fue posible la toma de muestra de aire ambiental, dado que no se logró disponer de automuestreadores de alto volumen, necesarios para este tipo de monitoreos.

Se muestrearon 6 sitios de la ladrillera. En cada sitio se tomaron de 4 a 5 muestras compuestas, que a su vez se formaron de 5 muestras simples, utilizando la técnica de tresbolillo de acuerdo a la norma de referencia NMX-AA-132-SCFI-2006. Cada muestra simple se recolectó en una superficie de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, delimitando con un tubo de policloruro de vinilo (pvc) de 30 cm de diámetro, colectando la muestra de 0 a 5 cm de profundidad.

En total se recolectaron 32 muestras compuestas, siendo 29 de suelo superficial de la zona ladrillera (en los sitios 1, 2, 3, 5 y 6 se recolectaron 5 muestras compuestas y para el sitio 4, únicamente 4) y 3 de suelo superficial considerado como blanco o fondo; esta última, no estaba habitada por población humana y que de acuerdo a la dirección de los vientos predominantes de Hermosillo, se consideró como zona no afectada por los humos emitidos por los hornos ladrilleros. Los sitios de muestreo fueron seleccionados por conveniencia, seleccionando sitios de recreación infantil, que en su mayoría estaban muy próximos a los hornos ladrilleros y de las casas de los niños monitoreados para plomo en sangre, como son los sitios 1, 2, 4, 5 y 6) y otra donde se localizó un conjunto de 13 hornos (sitio 3) que también estaba habitado por población humana, pero no por niños involucrados en el estudio. En la tabla VI se muestra la cantidad y tipo de muestras recolectadas en la Zona Ladrillera Sur y en la figura 18 y 19 se muestra los sitios de monitoreo de suelo, ladrillo, agua y aceite usado, así como la técnica de sub-muestreo para el suelo superficial, respectivamente.

Para el caso de agua, se recolectaron seis muestras, utilizada para uso y consumo humano. Se conservaron en recipientes de polietileno adicionadas de  $\text{HNO}_3$  para lograr pH igual o menor a 2, de acuerdo al método de referencia EPA 6010B para la determinación de plomo en agua; además, se recolectaron seis muestras de ladrillo que se conservaron en bolsas de polietileno de alta densidad y seis de aceite usado para la cocción del ladrillo del que tenían disponible en el lugar, recolectadas y conservadas en recipientes de vidrio con contratapa de teflón.

Para la preparación de muestras de ladrillo colectado, la superficie de una pieza fue frotada con otra hasta que se obtuvo una cantidad aproximada de 1kg. Posteriormente tanto las muestras de suelo como las de ladrillo fueron homogenizadas y cribadas utilizando malla de 2mm de diámetro (correspondiente a la malla No.10).

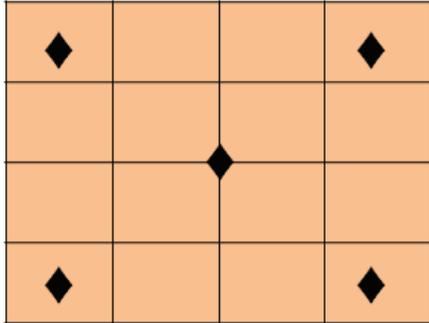
**Tabla VI.** Cantidad y tipo de muestras ambientales recolectadas de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Plomo total Número de muestras</b>	<b>Plomo biodisponible Número de muestras</b>
Suelo	32 (29 + 3 blanco)	32 (29 + 3 blanco)
Ladrillo	6	6
Aceite	6	0
Agua	6	0



**Figura 18.** Ubicación de los sitios de muestreo de suelo, ladrillo, agua y aceite usado de la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Google earth, 2011.



**Figura 19.** Esquema de distribución en tresbolillo para el sub-muestreo de suelo superficial y la formación de la muestra compuesta.

Fuente: NMX-AA-132-SCFI-2006, Galería personal, 2011.

En la figura 20, 21 y 22, se muestra el muestreo de suelo, ladrillo y agua en los sitios de muestreo de la Zona Ladrillera Sur, y en la figura 23, la preparación de suelo y ladrillo en el Laboratorio.

Las muestras de agua, suelo y ladrillo fueron digeridas con  $\text{HNO}_3$  en horno de microondas, excepto aquellas muestras de suelo que contenían aceite usado residual; el aceite usado y suelo con aceite fueron digeridas con  $\text{HNO}_3$  concentrado en placa caliente a vaso abierto; posteriormente se determinó la concentración de plomo total por la técnica de ICP.

Para la determinación de plomo biodisponible, las muestras de suelo y ladrillo cribadas se adicionaron de la solución de ácido dietilen triamino pentaacético (DTPA 0,005M) de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (AS-14, contenido de micronutrientes y metales contaminantes) para la extracción del elemento, pesando 17,5 g de muestra y 35 mL de DTPA, se agitó por 2 horas, se centrifugó y filtró a través de una membrana de 0,45 micras. Posteriormente se determinó la concentración de plomo por ICP.

## **Factibilidad**

### **Colaboradores del Proyecto**

CONACyT

Dr. Víctor José Tovar Guzmán, Presidente del grupo sinodal.

Dra. María Mercedes Meza Montenegro, Secretario del grupo sinodal.

Dr. Armando Burgos Hernández, Vocal del grupo sinodal.

M.I. Marcial Córdova Figueroa, Suplente del grupo sinodal.

M.C. José Rogelio Ramos Enríquez, Responsable de LACIUS.

Dr. Norberto Sotelo Cruz, Hospital Infantil del Estado de Sonora (HIES).

Q.B. Magda Olivia Solís Cinco, apoyo técnico ADNSA.

Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España, prueba interlaboratorio de control de calidad.



Recolección muestra de ladrillo



Sitio 1, recolección de suelo superficial.



Sitio 2 (conjunto de trece hornos)



Sitio 3

**Figura 20.** Recolección de muestras de ladrillo y suelo superficial de los sitios 1, 2 y 3.

Fuente: Galería personal, 2011.



Sitio 4



Sitio 5



Sitio 6



Blanco o de fondo

**Figura 21.** Recolección de muestras de suelo superficial en los sitios 4, 5, 6 y blanco o de fondo.

Fuente: Galería personal, 2011.



Recolección de aceite usado



Aspecto de muestras de aceite usado



**Figura 22.** Recolección de muestras de aceite usado y de agua de uso y consumo humano.



Sub-muestreo de suelo superficial



Sub-muestreo de ladrillo

**Figura 23.** Sub-muestreo de suelo superficial y ladrillo en el Laboratorio.

Fuente: ADN SA, Galería personal, 2011.

## **Aspectos Éticos**

Toda la información que los participantes proporcionó al grupo de trabajo, será resguardada con cabal responsabilidad y se salvaguardará los derechos de los participantes; podrá ser utilizada únicamente por el grupo evaluador y podrá darse a conocer al público, conservando el anonimato de los participantes. Una vez que la información haya sido utilizada quedará en custodia del investigador, quien la resguardará al menos cinco años como marca el procedimiento de resguardo de documentos del Laboratorio Analítica del Noroeste S.A. de C.V.

Previo a la aplicación de los instrumentos de medición, el investigador informó a los candidatos potenciales los objetivos y procedimientos de la investigación, así como los riesgos y beneficios de la misma; respondió, con fundamento, todas las cuestiones que los participantes realizaron durante todo el periodo de la investigación; además, se les informó que su participación sería voluntaria y que los informes de laboratorio serían entregados personalmente y que no tendría costo alguno para ellos, pudiendo intervenir el Hospital Infantil del Estado de Sonora en responsabilidad de Dr. Norberto Sotelo Cruz, en caso de ser necesario, para el tratamiento de los niños intoxicados, con concentración igual o mayor a 10µg/dL. Una vez que aceptaron participar, se firmó la hoja de consentimiento informado, para quienes lo pudieron hacer, para quienes no lo pudieron hacer, imprimieron la huella digital de dedo pulgar derecho o izquierdo en la hoja de consentimiento informado.

Este protocolo fue revisado y aprobado por la Comisión de Ética del Hospital Infantil del Estado de Sonora, quien estuvo atento al cumplimiento de los principios éticos de investigación, basado en su Marco Normativo particularmente referente al cumplimiento de los principios de ética vinculados en el desarrollo de la investigación, en la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud Título Quinto, investigación para la salud en su

artículo 96 y 97, y en el Reglamento de la Ley General en Materia de Investigación para la Salud Artículos 21 y 22.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Población Estudiada y sus Características**

Durante el 2008 la población de la Zona Ladrillera Sur fue invitada a participar y cuestionada sobre la existencia de niños menores de 12 años y mayores a 1 año y que tuvieran más de 1 año de residencia en el lugar.

El levantamiento de los datos fue realizado de julio de 2009 a abril de 2011, tanto de aplicación de instrumentos como para la obtención y proceso de las muestras biológicas y ambientales. Los niños participantes cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

El consentimiento de participación de los niños de la Zona Ladrillera Sur fue otorgado por al menos uno de los padres, ya sea que hayan firmado o impreso la huella digital para los que no lo sabían leer y/o escribir; siendo un total de 33 consentimientos informados registrados, de los cuales sólo 30 participaron en el estudio; del resto, a un niño se le recolectó muestras fecales, pero no se le tomó muestra sanguínea por no asistir a la toma de muestra dada la toma de decisión de la madre a retirarse del estudio, a dos niños se le registraron sus datos de instrumentos pero no asistieron a la toma de muestra de sangre ni entregaron muestras de heces, a un niño se le tomó muestra sanguínea pero no recolectó ni entregó muestra de heces. Los padres de tres niños no otorgaron el consentimiento para que participaran en el proyecto argumentando que “era mucha la sangre que le sacarían y que se les iba acabar y que sus hijos estaban sanos”, por lo que de la totalidad de niños de la Zona Ladrillera Sur participaron 30 niños y 6 no por las razones antes expuestas.

En cuanto a los niños de CAIM-Unacari, el consentimiento informado fue firmado por la Dirección de la Casa Hogar, se seleccionaron 30 niños, de los cuáles fueron eliminados 2 por no cumplir con la edad especificada al momento de la toma de muestra.

### **Zona Ladrillera Sur**

La población está ubicada en la Zona Rural de Hermosillo, un lado de la carretera 26, alrededor del Relleno Sanitario Sur de Hermosillo. Cercana a la Zona Ladrillera Sur hay poblaciones y zonas con actividades agrícolas, al noreste a menos de 2 kilómetros está localizado el Predio El Buey, dedicada a la producción de carbón de leña, y al noroeste el Predio La Peaña, donde hay tierras de cultivo, ambas pertenecen al Ejido Villa de Seris de Hermosillo, Sonora.

En el interior de la Zona Ladrillera Sur, al sur del Relleno Sanitario está localizado el depósito oficial de llantas usadas de Hermosillo. Otra característica que hay que resaltar, es que la carretera 26 es transitada constantemente por todo tipo de vehículos de motor de combustión interna gasolina, diesel y gas LP.

Dado el relieve del lugar originado por las excavaciones realizadas para la extracción de la arcilla, se van rellenando con desechos municipales, lo que hace que estén disponibles para que los pobladores estén en contacto con éstos y se utilicen en la cocción de ladrillo, disminuyendo el costo de los combustibles.

La población no cuenta con red de agua potable, la distribución del agua es por medio de vehículos, comúnmente llamadas pipas. El agua es utilizada tanto para las actividades domésticas, preparación de alimentos, consumo humano y preparación de la pasta de arcilla; el 9,1% de los niños involucrados en el estudio contaba con red de agua potable, correspondiente a niños que con frecuencia están en contacto con el ambiente de la Zona Ladrillera Sur como parte de su actividad diaria y que habitan en un fraccionamiento cercano a la misma, aproximadamente a 2,2 Km de distancia.

En cuanto a servicios sanitarios, el 87,9% de sus hogares tiene instalada fosa séptica, el 9,1% tiene drenaje municipal y el 3% defeca al aire libre. El 24,2% de las habitaciones tienen instalaciones de energía eléctrica por lo que el 75,8% no cuenta con dicho servicio, las calles no están pavimentadas ni cuentan con algún tipo de cubierta, el 66,7% de los pisos de las casas tienen cubierta rústica de cemento y el 33,3% pisos de tierra; el polvo que se acumula en el interior de la casa es apreciable, de acuerdo a lo declarado por sus pobladores.

De los 33 niños participantes de la Zona Ladrillera Sur, 22 (66,7%) contaban con casa propia, 11 (33,3%) con casa prestada y ninguno de los padres rentaba casa. Estaban construidas básicamente de cartón negro, madera y ladrillo utilizando estos materiales combinados, encontrándose que los techos de las casas eran de cartón negro. En cuanto al compartimiento de dormitorios, 27 de los niños comparten habitación con 4 o más personas, 1 con 3, y 5 niños con 1 a 2 personas por dormitorio, donde generalmente la casa consta de una sola habitación. 21 niños (63,6%), tiene instalado por lo menos un horno ladrillero contiguo a la casa-habitación, el resto (36,4% no contaban con horno ladrillero en casa, dedicándose los padres al amasado, moldeo y comercialización del producto de arcilla cruda. En la figura 24, se muestra ubicación de horno ladrillero cercano a una casa-habitación.

### **Casa Hogar CAIM-Unacari**

Los niños de la Casa Hogar CAIM-Unacari, provienen de familias de escasos recursos económicos y se encuentran en la Casa por diferentes motivos, entre ellos ser víctimas de maltrato (agresión física, quemaduras, abuso sexual y privación emocional), abandono o desamparo y aquellos menores que se encuentran en circunstancias especialmente difíciles, por lo que a través de la Procuraduría de la Defensa del Menor y de la Familia, el



**Figura 24.** Ubicación de un horno ladrillero cercano a una casa-habitación.

Gobierno del Estado de Sonora los mantiene en custodia, otorgándoles un hogar, alimentación, atención psicológica, educativa, legal y social, entre otros.

La Casa cuenta con los servicios de agua potable entubada, luz eléctrica, drenaje municipal y pisos con cubierta de cemento y de cerámica. Los niños fueron seleccionados por la Dirección y cuerpo médico de la Casa Hogar. Los datos de ingresos familiares, número de miembros de familia, material de construcción de las viviendas no fueron proporcionados por ser datos confidenciales y resguardo de identidad de los menores que se encuentran internos en la Casa Hogar.

Al igual que la Zona Ladrillera Sur, la Casa-Hogar se encuentra en una sección de Hermosillo que es constantemente transitada por vehículos de motor a gasolina, diesel y gas, que a diferencia de la zona ladrillera, el tránsito es más continuo, esto por estar ubicada en la periferia donde coincide la entrada y salida del tráfico de la Ciudad de Hermosillo.

La Casa Hogar CAIM-Unacari fue construida con base a la NOM-167-SSA1-1997 para la prestación de servicios de asistencia social para menores y adultos mayores. La casa está construida de material firme no combustible, con pisos con cubierta de vitropiso y cemento, cuenta con áreas de secretarial, psicología, psicopedagogía, médica, trabajo social, administrativa, cocina, mantenimiento, vigilancia, intendencia y lavandería. Cuenta con los servicios públicos básicos como red de agua potable, electricidad y drenaje; el polvo que se acumula en el interior de la casa es escaso. En la Tabla VII se especifican las características de las viviendas en los niños de ambas poblaciones.

Entre ambas poblaciones hay una distancia aproximada de 10 km lineales, que de acuerdo a la Norma Técnica Ecológica del Estado de Guanajuato, NTE-IEG-001/98, aplicada para aquellos sitios que se dediquen a la fabricación de productos de la arcilla deberán estar ubicadas a aproximadamente 5 km de la mancha urbana, por lo que se tomó esta especificación para deducir que las

**Tabla VII.** Características de las viviendas de las poblaciones estudiadas.

ASPECTO	Zona Ladrillera n (Frecuencia %)	CAIM-Unacari n (Frecuencia %)
Agua potable <sup>1</sup>	3 (9,1)	28 (100)
Agua consumo humano		
Pipa <sup>2</sup>	23 (69,7)	0 (0)
Embotellada/Purificada	18 (54,5)	28 (100)
Red municipal	0 (0)	0 (0,0)
Energía eléctrica	8 (24,2)	28 (100)
Servicio sanitario		
Fosa séptica	29 (87,9)	0 (0)
Drenaje	3 (9,1)	28 (100)
Defecación al aire libre	1 (3,0)	0 (0,0)
Piso con cubierta	22 (66,7)	28 (100)
Propiedad-casa		
Propia	22 (66,7)	0 (0)
Rentada	0 (0)	0 (0)
Prestada	11 (33,3)	28 (100) <sup>3</sup>
Material de construcción <sup>4</sup>		
Cartón	13 (39,4)	0 (0)
Madera	11 (33,3)	0 (0)
Ladrillo	27 (81,8)	28 (100)
Número personas por dormitorio		
4 ó más	27 (81,8)	28 (100)
3	1 (3,0)	----
1 a 2	5 (15,2)	----
Horno ladrillero en casa <sup>5</sup>	23 (63,6)	0 (0)

<sup>1</sup> = Se refiere a agua potable entubada

<sup>2</sup> = Agua potable entregada en pipa

<sup>3</sup> = Casa-Hogar que pertenece al Gobierno del Estado de Sonora

<sup>4</sup> = Combinación de materiales, cartón-madera, ladrillo-cartón, ladrillo-madera

<sup>5</sup> = El resto se dedica al comercio de producto crudo

Fuente: Elaboración personal, 2009-2010.

poblaciones de los niños están lo suficientemente separadas para que puedan ser comparadas por efecto de los contaminantes emitidos en la Zona Ladrillera Sur.

El 45,5% de los niños de la Zona Ladrillera Sur consumía agua de pipa, el 30,3% agua embotellada y el 24,2% consumía ambos tipos de agua. Los alimentos eran cocinados en recipientes de aluminio o peltre, el barro se utilizó en un 3% para el cocimiento, y no para servir ni para guardar alimentos, y como combustibles se registró el uso de gas doméstico LP en un 3%, la leña en 9,1% y el 87,9% de los hogares utilizaba ambos combustibles, ningún padre o madre refirió el uso de electricidad para cocinar, la hornilla de leña se localizaba próxima a la entrada a la casa-habitación. Para el caso de los niños de la Casa Hogar, los alimentos se preparaban en recipientes de acero inoxidable y aluminio, y utilizando como combustible el gas LP.

### **Escolaridad y Nivel Socioeconómico de la Población Zona Ladrillera Sur**

La escolaridad de los padres de los niños de la Zona Ladrillera Sur, el 6,1% de los padres y el 21,2% de las madres aceptaron ser analfabetas (no sabían leer y escribir), el 69,7% de los padres y el 45,5% de las madres culminaron al menos un año de primaria, el 9,1% de los padres y el 24,2% de las madres terminaron por lo menos un año de secundaria, el 6,1% de los padres y el 0% de las madres tenían al menos un año de preparatoria, el 0% con algún estudio universitario. El 9% de los padres y el 9,1% de las madres no dieron a conocer el nivel de estudios por no convivir con ellos o por corresponder a madre que había fallecido. De los niños participantes en el estudio, dos niños asistían al preescolar, veintitrés a la primaria, uno a la secundaria y siete con ninguna instrucción básica, que son los de menor edad y que por lo tanto permanecían por más tiempo en la Zona Ladrillera Sur.

En cuanto a situación civil, el 3% de las madres dijeron ser madres solteras, el 12,1% casado, el 75,8% vivían en unión libre y el 9,1% en viudez, correspondiendo este último a padres. La ocupación de padres, el 51,5% se dedicaba a la actividad de elaboración de productos de arcilla (principalmente ladrillo), el 39,4% además de realizar actividad de producto de arcilla tenía otra actividad como la mecánica, albañilería o reciclado de cartón, siendo el mayor el 18,2% a la mecánica), el 3% se dedicaba a la albañilería y el 6,1% no respondió. En lo correspondiente a las madres de familia, el 48,5% se dedicaba al hogar y a la elaboración del ladrillo, el 42,4% al hogar y el 9,1% habían fallecido, la actividad de ladrillo corresponde a la elaboración y/o cocimiento del producto.

El ingreso familiar fue entre 500 a 1 500 pesos semanales, con un promedio de 848 pesos, para familias que van de 3 a 8 miembros, donde este ingreso es aportado por uno o dos miembros de la familia que son los padres de familia. Los niños que podían realizar la labor, apoyaban a sus padres en el amasado y/o moldeo de la arcilla para la elaboración del ladrillo, aportando así parte del sustento familiar. Los datos fueron registrados a partir de la información proporcionada por los padres de los niños y haciendo uso del instrumento Estudio Socioeconómico proporcionado por Servicios de Salud de Sonora.

En cuanto a salud de los menores, los padres refirieron a dos niños que presentaban esporádicamente dolor de cabeza, a dos niños con sangrado nasal ocasional, sobre todo en verano, y diarrea y fiebre ocasional, ambos padecimientos para una niña. No se informó de insuficiencia o padecimientos renales, trastornos hepáticos, anemia hemolítica, intoxicación por hierro, calcio o plomo, algún tratamiento por intoxicación por plomo, suplementación con hierro o calcio, y se informó de la ingesta del té de manzanilla y albahaca, no se refirió el uso de algún otro remedio casero, por lo que no se eliminaron niños por estas causas. En cuanto a los hábitos de pica (consumo de tierra), se refirió a un niño, que representó el 3%, el 4% de los niños se llevaban los lápices,

crayolas y juguetes a la boca. El 100% de los padres declaró que el 100% de los niños se lavaban las manos antes de consumir los alimentos y después de ir al baño. En tabla VIII se presenta el resumen de las características de escolaridad de padres e hijos, ocupación y situación civil de los padres, y hábitos de los niños de la población de la Zona Ladrillera Sur.

Para los niños de la Casa-Hogar, los datos de ingresos familiares, número de miembros de familia, material de construcción de las viviendas, número de habitaciones, ocupación de los padres y escolaridad no fueron proporcionados por ser datos confidenciales y resguardo de identidad de los menores que se encuentran internos en la Casa Hogar. Las cuidadoras de los niños informaron que los niños de 5 años y menores se llevan los juguetes, plastilina, pegamento, colores, lápices y crayolas a la boca, no refieren sobre algún niño con geofagia o pica (ingestión de tierra).

### **Consumo de Alimentos en la Dieta**

Las variables consideradas en el consumo de alimentos fueron la ingesta de energía, carbohidratos, proteínas y grasa total, así como productos con alto contenido de calcio y hierro. Para la obtención de estos datos se aplicó el instrumento del Instituto Nacional de Salud Pública, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005 Dieta-Frecuencia de Consumo Niño-Escolar para niños de 1 a 4 años y de 5 a 11 años, para niños de 12 años se aplicó esta última.

El instrumento fue ajustado a la terminología regional y tipo de alimentos consumidos y no incluidos en la encuesta, éste fue aplicado a padres de familia con niños en el mismo rango de edad que los considerados en el estudio, pero que no tenían relación alguna con los niños que se incluirían en el proyecto. La composición de los alimentos se analizó con base al Diccionario de Alimentos proporcionado por el CIAD A.C., diseñado para los alimentos mexicanos incluidos los de consumo regional.

**Tabla VIII.** Características descriptivas de la población procedente de la Zona Ladrillera Sur.

Aspecto		n (Frecuencia %)	
Escolaridad		<b>Padre</b>	<b>Madre</b>
	No sabe leer o escribir	2 (6,1)	7 (21,2)
	Primaria	23 (69,7)	15 (45,5)
	Secundaria	3 (9,1)	8 (24,2)
	Preparatoria	2 (6,1)	0 (0)
	Universidad	0 (0)	0 (0)
	No respondió	3 (9,1)	3 (9,1)
Ocupación			
	Ladrillero	17 (51,5)	-----
	Ladrillero y otra ocupación	13 (39,4) <sup>1</sup>	-----
	Albañilería	1 (3,0)	-----
	No respondió	2 (6,1)	-----
	Ladrillera y hogar	-----	16 (48,5)
	Hogar	-----	14 (42,4)
	No respondió	-----	3 (9,1)
Situación civil			
	Soltero (a)		1 (3,0) <sup>2</sup>
	Casado		4 (12,1)
	Unión libre		25 (75,8)
	Viudez		3 (9,1) <sup>3</sup>
		<b>Niños<sup>4</sup></b>	
Escolaridad			
	Ninguna		7 (21,2)
	Preescolar		2 (6,1)
	Primaria		24 (72,7)
	Secundaria		0 (0)
Hábitos			
	Lavado de manos		33 (100)
	Consumo de tierra		1 (3,0)
	Llevarse lápices, crayolas y juguetes a la boca		4 (12,1)
Salud			
	Sangrado nasal		2 (6,1)
	Dolor de cabeza		2 (6,1)
	Intoxicación, tratamiento plomo		0 (0) <sup>5</sup>
	Remedios caseros		2 (6,1) <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Mecánica, albañilería, reciclado de cartón <sup>2</sup> Corresponde a madre <sup>3</sup> Corresponde a padre  
<sup>4</sup> Niños auxilian a sus padres en el amasado y/o moldeo de la arcilla <sup>5</sup> Sin diagnóstico <sup>6</sup> Té de manzanilla y albahaca.

El 86,7% de las madres de familia proporcionó la información sobre el consumo de alimentos de los niños, considerando el consumido tanto dentro como fuera del hogar. Especificando mediante las opciones de chica, mediana y grande, taza, vaso, plato, rebanada o gramos de la porción y frecuencia de alimento consumido por el niño, en días a la semana como nunca, 1, de 2-4, de 5-6 y 7, y veces al día como 1, de 2-3, de 4-5 ó 6, para de esta manera estimar la ingesta de nutrientes para cada grupo o participante del proyecto. Esta encuesta consideró los alimentos consumidos una semana antes de la toma de la muestra sanguínea. Los informantes refirieron que la cantidad y tipo de alimento consumido era prácticamente el mismo que el declarado durante la encuesta.

Dado lo laborioso del estudio no se hicieron réplicas que pudieran capturar la variabilidad de la frecuencia de consumo de alimentos semanal. La información se presenta en valores promedio de los nutrimentos.

Los alimentos que se consumieron con mayor frecuencia por los niños de la Zona Ladrillera Sur fueron el refresco de cola, huevo frito, tortilla de maíz elaborada en tortillería, productos industrializados elaborados a base de papa o maíz (marca Sabritas®) y dulces (con o sin papel o goma de mascar), agua de limón natural, tortilla de harina de trigo, galletas y papa natural frita, sopa de pasta y plátano, chorizo y frijol cocido, por mencionar los diez primeros en orden descendente de consumo.

El refresco de cola fue consumido por 29 niños que representa el 96,7%, con un promedio de 430mL diarios y con un rango de 120 a 5 040 mL semanales, esto para niños mayores de 2 y menores de 12 años. En cuanto a frutas se registró el consumo de limón, plátano, tomate, sandía, aguacate, mango, manzana, uvas, naranja, melón, fresa, durazno, jícama y piña, donde se registró el consumo de 1 a 24 veces de acuerdo a la fruta, siendo el limón el mayormente consumido; en cuanto a verduras, tubérculos, leguminosas y hierbas, se registró el consumo de papa y frijón, lechuga, zanahoria, calabacitas,

nopales, cebolla, chile jalapeño, elote, quelites, brócoli y ejote, de 1 a 23 niños que lo consumieron, siendo la papa la de mayor consumo.

Los alimentos consumidos por los niños de la Zona Ladrillera Sur, contribuyeron a un aporte calórico donde la mayor fuente fue a partir de carbohidratos en un 60%, grasas 30% y proteínas 10%, obteniéndose aproximadamente 1 900 kcal en promedio, con un rango de 980 a 3 300. 12 niños (40%) registraron un consumo de más de 2 000 kcal, 16 niños (53,3%) entre 1 000 y 2 000 kcal y 2 niños (6,7%) con el consumo de menos de 1 000 calorías, siendo éstos últimos niñas menores de 2 años. El consumo de hierro total fue de 12,9 mg, y de calcio 742 mg diarios, aproximadamente.

El orden de consumo de los alimentos que son fuente importante de calcio y de hierro fueron el huevo frito con el orden 2, frijol cocido y guisado 8 y 9, carnes (chorizo 8, res 21, cerdo 22, pescado y atún 25) y derivados de la leche (leche con o sin sabor 10, queso en torta con jamón 17, en enchiladas 22 y yogurt el orden de consumo 21). El consumo de alimentos marinos como el pescado y atún figuran en el orden 25 consumido por un niño, el agua natural fue consumido por todos los niños como abundante. Este orden se estableció a partir del número de niños que consumió el alimento y no por cantidad consumida en la dieta.

El tipo de alimento consumido por los niños de la Casa-Hogar la semana previa a la toma de muestras fue proporcionada por el responsable de elaborar las dietas de los niños y dado que no se proporcionaron las cantidades de alimento consumido por cada niño participante, ésta fue aproximada de acuerdo a la porción de alimento establecida en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005 para cada grupo de edad. El menú es diferente cada semana y el tipo de fruta que se consumía era principalmente la de temporada; cada mes se consumían productos de repostería principalmente pastel de harina de trigo y

botanas a base de maíz y papa industrializada. El menú constaba de desayuno, comida y cena, además de dos colaciones, principalmente de fruta.

Entre los alimentos de mayor consumo se encontraron a la leche (leche con o sin sabor, con cereal de avena, crema de trigo o de maíz), huevo (frito, con jamón, con papa o en pan francés), pan (dulce, blanco, pan francés o con mantequilla), tortilla de maíz de tortillería, sopa de pasta con caldo, carne de cerdo, res y pollo cocido, embutidos (jamón y salchicha), plátano y ensalada de frutas (incluyendo manzana, ciruela, pera, durazno, sandía). Los alimentos de mayor consumo fueron la leche y huevo, por la frecuencia y número de niños que los consumieron. El mayor aporte de energía provenía en un 55% de carbohidratos, 32% de grasas y 15% de proteínas, obteniéndose aproximadamente 2 000 kcal para niños mayores de 4,5 años y de 1 000 kcal para niños menores de 4,5 años, que en promedio fue 1 500 kcal. El consumo de hierro total fue de 10,4mg y de hierro disponible 0,1mg, y de calcio 816mg diarios, aproximadamente. Los alimentos consumidos de mayor aporte de calcio y de hierro fueron leche, huevo y carnes de diferentes orígenes (res, cerdo y pollo). En la dieta de la semana no se mostró evidencia del consumo de productos marinos como pescado o atún.

La diferencia entre las dietas de ambas poblaciones radica en la variedad de los alimentos que se consumieron, siendo los niños de la Casa Hogar los que consumieron los alimentos con mayor variedad, incluyendo en la dieta frutas y verduras y productos cárnicos de diferentes orígenes, excepto los marinos. Los niños consumían 81 diferentes alimentos, donde al menos 23 niños ingerían 54 diferentes alimentos; en cambio, los niños de la Zona Ladrillera Sur incluyeron en su dieta refrescos de cola, huevo, tortillas de maíz y frijol, en esta dieta prácticamente no se incluyeron productos cárnicos, rara vez se consumió derivados de la leche, frutas y verduras. Los niños de la Zona Ladrillera Sur consumieron 114 diferentes alimentos, donde el 50% de la población incluyó en su dieta 23 diferentes alimentos.

De las fuentes consideradas como oficiales, el Instituto Nacional de Nutrición Dr. Salvador Zubirán (INNSZ) y la Norma Oficial Mexicana, NOM-051-SCFI/SSA1-2010, no especifican la cantidad de energía para los niños mayores de 4 años, indicando la recomendación de 72 kcal/kg de peso corporal, pero dado que no se registraron peso y talla de los niños participantes, se consideró 2 000 kcal requeridas, por lo que los niños de ambas poblaciones cubrieron las necesidades de energía propias de la edad.

En cuanto al consumo de calcio, los niños de la Zona Ladrillera Sur estuvieron ligeramente por debajo de lo recomendado y los niños de CAIM-Unacari dentro del consumo recomendado, pero muy cercano al nivel inferior; y si consideramos el consumo con respecto a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, estos niveles de consumo están por debajo de la ingesta.

Para el caso de hierro, el consumo estuvo dentro de lo recomendado por INNSZ, aunque la ingesta de los niños de Unacari estuvieron cercana al nivel inferior, y atendiendo a lo recomendado a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, están significativamente por debajo de lo recomendado para la población mexicana (entre 4,1 a 6,4 mg de ingesta diaria) para ambas poblaciones.

Para la ingesta de proteína, los niños de Unacari estuvieron dentro de los valores de consumo recomendado por el INNSZ, en cambio los niños de la Zona Ladrillera Sur consumieron menor cantidad de proteína a lo recomendado. Con respecto a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, recomienda que se consuma un gramo de proteína por kilogramo de peso corporal los niños de ambas poblaciones no fueron analizados antropométricamente, por lo que no se discute con respecto a esta fuente de información.

Respecto al consumo de grasas, los niños de Unacari consumieron 2% más de grasa total de lo recomendado por el INNSZ con el 32%, en cambio los niños de Zona Ladrillera Sur consumieron la cantidad recomendada por el Instituto; y en cuanto al consumo de carbohidratos los niños de la Zona Ladrillera Sur

consumieron 5% más de lo recomendado por el Instituto, en cambio los niños de Unacari está dentro de la cantidad de carbohidratos recomendado.

En cuanto al gasto en la adquisición de los alimentos, en la Zona Ladrillera Sur el 87,9% de los padres destinó del 50 al 70% a la alimentación, y el 12,1% invirtió del 41 al 50%, para los niños de Casa-Hogar, el Gobierno del Estado de Sonora tiene destinado el presupuesto para la atención de los menores.

A pesar que las dos poblaciones provienen de familias de bajo nivel socioeconómico, las diferencias pueden deberse a que los niños de la Casa Hogar se les elaboró una dieta con base en los requerimientos propios para la edad y las actividades que realizaban, en cambio, los niños de la Zona Ladrillera Sur consumieron los alimentos que les fueron proporcionados y que hasta cierto punto son los que estaban disponibles por el ingreso y el gasto destinado a la alimentación para todos los miembros de la familia y que se relaciona con el menor costo, alto contenido calórico y disponibilidad en el lugar; no obstante hay productos como frutas y verduras que aun siendo de bajo costo su consumo es más bien esporádico.

En la tabla IX y X se enlistan los alimentos y su orden de consumo de mayor a menor tanto para los niños de la Zona Ladrillera Sur como de la Casa Hogar CAIM-Unacari. Y en la tabla XI, se presenta un resumen de aporte de nutrimentos de los alimentos consumidos por los niños del estudio y los valores recomendados.

La dieta de los niños de Casa Hogar mostró una mayor diversidad de alimentos, conteniendo proteína, grasa y carbohidratos de diferentes orígenes, en cambio los niños de la Zona Ladrillera Sur, el mayor aporte calórico fue a partir del refresco de cola y el huevo, tortilla de maíz y frijol, la proteína y grasa animal del huevo, prácticamente el único origen de proteína y grasa animal consumida; en cambio los niños de la Casa Hogar contaban con una dieta donde se incluían todos los grupos de alimentos.

**Tabla IX.** Lista de alimentos y su orden de consumo para los niños de la Zona Ladrillera Sur.

Niños Zona Ladrillera	
Orden de consumo <sup>1</sup>	Alimento
1	Refresco cola <sup>2</sup>
2	Huevo frito Galletas
3	Tortilla maíz (tortillería)
4	Dulces Maíz y papa (Sabritas®)
5	Agua limón Embutido (salchicha, bolonia)
6	Tortilla trigo Papa frita
7	Sopa pasta en caldo Plátano
8	Chorizo Frijol cocido
9	Frijol guisado
10	Leche (con o sin sabor) Pepino Agua de sabor industrializada
11	Jugo frutas industrializado Café
12	Arroz blanco cocido
13	Tomate fresco Repollo Sandía
14	Sopa pasta (seca) Aguacate Pollo
15	Mango

Niños Zona Ladrillera	
Orden de consumo	Alimento
16	Pan dulce
17	Torta de queso y jamón Papa cocida Manzana
18	Pulpa ciruela ("chamoy") Palomitas de maíz
19	Hot dog Pan blanco Lechuga, Zanahoria Uvas
20	Calabacita Cereal caja
21	Carne res cocida Yogurt
22	Enchiladas (con queso) Sopa de verduras Carne de cerdo
23	Cebolla Naranja
24	Melón Mayonesa Mantequilla
25	Pescado Atún Leche materna

Fuente: Datos obtenidos al aplicar el instrumento del Instituto Nacional de Salud Pública, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005 Dieta-Frecuencia de Consumo Niño-Escolar de 1 a 4 años y de 5 a 11 años.

**Tabla X.** Lista de alimentos y su orden de consumo para los niños de Casa-Hogar CAIM-Unacari.

Niños Casa Hogar CAIM-Unacari	
Orden de consumo	Alimento
1 <sup>3</sup>	Leche (con o sin sabor, con cereal) Frijol cocido
	Huevo (frito, con jamón, con papas, pan francés)
	Pan (dulce, blanco, con mantequilla)
	Tortilla de maíz de tortillería
	Sopa de pasta con caldo
	Carnes (pollo cocido, de res, cerdo)
	Embutidos (jamón y salchicha)
	Plátano y otras frutas como manzana, ciruela, durazno, sandía
Otros alimentos consumidos e informados son:	
Jugo de naranja y horchata	
Arroz (blanco y con vegetales)	
Gallina pinta	
Espagueti	
Papas fritas	
Hot cakes con miel	
Queso	
Tomate (fresco o puré)	
Sandwich de jamón y queso, entre otros	
Agua natural, ingerida por todos los niños	

<sup>1</sup> Para los niños de la ZLSHS se especifica el orden de mayor a menor consumo

<sup>2</sup> Refresco (430mL diarios, 120 a 5 040 mL semanales, frecuencia 29 niños)

<sup>3</sup> Para los niños de la Casa Hogar, los de mayor consumo fueron el huevo y la leche

Fuente: Datos obtenidos al aplicar el instrumento del Instituto Nacional de Salud Pública, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005 Dieta-Frecuencia de Consumo Niño-Escolar de 1 a 4 años y de 5 a 12 años.

**Tabla XI.** Aporte de nutrimentos de los alimentos consumidos por los niños del estudio y valores recomendados.

Ingesta	Zona Ladrillera Sur	CAIM-Unacari	Recomendado	
	Consumo diario (promedio)		INNSZ	NOM-051
Energía (Kcal)	1 900	1 500	1 000 – NE <sup>3</sup>	NE
Calcio (mg) <sup>1</sup>	742	816	800 – 1 000	900
Hierro (mg) <sup>2</sup>	12,9	10,4	10 – 15	17
Proteínas (%)	10	15	15	1g/kg PC
Grasas (%)	30	32	30	NE
Carbohidratos (%)	60	55	55	NE

Valores recomendados:

<sup>1</sup> 1-3 años, 800mg  
4-6 años, 800mg  
7-18 años, 1 000mg

<sup>2</sup> 1-3 años, 15mg  
4-6 años, 10mg  
7-18 años, 15mg

<sup>3</sup> No especificado para niños mayores de 4 años

Kcal = Kilocalorías

g/kgPC = Gramos por kilogramo de Peso corporal

mg = Miligramos

% = Por ciento calculado a partir de la

NE = No especificado

ingesta recomendada

INNSZ. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Dr. Salvador Zubirán, recomendación para la población mexicana 1997.

NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasadas-información comercial y sanitaria.

Fuente: Datos obtenidos al aplicar el instrumento del Instituto Nacional de Salud Pública, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2005 Dieta-Frecuencia de Consumo Niño-Escolar de 1 a 4 años y de 5 a 12 años, recolectados de julio 2009 a septiembre 2010.

En la tabla XII, se muestra la correlación entre la concentración de plomo y nutrimentos provenientes de la dieta, para el caso del calcio, el coeficiente de correlación fue de -0,2619 y una significancia de  $p = 0,0470$ , observándose una relación inversamente proporcional a la concentración de plomo en sangre. También se observó una relación inversa con el consumo de vitamina C con un coeficiente de -0,2881 y una  $p$  de 0,0283. No se mostró una correlación entre la concentración de plomo y hemoglobina, hematocrito, hierro, zinc, grasa, proteínas y carbohidratos consumidos en la dieta.

### **Horno Ladrillero**

Para conocer si había relación entre los niveles de plomo y los materiales utilizados como combustibles en la cocción del ladrillo, se aplicó un cuestionario a padres de los niños, el cual evaluó el tipo y cantidad de material utilizado por horno de ladrillo.

Las personas encargadas de operar el horno, para el cocimiento de los productos de la arcilla, refirieron utilizar como combustible el aceite usado y madera en un 63,6%, la leña en un 39,4%, el 24,2% plásticos, el 21,2% la madera curada, el 18,2% gasolina y el 9,1% el aserrín. Para el arranque del horno se utilizaba el aserrín, en ocasiones la gasolina y para mantener el horno encendido, el aceite usado, leña, madera y cualquier otro material combustible y disponible en el lugar. Para que el ladrillo quedara bien cocido fue necesario que el horno estuviera encendido entre 18 y 25, en ocasiones hasta 30 horas continuas dependiendo del combustible, por lo que la emisión de contaminantes fue por este tiempo y, la frecuencia de encendido de horno entre 2 a 3 veces por semana. En cuanto al uso de gas LP, estiércol, carbón, diesel o llantas de desecho ningún padre o madre refirió utilizarlos para el arranque o mantenimiento del horno.

**Tabla XII.** Correlación de nutrientes provenientes de la dieta y la concentración de plomo en sangre.

Parámetro	Correlación	Significancia (p)
Calcio	- <b>0,2619</b>	<b>0,0470</b>
Hierro	0,1233	0,3564
Zinc	0,1015	0,4485
Grasa	- 0,0178	0,8944
Vitamina C	- <b>0,2881</b>	<b>0,0283</b>
Proteínas	- 0,0442	0,7418
Carbohidratos	0,0827	0,5369

El producto de arcilla que con mayor frecuencia se elaboraba fue el tabique o ladrillo con dimensiones estándar de 25 cm X 12 cm X 6 cm (largo, ancho y alto) con peso entre 2 a 3 kilogramos, pudiendo elaborarse otros de acuerdo a lo solicitado por sus consumidores. Cada mes se elaboraron aproximadamente 231 000 piezas, que en promedio se instalaron 28,9 hornos de 8 000 piezas de ladrillo cada uno, utilizando 29 toneladas de madera, leña, madera curada, plástico y aserrín, 5 800 litros de aceite quemado, y gasolina para el motor de la fragua y en ocasiones para iniciar el horno ladrillero. Lo anterior, fue considerando solamente para los hornos ladrilleros pertenecientes al estudio; es decir, sin considerar la producción de otros ladrilleros que no tenían niños menores de 12 años o bien que si tenían niños y que hayan decidido no participar en el proyecto. En la tabla XIII se muestra el tipo y cantidad de combustible utilizado.

Los niños de la Casa Hogar no estuvieron expuestos a los contaminantes emitidos por las ladrilleras, ya que no se localizaron hornos ladrilleros en la cercanía de la Casa Hogar, y como se comentó anteriormente, la Zona Ladrillera Sur se encontraba a una distancia aproximada de 10 km, lo suficientemente alejada para que los contaminantes fueran dispersos en el ambiente antes de que llegaran al ambiente de la Casa Hogar. Los niños que participaron en el proyecto proceden de diferentes lugares del Estado de Sonora, y para que participaran se debió cumplir con los criterios de inclusión y exclusión para este grupo de comparación que consistió entre otros, el no provenir de zonas ladrilleras o habitar en las cercanías de rellenos sanitarios y el de tener por lo menos un año de residencia en el lugar.

**Tabla XIII.** Tipo y cantidad de combustible utilizado en el cocimiento de ladrillos en la Zona Ladrillera Sur.

Combustible	n (Frecuencia %)	Cantidad aproximada de combustible de uso mensual por horno de 8 000 piezas
Aceite quemado	21 (100)	5 800 litros
Madera	21 (100)	
Leña	13 (61,9)	
Madera curada	7 (33,3)	29 toneladas <sup>1</sup>
Plásticos	8 (38,1)	
Aserrín	3 (14,3)	
Gasolina <sup>2</sup>	6 (28,6)	No especificado
Estiércol	0 (0)	-----
Llantas de desecho	0 (0)	-----
Carbón de leña	0 (0)	-----
Diesel	0 (0)	-----
Gas (butano o natural)	0 (0)	-----

<sup>1</sup> Corresponde a material combustible sólido como madera, leña, madera curada, plásticos y aserrín con base a 21 niños que tenían horno de ladrillo en casa.

<sup>2</sup> Utilizada para el arranque del horno y motor de la fragua.

Fuente: Datos registrados en 2009.

## **Muestras Biológicas**

Tanto a los niños de la Zona Ladrillera Sur como a los niños de la Casa-Hogar CAIM-Unacari, se les recolectaron muestras biológicas de sangre total (para la determinación de hemoglobina, hematocrito, plomo, protoporfirina zinc) y heces, utilizando el material descrito en la sección de materiales y métodos; por parte de los niños de Zona Ladrillera Sur, 30 niños (90,9%) participaron con la toma de muestra sanguínea y a 29 (87,9%) se les recolectó muestra de heces, y en el caso de niños de Unacari, a 28 niños (93,3%) se les tomó muestra de sangre, de los cuáles a 25 (83,3%) se les recolectaron muestras de heces. Para el caso de muestras de heces se entregaron entre 1 y 3 sub-muestras por niño en días y recipientes diferentes. En la tabla XIV, se resume el tipo y cantidad de muestras entregadas y analizadas.

De los niños participantes de la Zona Ladrillera Sur, 15 fueron del sexo masculino y 15 del sexo femenino con edad entre 1 y 12 años; los niños de CAIM-Unacari fueron 17 del sexo masculino (60%) y 11 del femenino (39%) con edad entre 1,4 a 11,6 años, siendo un total de 30 niños de la Zona Ladrillera Sur y 28 de la Casa Hogar CAIM-Unacari, 58 niños participantes en total, con una edad promedio de 6,9 años y desviación estándar de 3,1 años. En la tabla XV se resume la población estudiada por sexo y edad de los participantes.

### **Hemoglobina y Hematocrito**

Los valores de hemoglobina variaron desde 9,7 a 14,2 g/100mL para ambos grupos de estudio. Específicamente, para los niños de la Zona Ladrillera Sur se obtuvieron valores en el intervalo de 9,7 a 14,2g/100mL, con una media de 12,03 y desviación estándar de 1,04, la mediana fue de 12g/100mL; y, para los niños de CAIM-Unacari el intervalo de 11,3 a 14,1g/100mL, con una media y mediana de 12,6g/100mL y desviación estándar de 0,8g/100mL. Los valores de hemoglobina de ambas poblaciones se distribuyeron normalmente, por lo que

**Tabla XIV.** Tipo y cantidad de muestras biológicas recolectadas y analizadas por población participante.

Tipo de muestra	Población (niños)		Total
	Zona Ladrillera	CAIM-Unacari	
Sangre Total	30	28	58
Hb/Htc <sup>1</sup>	30	28	58
Pb <sup>2</sup>	30	28	58
PPZ <sup>3</sup>	29	28	57
Heces <sup>4</sup>	29	25	54

<sup>1</sup> Hb/Htc= Hemoglobina/Hematocrito, anticoagulante EDTA

<sup>2</sup> Pb = Plomo, anticoagulante heparina de sodio

<sup>3</sup> PPZ=Protoporfirina Zinc, anticoagulante EDTA

<sup>4</sup> Muestra de materia fecal, entre 1 y 3 sub muestras

**Tabla XV.** Características por sexo y edad de cada población de niños estudiados.

Población	Sexo		Edad <sup>1</sup> promedio ± s	Total
	Masculino	Femenino		
Zona Ladrillera	15	15	7,3 ± 3,2	30
CAIM-Unacari	17	11	6,4 ± 3,0	28
Total	32	26	6,9 ± 3,1	58

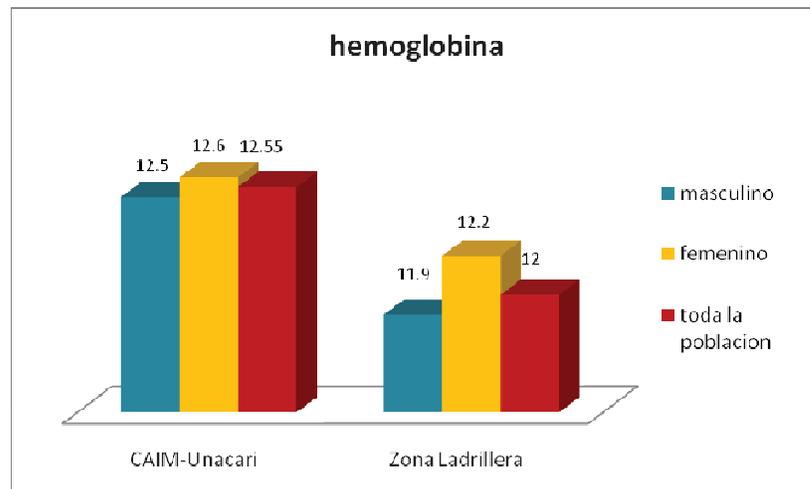
<sup>1</sup> Edad en años

s= Desviación estándar

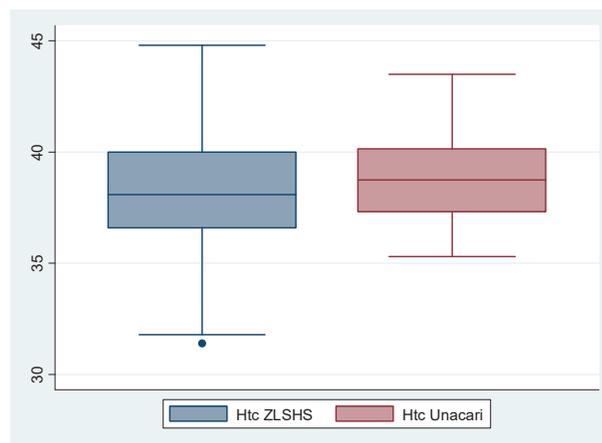
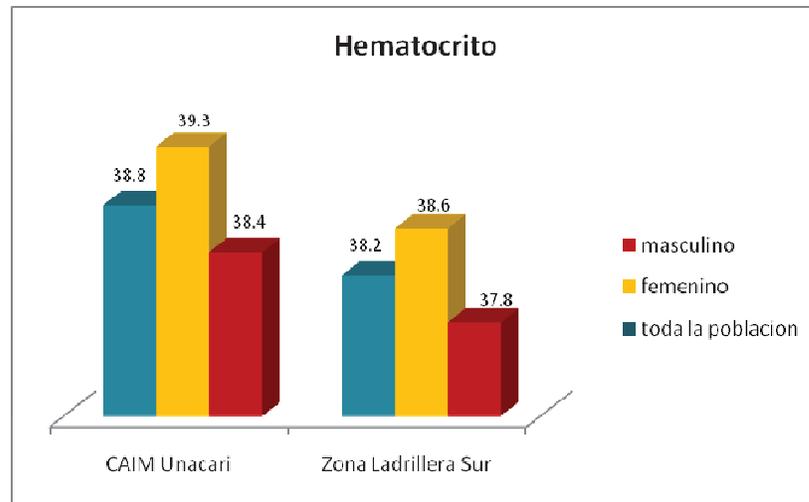
se aplicó la distribución *t* Student para diferencias de medias, resultando estadísticamente significativa con un valor de *p* de 0,058. En la figura 25 se muestra la gráfica de valores promedio de hemoglobina por población y gráfica de cajas indicando la diferencia entre ambas poblaciones.

Para el caso de los valores de hematocrito, se obtuvieron valores en el intervalo de 31,4 a 44,8%. Cuando se obtuvieron los valores por población estudiada, los niños de la Zona Ladrillera Sur tuvieron 31,4 a 44,8% con una media de 38,2% y desviación estándar de 3,1%. Para los niños de CAIM-Unacari, comprendió el intervalo de 35,3 a 43,5%, con un valor promedio de 38,9% y desviación estándar de 2,2%. Ambas poblaciones se distribuyeron normalmente y no se observó diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las poblaciones, valor de *p* 0,77 aplicando la distribución de *t de Student*. En la figura 26, se muestra gráfico de valores promedio de hematocrito y gráfico de cajas entre ambas poblaciones.

En el frotis de sangre periférica de los niños de la Zona Ladrillera Sur se observó hipocromía en un 40%, poiquilocitosis por acantocitos en un 20%, en el 23,3% se observó el agrupamiento de Rouleaux, el 10% presentó granulación tóxica, y no se observó anisocitosis; estos aspectos fueron observados en los niños de CAIM-Unacari en menor frecuencia, hipocromía en un 28,6%, poiquilocitosis por acantocitos 17,9% y 7% de agrupamiento de Rouleaux, en un niño de la Casa-Hogar se observó células en diana; en ninguna de las dos poblaciones se observó punteado basófilo (observaciones apoyadas en Ruiz-Argüelles, 2003).



**Figura 25.** Gráficos de valores de hemoglobina promedio por población y diferencia entre ambas poblaciones.



**Figura 26.** Gráficos de valores de hematocrito promedio por población y diferencia entre ambas poblaciones.

### **Concentración de Plomo en Sangre**

El intervalo de concentración de plomo fue de 3,3 a 21,2  $\mu\text{g/dL}$  de sangre total para todos los niños analizados, con un promedio general de 7,02  $\mu\text{g/dL}$  y desviación estándar de 3,36  $\mu\text{g/dL}$ . La concentración de Pb para los niños de la Zona Ladrillera Sur fluctuó entre 3,3 a 21,2  $\mu\text{g/dL}$  de sangre total, con un promedio de concentración de 7,5  $\mu\text{g/dL}$ , desviación estándar de 4,5  $\mu\text{g/dL}$  y una mediana de 6,7  $\mu\text{g/dL}$ ; y para los niños de Unacari, concentraciones de Pb 4,5 a 9,1  $\mu\text{g/dL}$  con una concentración promedio de 6,5  $\mu\text{g/dL}$ , con una desviación estándar de 1,2  $\mu\text{g/dL}$  y una mediana de 6,3  $\mu\text{g/dL}$ . Los valores de Pb para los niños de CAIM-Unacari se distribuyeron normalmente, en cambio los valores para los niños de la Zona Ladrillera Sur, se comportaron normalmente hasta una concentración de 9  $\mu\text{gPb/dL}$ , pero no así considerando todos los valores de concentración para dicha población. Esta información se resume en la tabla XVI.

Dado que la distribución de los datos no cumplió con los supuestos de normalidad, se aplicó una prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney), donde no se obtuvo diferencia estadística significativa entre las medianas de las poblaciones,  $p$  de 0,9566; sin embargo, los valores más altos se pudieron observar en los niños de la población de la Zona Ladrillera Zur, sobrepasando la concentración de 10  $\mu\text{gPb/dL}$  en tres niños, siendo éstos de 1, 5 y 9 años de edad con concentración de 20, 17,5 y 21,2  $\mu\text{gPb/dL}$  de sangre total, respectivamente.

**Tabla XVI.** Resumen de concentración de plomo en sangre en las poblaciones de niños estudiados.

Variable	Plomo niños ZLHS				Plomo niños CAIM-Unacari				p
	n (%)	$\bar{X}$ (s)	Mediana	Rango	n (%)	$\bar{X}$ (s)	Mediana	Rango	
		$\mu\text{g/dL}$				$\mu\text{g/dL}$			
Población	30(51,7)	7,5 (4,5)	6,7	3,6-21,2	28(48,2)	6,5 (1,2)	6,3	4,5-9,1	0,9566
Masculino	15 (50)	6,7 (3,3)	5,8	3,3-17,5	17 (60,7)	6,5 (1,2)	6,5	4,5-9,1	0,4575
Femenino	15 (50)	8,3 (5,4)	8,0	3,4-21,2	11 (39,3)	6,5 (1,2)	6,0	5,3-8,9	
1-6 años	15 (50)	8,0 (4,8)	7,2	3,3-20,0	16 (57,1)	6,7 (1,3)	6,8	4,7-9,1	0,3259
7-12 años	15 (50)	7,1 (4,3)	6,6	3,4-21,2	12 (42,9)	6,2 (1,0)	6,0	5,2-8,4	

n=Número de datos

$\bar{X}$  = Promedio (media aritmética)

$\mu\text{g/dL}$  = Microgramos por decilitro

p= significancia (Wilcoxon Mann-Whitney)

Toda la muestra n= 58  $\bar{X}$  = 7,02 s=3,36

%= Porcentaje

s=Desviación estándar

Rango= valor menor, valor mayor

Vm= 3,3 VM= 21,2  $\mu\text{gPb/dL}$  de sangre

Al realizar una comparación por grupos de edad, se obtuvo una concentración promedio de plomo de 8,0 µg/dL, con una desviación estándar de 4,8 µg/dL y una mediana de 7,2 µg/dL para niños de 1 a 6 años, el rango fue de 3,3 a 20 µg/dL, y de 7,1 µg/dL con una desviación estándar de 4,3 µg/dL y una mediana de 6,6 µg/dL, con un rango de 3,4 a 21,2 µg/dL para niños de 7 a 12 años de la población de la Zona Ladrillera Sur. En el caso de los niños de la Casa Hogar Unacari se obtuvo una concentración promedio de 6,7 µg/dL y desviación estándar de 1,3 µg/dL, con un rango de 4,5 a 9,1 µgPb/dL, y una mediana de 6,8 µgPb/dL para niños de 1 a 6 años; y para los de 7 a 12 años la concentración promedio fue de 6,2µg/dL, desviación estándar de 1,0µg/dL, con un rango de 5,2 a 8,4 µg/dL y una mediana de 6,0 µg/dL la diferencia entre las medias no fue significativa, no mostrando diferencia estadísticamente significativa al comparar por edad. Tampoco se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar las concentraciones de plomo por sexo.

Dado que las últimas investigaciones han informado daño en el sistema nervioso central aún a concentraciones menores de 5 µgPb/dL (NTP, 2011), se realizó una comparación de las poblaciones con los valores de plomo entre ambas poblaciones, obteniéndose que 25 niños de la Zona Ladrillera Sur mostraron valores por encima del valor referido, representando el 67%, con un valor promedio de 9,2 µg/dL y desviación de 4,7 µg/dL, una mediana de 7,9 µg/dL con un rango de 5,4 a 21,2 µg/dL, y la población de la Casa Hogar Unacari mostró que 27 niños, que representó el 96,4% tenían valores superiores a 5 µg/dL, con una media de 6,6 µg/dL y desviación estándar de 1,2 µg/dL, una mediana de 6,4 µg/dL y un rango de 5,1 a 9,1 µg/dL observándose una diferencia estadísticamente significativa de  $p$  0,004, utilizando la distribución chi cuadrada. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ser del sexo femenino o masculino y concentraciones menor o mayor a 5 µgPb/dL.

Los valores para niños de lactancia presentaron valores de 20,0 y 9,8  $\mu\text{gPb/dL}$  con un promedio de 14,9  $\mu\text{gPb/dL}$  y desviación estándar de 7,2  $\mu\text{gPb/dL}$ . Estos niños son del sexo femenino de la Zona Ladrillera Sur y los únicos en periodo de lactancia en ese momento. En la Casa-Hogar no se registró algún niño en periodo de lactancia.

### **Protoporfirina –Zinc**

El intervalo de protoporfirina zinc (PPZ) para todos los niños muestreados fue de 37 a 108  $\mu\text{mol/mol Heme}$ , obteniéndose 4 valores por fuera del valor normal superior (valor normal de 30 a 80  $\mu\text{mol/mol Heme}$ ), correspondiendo tres de ellos a niños de CAIM-Unacari y un valor para niños de la Zona Ladrillera Sur. Para valores por grupos, el intervalo para niños de la Zona Ladrillera Sur fue de 37 a 87  $\mu\text{mol/mol Heme}$ , con un valor promedio de 54,4 y desviación estándar de 11,2 y mediana de 52  $\mu\text{mol/mol Heme}$ . Para el caso de los niños de Unacari, el intervalo fue de 37 a 108  $\mu\text{mol/mol Heme}$ , con un promedio de 62,9 y desviación estándar de 15,2, y una mediana de 61  $\mu\text{mol/mol Heme}$ . La diferencia entre las medias de las dos poblaciones fue estadísticamente significativa con un valor de  $p$  de 0,008, aún cuando la mayoría de los valores estuvieron dentro de valores normales. Los resultados se muestran en la tabla XVII.

### **Coproparasitoscópico**

La preparación de las sub muestras recolectadas de materia fecal fue realizada por el método descrito por Faust, analizando entre 1 y 3 por niño participante, la cantidad de muestras por población se mostró en la tabla XIV y en la tabla XVII se presenta parasitosis observada por población participante.

**Tabla XVII.** Resumen de los parámetros bioquímicos determinados en ambas poblaciones de estudio.

Parámetro	Población (niños)	
	Zona Ladrillera Sur	CAIM-Unacari
Femenino	15 (50%)	11 (39,3%)
Masculino	15 (50%)	17 (60,7%)
Edad (años)	1 a 12	1,4 a 11,6
Promedio ± s	7,3 ± 3,23	6,4 ± 3,02
Hemoglobina (g/100mL)	9,7 a 14,2	11,3 a 14,1
Promedio ± s	12,04 ± 1,04	12,6 ± 0,8
Hematocrito (%)	31,4 a 44,8	35,3 a 43,5
Promedio ± s	38,2 ± 3,1	38,9 ± 2,2
Plomo (µg/100mL)	3,3 a 21,2	4,5 a 9,1
Promedio ± s	7,5 ± 4,5	6,5 ± 1,2
Protoporfirina zinc (µmmol/mol Heme)	37 a 87	37 a 108
Promedio ± s	54,4 ± 11,2	62,9 ± 15,2
Parasitados <sup>1</sup>	24 (82,8%)	16 (64%)
Monoparasitado	5 (20,8%)	7 (43,8%)
Poliparasitado	19 (79,2%)	9 (56,2%)
Muestras negativas	5 (17,2%)	9 (36%)

s = Desviación estándar

µmol/mol = Micromoles por mol

mL = Mililitros

<sup>1</sup> = Positivo, presencia de al menos una forma de parásito en una sub-muestra

En cuanto a la correlación entre la concentración de plomo en sangre y parámetros biológicos, considerando ambas poblaciones de niños; los parámetros que resultaron con significancia estadística fueron la protoporfirina zinc (PPZ) con un coeficiente de correlación de Spearman de -0,2637 y significancia de  $p$  0,0458, aun cuando los valores para la PPZ estuvieron dentro de los valores normales.

Los parásitos que se observaron en los niños de la Zona Ladrillera Sur fueron *Endamoeba coli*, *Endamoeba histolytica/dispar*, *Endolimax nana*, *Giardia lamblia*, *Iodamoeba butschlii*, *Hymenolepis spp*, y en la población de CAIM-Unacari *Endamoeba coli*, *Endolimax nana*, *Giardia lamblia*, *Hymenolepis spp*, *Ascaris lumbricoides* y *Ancylostoma spp*. De los niños de la Zona Ladrillera Sur, 24 niños de los 29 con resultados positivos, el 20,8% estaba monoparasitado y el 79,2% poliparasitados, el parásito más frecuente fue *Giardia lamblia*. De la Casa Hogar, 16 niños de los 25 a los que se les recolectó muestras, presentaron resultados positivos, siendo el 43,8% monoparasitados y el 56,2% poliparasitados, el parásito mayormente observado fue *G. lamblia*, al igual que la población de la Zona Ladrillera Sur.

## Muestras Ambientales

### Suelo Superficial

Todos los suelos de los sitios muestreados resultaron cuantificables, mayor de 0,02 mg/kg y de 1 mg/kg de suelo, para el plomo biodisponible y total respectivamente. De las determinaciones realizadas, el sitio 1 fue el de mayor concentración de plomo biodisponible y total seguido de 3, 6, 5, 4 y 2 (0,92 mg/kg y de 9,26 mg/kg de suelo). El promedio para todas las determinaciones fue de 1,58 mg/kg (con un rango de 0,92-3,77) de plomo biodisponible y de 13,50 mg/kg (con un rango de 9,26 a 24,17) de plomo total; en el sitio considerado como blanco o de fondo se obtuvo la menor concentración que fue de 0,54 mg/kg y de 8,61 mg/kg de plomo biodisponible y total, respectivamente.

En la tabla XVIII, se muestra los resultados de plomo biodisponible y total en suelo superficial para todos los sitios monitoreados de la Zona Ladrillera Sur.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), un niño consume 350 mg de suelo al día en promedio, por lo que un niño de un año de edad de la Zona Ladrillera Sur estaría ingiriendo 0,000 54 mg de plomo, rango de 0,000 37 a 0,000 97 mg de plomo por día por kilogramo de peso corporal. Considerando que un niño absorbe el 50% del plomo ingerido estaría llegando a sangre 0,00027 mg de plomo al día.

En la tabla XIX, se muestra un comparativo de dosis de plomo total y efectivo por el consumo de 350 mg de suelo al día para un niño de un año de edad y 50% de absorción de plomo. Este comparativo se realiza conforme a lo que establece la OMS, que para que un suelo de recreación infantil no cause intoxicación en un niño, deberá tener como límite máximo 200 mg de plomo por kg de suelo y de acuerdo a lo determinado por Breckenridge y Crockett, (1995) de 150 mg de plomo por kg de suelo.

De acuerdo a la clasificación de Chen y col. (2004), citado por Vives (2010) para la caracterización de metales pesados en sitios de juego infantil, se calculó el índice de contaminación, relacionando la concentración promedio determinada de plomo en las muestras dividida entre la concentración promedio del blanco o fondo. El índice de contaminación de plomo total se determinó en un rango de 1,07 y 2,81 con un nivel de contaminación medio para plomo total y para plomo biodisponible un Índice de contaminación de 1,69 a 8,42 con un nivel de contaminación de medio a alto, determinándose que el suelo del sitio 1 y 3 son los de mayor impacto respecto al suelo considerado como blanco o fondo. Lo mismo fue determinado en la relación de plomo total, donde el impacto es menor para todos los sitios respecto al plomo biodisponible. En la tabla XX, se muestra el índice de contaminación de suelo superficial y la clasificación de éste en niveles de contaminación.

**Tabla XVIII.** Resultados de plomo biodisponible y total en suelo superficial de la Zona Ladrillera Sur.

Sitio	Pb biodisponible mg/kg suelo	Pb total mg/kg suelo
1	3,77	24,17
2	0,92	9,26
3	1,86	13,09
4	0,96	11,10
5	0,97	11,37
6	0,99	12,02
Blanco o fondo	0,54	8,61
Promedio	1,58	13,50
Rango	0,92 a 3,77	9,26 a 24,17

mg/Kg = miligramos por kilogramo de suelo  
 Límite de cuantificación plomo biodisponible = 0,02 mg/kg  
 Límite de cuantificación plomo total = 1 mg/kg

**Tabla XIX.** Comparativo de dosis de plomo total y efectivo por consumo de suelo superficial de la zona ladrillera para un niño de un año de edad.

mg Pb /kg SS	µg de Pb ingerido diario por kg de PC		µg de Pb ingerido anual por kg de PC	
	Total	Efectivo	Total	Efectivo
ZLSHS (13,5)	0,5	0,25	182,5	91,3
BC (150)	6	3	2 190	1 095
OMS (200)	8	4	2 920	1 460
NOM-147 (400)	16	8	5 840	2 920
ZLSHS (9,26-27,17)	0,37–0,97	0,19–0,97	136–354,9	68–177,5

mg Pb/kg SS = Miligramos de plomo por kilogramo de suelo superficial

µg de Pb = Microgramos de plomo

kg de PC = Kilogramo de peso corporal

ZLSHS = Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora.

BC = Breckenridge y Crockett, 1995

OMS= Organización Mundial de la Salud, 2004

NOM-147= NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

**Tabla XX.** Índice de contaminación de suelo superficial de la Zona Ladrillera Sur.

Sitio de Suelo	Pb total I.C.	Nivel de contaminación	Pb biodisponible I.C.	Nivel de contaminación
1	2,81	Medio	6,94	Alto
2	1,07	Medio	1,69	Medio
3	1,52	Medio	8,42	Alto
4	1,29	Medio	1,77	Medio
5	1,32	Medio	1,79	Medio
6	1,40	Medio	1,82	Medio
7	1	Referencia	1	Referencia

Pb = Plomo  
I.C.= Índice de contaminación

### **Ladrillo**

El límite de cuantificación para el ladrillo fue de 0,02 mg/Kg de muestra. En todas las muestras se obtuvieron valores cuantificables de plomo biodisponible y total. El sitio con mayor concentración de plomo biodisponible fue el 1, seguido de 5, 2, 6, 4 y 3 con un rango de 0,30 a 1,90 mgPb/Kg de ladrillo muestreado. En cuanto a plomo total el sitio 1 fue en el que presentó la mayor concentración, seguido de 2, 5, 6, 3 y 4, en un rango de 3,60 a 19,95 mgPb/kg de ladrillo. En la tabla XXI se muestra resultados de plomo biodisponible total en ladrillo recolectado en la Zona Ladrillera Sur.

### **Aceite Usado**

El límite de cuantificación para la determinación de plomo total en el aceite usado fue de 2 mg/Kg de muestra. El valor más alto de plomo se determinó en el sitio 1, con una concentración de 51,56 mg/kg de aceite, seguido del sitio 4, 2, 3 y 6; para el sitio 5 se cuantificó por debajo del límite de cuantificación. El rango de cuantificación fue desde menos de 2 hasta 51,56 mg/Kg de aceite usado. En la tabla XXII, se muestra los resultados de plomo total de aceite usado por sitio de muestreo de la Zona Ladrillera Sur.

Durante la encuesta realizada a los padres por el uso de aceite usado para la cocción de la arcilla, se registró el empleo de 5 780 litros de aceite usado al mes, lo que al año corresponderían 69 360 litros; ahora bien, suponiendo que el plomo contenido en el aceite usado se emitiera a la atmósfera y que el promedio determinado fue de 17 mg/kg, se tendría aproximadamente 1,2 kg de plomo emitidos al año durante el proceso de cocción, con un rango de 0,14 a 3,58 kg de plomo al año; esto es, considerando solamente los nueve hornos registrados en los hogares donde se tenían niños menores de 12 años.

**Tabla XXI.** Resultados de plomo biodisponible y total en ladrillo de la Zona Ladrillera Sur.

Sitio	Pb biodisponible mg/kg ladrillo	Pb total mg/kg ladrillo
1	1,90	19,95
2	1,83	9,21
3	0,30	4,88
4	0,35	3,60
5	1,85	9,04
6	1,54	7,40
Promedio	1,29	9,01
Rango	0,30 a 1,90	3,60 a 19,95

mg/kg= miligramos por kilogramo de muestra

Pb = Plomo

**Tabla XXII.** Resultados de plomo total en aceite usado por sitio de muestreo.

Sitio	Pb total Aceite usado mg/kg
1	51,56
2	16,84
3	4,84
4	23,40
5	< L.C. (2)
6	3,17
Promedio	16,95
Rango	< 2 a 51,56

mg/kg= miligramos por kilogramo de muestra

Pb = Plomo

L.C. = Límite de cuantificación

< = Menor de

### **Agua de Uso y Consumo Humano**

Se recolectaron seis muestras de agua, para uso y consumo humano, almacenada en depósitos, tomándose una muestra por sitio de muestreo. El plomo fue determinado por el método de la EPA 6010B ICP. Los valores obtenidos de plomo fueron menores al límite de cuantificación y al valor máximo permisible, establecido en la norma de referencia para este tipo de agua, NOM-127-SSA1-1994, modificación 2000, que es de 0,01 mg/L.

### **Procedimiento para la Determinación de Plomo en Sangre**

El procedimiento para la determinación de plomo en sangre, se basó en la digestión ácida con  $\text{HNO}_3$  en combinación con  $\text{H}_2\text{O}_2$  en horno de microondas, obteniendo su concentración por medio de la técnica de emisión atómica, acoplado al plasma y nebulizador ultrasónico, dándole la validez externa por medio de la participación en pruebas interlaboratorio de control de calidad.

La mezcla de agentes oxidantes ( $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) junto con el calentamiento y la presión en el horno de microondas, permite una completa oxidación de la materia orgánica logrando a su vez una estabilidad y solubilidad del elemento de interés. La adición de agua previene las reacciones exotérmicas que se originan en el vaso de digestión y el uso del instrumento de ICP acoplado con nebulizador ultrasónico permite lograr una mayor sensibilidad y límite de cuantificación diez veces menor comparado a si no se utilizara este último. Para implementar el procedimiento se basó en el sugerido por EPA método 3052, estableciendo en el laboratorio ADNSA cantidad y tipo de reactivos, condiciones de digestión y el uso del nebulizador ultrasónico.

La verificación del peso de los vasos de digestión con muestra y reactivos, antes y después de la digestión, permitió conocer si se produjo venteo o pérdida de materiales y si éste fuera mayor del 1% se descartaban.

Para establecer el procedimiento se pesó aproximadamente un gramo de

sangre heparinizada en vaso de teflón para uso en horno de microondas, se adicionó 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, se dejó reposar de 3 a 4 horas a temperatura ambiente del laboratorio, posteriormente se le adicionó 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%, se dejó reposar por aproximadamente 2 horas y se le agregó 5 mL de agua deionizada, se sellaron los vasos y se determinó un primer peso; se digirió en horno de microondas bajo las condiciones establecidas por el laboratorio ADNISA que fueron de: 1 600 watts con el 90% de potencia para alcanzar 180°C ± 5°C en 10 minutos, manteniendo la temperatura por 10 minutos y enfriamiento programado de 20 minutos. Posteriormente, fuera del horno se dejó enfriar a temperatura ambiente y se determinó el segundo peso, verificando que la pérdida de peso por venteo no fuera mayor del 1%.

El control de calidad aplicado consistió en blanco reactivo, blanco heparina, blanco adicionado, muestras duplicadas, muestras adicionadas, muestras de prueba interlaboratorio de control de calidad (PICC), se incluyó curva de calibración con cuatro puntos incluyendo el blanco, aplicándose el mismo procedimiento que a las muestras de sangre.

Para obtener la concentración final de las muestras fue ajustado con base al porcentaje de recobro de las muestras adicionadas y dado que no se había realizado lo mismo para las muestras de PICC, se ajustaron todos los valores para que fuera comparativo al horno de grafito con corrector Zeeman que es el de referencia. En la tabla XXIII se muestra los resultados del control de calidad aplicado en el procedimiento de la técnica de cuantificación de plomo en sangre.

Lo que se destaca con el establecimiento de las condiciones de esta técnica es la predigestión de la muestra con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que es un reactivo más económico comparado con los ácidos de digestión que se utilizan en otros métodos de determinación, y su uso permite que la muestra tenga una digestión más completa, que pueda digerirse en el horno de microondas y su lectura en ICP.

**Tabla XXIII.** Resultados de control de calidad para el procedimiento de determinación de plomo en sangre.

Parámetro	Resultado obtenido ADNSA	Referencia
Número de réplicas	3	3 <sup>1</sup>
Blanco reactivo	< L.C. (2)	N.A.
Blanco heparina	< L.C. (2)	N.A.
Diferencia relativa en duplicados	6,2%	10% <sup>2</sup>
Porcentaje de recobro (muestra adicionada)	80%	100±20% <sup>1</sup>
Sesgo	Negativo	N.A.
Exactitud con base a P ICC (promedio) con base a valor diana	91,7%	100%
Porcentaje de recobro en P ICC (promedio) con base a valor válido	92%	100%
Índice variación en P ICC	71,9%	N.A.
Coefficiente de variación	14,7%	15% <sup>3</sup>
Pérdida de peso por venteo	0,1%	<1% <sup>4</sup>

<L.C. = Menor del límite de cuantificación

N.A. = No aplica

<sup>1</sup> = NMX-115-SCFI-2000

<sup>2</sup> = Standards Methods 21<sup>a</sup>. Ed, 2005

<sup>3</sup> = Prueba Interlaboratorio de Control de Calidad (P ICC)

<sup>4</sup> = Método EPA 3052

En la tabla XXIV, se muestra una comparación de técnicas para la determinación de plomo en sangre y en la tabla XXV las ventajas y desventajas de cada técnica.

Lo que se destaca con el establecimiento de las condiciones de esta técnica es la pre-digestión de la muestra con  $H_2O_2$  que es un reactivo más económico comparado con los ácidos de digestión que se utiliza en otros métodos, anteriormente mencionados (tabla XXIV), por lo que es viable utilizar este procedimiento que es menos costoso, el tiempo de resultados es corto, los reactivos son de fácil manejo, y los resultados obtenidos en el control de calidad son aceptables con respecto a lo indicado en referencias conocidas como EPA, Normas Mexicanas, Standards Methods y resultados comparativos con el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, que es la técnica de referencia para la determinación de plomo en sangre.

**Tabla XXIV.** Comparación de técnicas para la determinación de plomo en sangre.

TÉCNICA	AA Horno de grafito	AA con flama	ICP AES	ICP AES
ASPECTO	NOM-199-SSA1-2000	Perkin Elmer	NIOSH 8005	Nebulizador ultrasónico
Cantidad de muestra	0,1 mililitros	6 gramos	10 mililitros	1 gramo
Reactivos	Tritón X-100 H <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> APDC Cloroformo Estándar de Plomo Agua deionizada	Tritón X-100 APDC CaCl <sub>2</sub> MIBC Estándar de Plomo Agua deionizada	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc. HNO <sub>3</sub> conc. HClO <sub>4</sub> conc. Estándar de Plomo Agua deionizada	HNO <sub>3</sub> conc. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30% Estándar de Plomo Agua deionizada

Conc.= Concentrado

H<sub>2</sub>NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> = Fosfato monobásico de amonio

APDC = Sal de amonio 1-pirrolidin ditiocarbamato

CaCl<sub>2</sub> = Cloruro de calcio

MIBC = Metil isobutil cetona

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = Ácido sulfúrico

HNO<sub>3</sub> = Ácido nítrico

HClO<sub>4</sub> = Ácido perclórico

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = Peróxido de hidrógeno

**Tabla XXV.** Comparación de las ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas para la determinación de plomo en sangre.

<b>TÉCNICA REFERENCIA</b>	<b>AA Horno de grafito</b>	<b>AA con flama</b>	<b>ICP AES</b>	<b>ICP AES ADNSA</b>
ASPECTO	NOM-199-SSA1-2000	Perkin Elmer	NIOSH 8005	Nebulizador ultrasónico
Ventajas	Tamaño de muestra baja (nivel pediátrico) No necesita muestra en solución Es el método de referencia	Tiempo de análisis cortos pero imprecisos Equipo menos costoso	Alta sensibilidad Análisis secuencial	Sensibilidad Reactivos más baratos Análisis secuencial Sin interferencias Digestión rápida (20 minutos)
Desventajas	Equipo costoso Inyección de muestra directamente al tubo de grafito Personal altamente capacitado	Lectura inestable, con interferencia e imprecisión Manejo de solvente Cantidad de muestra grande Necesita muestra en solución Utiliza lámpara Personal altamente capacitado	Cantidad de muestra grande Reactivos costosos y explosivos Tiempo de digestión de 2-3 horas Necesita muestra en solución Personal altamente capacitado	Necesita muestra en solución Equipo costoso Personal altamente capacitado

## DISCUSIÓN

Durante la búsqueda de información relacionada a las industrias dedicadas a la elaboración de productos de la arcilla, no fue posible hasta el momento, localizar investigaciones relacionadas a este tipo de poblaciones y parámetros biológicos determinados, por lo no se realizan las comparaciones respecto a la misma. En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua hay dos tesis dedicadas a poblaciones que habitan en zonas aledañas a ladrilleras, pero no ha sido posible su localización.

Nivel socioeconómico. Como se puede observar, aún cuando las poblaciones estudiadas provenían de familias con estrato socioeconómico similar bajo, las condiciones de vivienda en las que habitaban, eran diferentes en cuanto a los servicios públicos de energía eléctrica, agua potable, drenaje y materiales de construcción. Estas condiciones de vivienda y nivel socioeconómico hacían más vulnerables a la población de niños que habitaban en la Zona Ladrillera Sur.

Además, la seguridad e higiene del ambiente en el que se desenvolvían eran apreciablemente diferentes. Los niños de la Casa-Hogar no se dedicaban a realizar actividades de riesgo para la salud como para su integridad física; en cambio, los niños de la Zona Ladrillera Sur en sus tiempos libres, participaban en la labor de amasado y moldeado de la arcilla en condiciones inseguras e insalubres, lo que los situaba en riesgo de exposición y a sufrir intoxicaciones por los contaminantes emitidos por la actividad propia del lugar y exposición continua, además infecciones gastrointestinales por la ingesta de agua no entubada y por las condiciones de insalubridad observadas en el lugar.

Los resultados del estudio, a pesar de que la diferencia no fue estadísticamente significativa, los valores más significativos se obtuvieron en los niños de la Zona Ladrillera Sur, en el 10% de ellos (3 de 30 niños) que

tuvieron niveles superiores a lo considerado por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), Organización Mundial de la Salud (OMS) y NOM-199-SSA1-2000 como nivel de seguridad o de intervención, que representó a su vez, el 5,2% de la población total analizada.

Comparando estos hallazgos con los obtenidos por Bernard y col. (2003), que realizaron un estudio en niños de Estados Unidos, reportó que el 25% de la población estudiada tuvo valores mayor a 5 y menores a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ , sugiriendo que estos niveles de concentración pueden deberse a que hay múltiples fuentes de exposición al plomo y que puede ser utilizada para cambiar el criterio de intervención para valores elevados de plomo. Ahora bien, suponiendo que el valor de intervención fuera modificado, indicaría que el 89,7% de los niños de este estudio serían intervenidos para disminuir los niveles de plomo en sangre.

En México se han realizado varias determinaciones de plomo en sangre en niños tanto de comunidades rurales como urbanas y semiurbanas, en población ocupacionalmente expuesta y en población en general, en edades de 0 a 16 años, reportando concentraciones de 9,7 $\mu\text{g}/\text{dL}$  hasta 81,9 $\mu\text{g}/\text{dL}$  esto desde 1990 hasta el 2005.

Los valores más altos correspondieron a comunidad rural de Tonalá, Jalisco en niños de 0 a 9 años en 1990, y las más bajas en niños de 5 a 13 años con una concentración promedio de 9,7 $\mu\text{g}/\text{dL}$  en comunidad semiurbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, determinada por Díaz-Barriga en 1997.

Determinaciones realizadas en San Luis Potosí, zona minera con problemas de contaminación ambiental de plomo y donde han intervenido a la comunidad infantil, se determinó a una muestra de niños de 3 a 6 años de población general una concentración de 14,8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ , lo que es superior a la media encontrada en este estudio (SSA, 2005; Carrizales, 2003).

A nivel estatal, en una muestra de 165 niños de Ciudad Obregón y Navojoa, Sonora, realizada por Valenzuela y col., en el 2008, donde se determinó plomo en sangre en niños de 6 a 12 años con un tiempo de residencia mínima de 5 años en el lugar, informaron una concentración promedio de 3,4 µg/dL con un rango de 0,98 a 9 µg/dL por lo que en ningún caso se superó el nivel de acción de 10 µg/dL. Comparando este estudio con el realizado en la Zona Ladrillera Sur el nivel de plomo en sangre es inferior.

Un estudio análogo, realizado a nivel regional, Ibarra realizó determinación de plomo en sangre a 25 niños de preescolar en guardería de tipo social, informando una concentración promedio de 3,66 µg/dL (con un rango de 2,2 a 5,3 y desviación estándar de 1,5), también se determinó la concentración de hemoglobina y hematocrito, no obteniéndose cifras indicativas de anemia. En cuanto a coproparasitoscópico se reportó que el 4% de los niños estaba infectado con *Giardia lamblia*, el 16% con *Endolimax nana* y el 8% con *Endamoeba histolytica/dispar*. No se indica la asociación encontrada del nivel de plomo y los parámetros determinados. Además, se cuestionó sobre los hábitos de llevarse los objetos a la boca como juguetes, crayolas y de fumar en casa, tampoco se reportó la asociación encontrada (Ibarra, 2010).

En contraste a lo determinado por Ibarra (2010) en niños de preescolar, en nuestro estudio se determinó una concentración promedio de plomo de 7,9µg/dL para niños menores de 6 años de ambas poblaciones estudiadas, encontrando los niveles más altos en este intervalo de edad (5,2 a 21,2µg/dL) en los niños de la Zona Ladrillera Sur y de 6,7µg/dL (4,5 a 9,1µg/dL como rango para niños de CAIM-Unacari). En la población de Zona Ladrillera Sur se observó la mayor prevalencia de anemia dada la concentración de hemoglobina inferior al límite normal para la edad. También se observó una mayor infección por parásitos que en la población de la guardería.

De acuerdo a lo determinado por Rothenberg (1999) de que la dieta tiene un papel importante en la regulación de los niveles de plomo en la infancia temprana, y que la leche fresca y la materna están asociadas con los niveles más bajos, pero un amamantamiento prolongado se relaciona con niveles elevados del metal, en nuestro estudio, los niños de la Zona Ladrillera Sur en la etapa de lactancia, tuvieron niveles más elevados de plomo, que fue de 9,8 y 21,1 µg/dL, nivel muy cercano y superior al de intervención, respectivamente; en cambio los niños de la población de Unacari, en las mismas circunstancias, excepto la etapa de lactancia, se observó una concentración menor a la de los niños de la Zona Ladrillera Sur, para menores de 2 años fue de 5,2 µg/dL.

Por lo que una alimentación prolongada de leche materna puede incluir la movilización del plomo almacenado en los huesos, especialmente en mujeres nutridas de manera marginal y puede transferirse al lactante a través de la leche materna, sugiriendo que hay un equilibrio entre el valor nutricional de la leche materna y los efectos dañinos del plomo, y que éstos necesitan ser mejor cuantificados en caso de lactancias que duren más de un año.

Una dieta inadecuada puede ser explicada, en primera instancia, por los bajos ingresos de la familia, y bajo nivel educativo de la madre. También se observa que frutas y verduras presentaron el menor consumo, afectando los requerimientos de vitaminas y minerales. Adicionalmente, la disposición excesiva de productos industrializados en el lugar favorece el mantenimiento de la problemática al tener un precio más accesible y mayor contenido calórico comparado con el de las frutas y verduras.

En el caso de las variables de mayor impacto para predecir las concentraciones de plomo, determinadas por Azcona y col. (2000), fueron el uso de grasa animal para cocinar los alimentos del niño y la utilización de remedios caseros, en este orden de importancia, en nuestro estudio no se

registró el uso y consumo de grasa animal ni el uso de remedios caseros que pudieran contener plomo.

De acuerdo a los niveles recomendados para la edad, las proteínas y el calcio mostraron una baja ingesta, en cambio los carbohidratos tuvieron una ingesta del 5% superior a lo recomendado. En la población de CAIM-Unacari, el aporte de grasa total se registró 2% superior a lo recomendado y los demás nutrimentos estuvieron dentro de lo recomendado.

La evidencia de que la deficiencia de hierro incrementa la concentración de plomo en niños expuestos, está basado en estudios con animales y limitado en humanos. En un estudio desarrollado por Bradman y col. (2001), se muestra la relación entre la deficiencia de hierro y la exposición a medios contaminados con plomo. Se analizó sangre en niños de 1 a 5 años de edad, encontrando que el 14%, de 319 niños muestreados, excedieron los 10µg/dL y el 24% mostró deficiencia de hierro, medido a través de la ferritina, indicando que la deficiencia de hierro si está directamente relacionada a los niveles incrementados de plomo no encontrando esta relación en el presente estudio.

Los niños de la Zona Ladrillera Sur tenían en una dieta definida, no balanceada como es el caso de los niños de la Casa-Hogar CAIM-Unacari, lo que los podría posicionar en un riesgo de que la cantidad de hierro y calcio estuvieran no disponibles en las cantidades adecuadas para mantener un nivel adecuado y evitar la absorción de plomo del medio ambiente.

Ahora bien, lo que debe de preocupar en el presente estudio es el consumo excesivo de bebidas gaseosas y con alto contenido de fosfatos que está reemplazando el consumo de leche, y que pudiera ocasionar una carencia de calcio en la dieta. Además, el alto consumo de fosfatos puede incrementar la demanda de vitamina D, por lo que no estaría disponible para la absorción de calcio y las dietas ricas en grasas y azúcares provocan la eliminación de calcio

que se encuentra en la sangre lo que pudiera incrementar la absorción de plomo.

Los niveles de protoporfirina zinc (PPZ) determinados en este estudio estuvieron dentro de los niveles normales, lo que concuerda con otras referencias donde la concentración de PPZ se incrementa con los niveles de plomo, en este caso el nivel más alto de plomo fue de 21,2µg/dL, valor que se encuentra por debajo del nivel al cual la PPZ inicia su ascenso, que es de 25µg/dL, además no refleja la exposición reciente o aguda. La Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional por sus significado y siglas en inglés (OSHA) recomienda su determinación en personas adultas con exposición crónica al plomo y en niños para el diagnóstico precoz de deficiencia de hierro, para el caso de trabajadores expuestos se recomienda tanto la determinación de plomo, hemoglobina, hematocrito y observaciones de frotis sanguíneo, como lo realizado en el presente estudio (OSHA, 1990).

En cuanto a muestras ambientales de suelo superficial en un estudio análogo de zona ladrillera en Peshawan, Pakistán, Ishaq y col. determinaron en el 2009 la concentración de metales pesados, en nuestro caso el interés fue centrado en plomo total, reportando una concentración de plomo de 31-79 mg/kg de suelo, siendo este nivel superior a lo observado en nuestro estudio (9,26-24,17 mg/kg).

Si bien Hermosillo, como casi todas las regiones de la costa de Sonora, se encuentran en una zona agrícola, en la práctica, la Zona Ladrillera Sur se encuentra tan cerca de campos de cultivo como lo podrían estar las de Ciudad Obregón y Navojoa, que son ciudades que prácticamente están rodeadas de campos de cultivos, se comparó con los niveles de plomo con un estudio realizado por Valenzuela y col. en estas ciudades del sur de Sonora, donde se analizó muestras de suelo residencial y agrícola encontrando valores de 9-185mgPb/kg y de 9-38 mgPb/kg respectivamente, observando un rango mayor

a los encontrados en nuestro estudio, comparado con el suelo residencial y similar al del suelo agrícola. En ambos estudios no se superó la concentración máxima indicada por la OMS para suelo de recreación infantil; pero en el caso de suelo residencial del estudio de Valenzuela y col., el rango informado si superó la concentración con respecto a lo establecido en el estudio de Breckenridge y Crockett (1995) de 150 mg/kg de suelo para recreación infantil, no así en el presente estudio. En ambos estudios no se superó la concentración para considerarse suelo para ser remediado de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que establece una concentración de 400 mgPb/kg.

El rango de concentración de plomo en el ladrillo es menor por el hecho de que la arcilla para el ladrillo se extrae a partir de un corte vertical del perfil del suelo, de aproximadamente un metro de profundidad, lo que permite que la cantidad de plomo del suelo superficial se distribuya con la del subsuelo, disminuyendo de esta forma la concentración absoluta del mismo en el ladrillo.

Respecto a la concentración de plomo en aceite usado, si se compara con lo publicado por Colombia en el 2001, Uruguay en el 2005, Bolivia y Argentina, la concentración de plomo obtenido en la presente investigación fue menor a la de los mencionados, aún cuando sea considerada como un residuo peligroso por su concentración de plomo.

Respecto a la combustión de llantas de desecho para el mantener encendido el horno de cocción de los productos de la arcilla y su relación con la presencia mayor a los límites máximos permisibles en el aire ambiente, en el presente estudio no se registró el uso de este material, como lo expuesto por los diarios de circulación en el país.

## CONCLUSIONES

- Al igual que en otras poblaciones, las consideraciones de la FAO, AHURI y a las encuestas realizadas en la población de la Zona Ladrillera Sur, las condiciones de vivienda, una dieta baja en calcio y casi nulo consumo de hierro hémico, la exposición continua a los contaminantes, sumado a los bajos ingresos económicos, escasa educación de los padres y un medio ambiente deplorable contribuyen a que la población infantil sea más vulnerable a cualquier contaminante, perjudicando su calidad de vida, salud y el logro de mayores oportunidades de desarrollo y cambios en sus procesos obsoletos, originando la permanencia de un círculo de pobreza entre la población.

- Las concentraciones de plomo en las muestras ambientales de suelo, ladrillo y agua no resultaron ser críticas, por lo que se concluye que éstas no son rutas de intoxicación que pudieran relacionarse con las concentraciones de plomo en sangre de los niños expuestos en la Zona Ladrillera Sur.

- Con base en las concentraciones de plomo determinadas en el aceite usado y en las especificaciones de la norma de residuos peligrosos, NOM-052-SEMARNAT-2005, se concluye que el 50% del combustible analizado puede ser caracterizado como un residuo peligroso, y que por esta caracterización y uso continuo como combustible, se podría considerar como una de las principales fuentes de exposición de la población en general en la Zona Ladrillera Sur.

- Dado que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de niños estudiados, se concluye que la contaminación emitida por los hornos ladrilleros no es significativa, en lo que respecta a plomo,

y que pueden existir rutas adicionales que tendrán que estudiarse para emitir un mejor juicio sobre el impacto de operación de las ladrilleras y sus procesos.

- Una de las limitaciones más importantes de este estudio es el no poder establecer una asociación causal entre la exposición ambiental en la Zona Ladrillera Sur y los casos de niños con concentraciones de plomo superiores al límite de acción.

- Por lo anterior, se concluye que los resultados a partir del presente estudio sugieren que la población de la Zona Ladrillera Sur, en general, no se encuentra en un riesgo de salud pública por exposición a plomo; sin embargo, se requiere de mayor investigación de tipo ambiental y epidemiológico para obtener una evaluación de riesgo completa.

### **Logro Científico**

Se logró establecer un procedimiento de determinación de plomo en sangre comparable a la técnica de referencia utilizando reactivos analíticos más económicos, instrumentos menos costosos, optimizando los recursos del laboratorio por la digestión rápida, total y segura de la muestra, obteniendo una matriz adecuada a los instrumentos de medición, asegurando la calidad de los resultados obtenidos por el uso de material de referencia certificado, participación en ensayo interlaboratorio a nivel internacional y por los criterios de control de calidad establecidos para este tipo de determinaciones en matriz orgánica, específicamente en sangre total.

## Recomendaciones

- Implementar otras investigaciones relacionadas a contaminantes emitidos en el proceso de cocción del ladrillo como dioxinas, compuestos organoclorados y organofosforados, y metales pesados relacionados a daño genotóxico derivados de la quema de diferentes combustibles y por la cercanía de una población dedicada a la producción de carbón de leña, relleno sanitario y tierras de cultivo que constantemente son manejadas con productos químicos, éstos tanto en la población como en el aire, agua y suelo. Además, de estudios psicológicos dada la gran deserción escolar que existe en el lugar.
- Mantener un programa de alimentación continua de la población de la zona ladrillera, implementando una dieta con base a alimentos ricos en contenido de calcio, hierro y zinc en la población vulnerable y sobre todo en el binomio niño-madre.
- Estimar riesgo ambiental ocasionado por la industria ladrillera y proponer alternativas de solución y reducir los daños ocasionados al ambiente y por ende a su población, flora y fauna que habitan en el lugar.
- Implementación de industria limpia que permita elevar la calidad de vida de la población, promoviendo el intercambio de ideas en la implementación de tecnología en la producción de ladrillo nivel nacional e internacional; a nivel nacional, por ejemplo Guanajuato tiene implementada la Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98 para la ubicación de sitios y materiales utilizados para el cocimiento de productos de la arcilla, Puebla (San Pedro Cholula) donde el secado, cocimiento y enfriamiento del ladrillo se hace por medio de luz infrarroja, y en Chihuahua (Cd. Juárez) con la instalación de hornos ecológicos

con uso de gas natural, donde la reducción de los contaminantes es de 7 al 95%.

- Mejorar la calidad de aire de la Zona Ladrillera Sur, mediante la implementación de educación ambiental en los productores, lo cual ayudaría a concientizar a la población de los efectos de los contaminantes emitidos por la industria sobre el medio ambiente y la calidad de su salud.

- Tomar acciones de vigilancia e información epidemiológica mediante el establecimiento de mecanismos de evaluación con la participación de universidades, organizaciones sociales, sector privado, Secretaria de Salud y SEMARNAT soportando el esfuerzo de educación ambiental.

- Implementar reglamentos y soluciones para la explotación de la arcilla, reubicación de los lugares de producción e implementación de tipos de materiales que puedan cubrir los requerimientos de energía necesaria para la cocción de los productos y sustituyan a los que ahora se emplean.

- Mejorar la calidad de vida, buscando un esquema de negocios que mejore las condiciones de educación y de salud, por medio de asociaciones con la idea de industrializar el proceso de producción.

- Continuar con el programa de disminución del plomo en las gasolinas para que a corto plazo eliminar su uso en los combustibles, así como el empleo de nuevos antidetonantes menos tóxicos.

- Caracterizar e identificar las pequeñas industrias, sobre todo el comercio informal, que se dedica a las actividades relacionadas con el recicle de plomo y realizar las actividades de control necesarias.

- Apoyar y fomentar la creación de un laboratorio central para procesamiento de diferentes muestras biológicas y ambientales para el monitoreo rutinario de metales pesados en las poblaciones humanas, principalmente para aquellas más expuestas.

- Impulsar un sistema de vigilancia epidemiológica sobre plomo en población infantil menor de doce años.

- Identificar alternativas de política social que permitan romper el círculo vicioso de pobreza-desnutrición crónica. Las evidencias empíricas indican que las familias más pobres tienen a su vez los peores indicadores de salud y nutrición, pero también los peores niveles de salud y nutrición, perpetuando generacionalmente la pobreza.

## BIBLIOGRAFÍA

- AHURI, Australian Housing and Urban Research Institute. 2001. Do housing conditions impact on health inequalities between Australian's rich and poor?  
[http://www.housing.infoxchange.net.au/library/vic/community\\_housing/items/00062-upload-00001.pdf](http://www.housing.infoxchange.net.au/library/vic/community_housing/items/00062-upload-00001.pdf)
- Anderson, J. 2008. Targeted monitoring, outreach and education to reduce exposure to brick kilns emissions and assess impact on childhood asthma in San Luis Rio Colorado, Sonora. Reporte final, Universidad del Estado de Arizona.
- Arnaud M., López M., Mataix J. 2005. Entorno social y desnutrición en niños de 1 a 4 años de comunidades indígenas de México. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 11(3):128-134.
- ASTM-C62-10 Standard specification for building brick (solid masonry units made from clay or shale).
- ATSDR. 1990. Case studies in environmental medicine No. 1
- ATSDR. 1997. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resumen de Salud Publica aceite usado de cárter.
- ATSDR. 2007. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña toxicológica del plomo.
- Azcona-Cruz, M., Rothenberg, S., Schnaas-Arrieta, L., Romero-Placeres, M., Perroni-Hernández, E. 2000. Niveles de plomo en sangre en niños de 8 a 10 años y su relación con la alteración en el sistema visomotor y del equilibrio. *Salud Pública de México*. 42(4):279-287.

- Benson, B., Benson, P. 1993. Emission survey conducted at five brick kilns located in Juárez, Chihuahua, México. American Environmental Testing, Inc.
- Bernard, S., McGeehin, M. 2003. Prevalence of blood lead levels  $\geq 5\mu\text{g/dL}$  among US children 1 to 5 years of age and socioeconomic and demographic factors associated with blood of lead levels 5 to  $10\mu\text{g/dL}$ , third national health and nutrition examination survey, 1988-1994. *J Pediatrics*. 112(6):1308-1313.
- Bhanarkar A. y col. 2002. Assessment of air pollution from small scale Industry. *Environmental Monitoring and Assessment* 80: 125-133.
- Blackman, A., Newbold S., Shih, J., Cook J. 2000. The benefits and costs of informal sector pollution control: Mexican brick kilns. *Resources for the future*. pág. 1-30.
- Bradman, A., Eskenasi, A., Sutton, B., Athanasoulis, P., Goldman, M. 2001. Iron deficiency associated with higher blood lead in children living in contaminated environments. *Environmental Health Perspectives*. 109(10):1079-1084.
- Cárdenas-Bustamante, O., Varona-Uribe, M., Nuñez-Trujillo, S., Ortiz-Varón, J., Peña-Parra, G., 2001. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías de Bogotá, Colombia. *Salud Pública de México*. 43(3):203-210.
- Carrizales, L., Batres, L, Ortiz, M., Mejía J., Yañez, García, E., Reyes, H., Díaz-Barriga, F. 1999. Efectos en salud asociados con la exposición a residuos peligrosos. *Scientiae Naturae*. 2:5-28.
- Carrizales, L.2003. Exposición a plomo y arsénico y su relación con los niveles de porcentaje de saturación de transferrina en niños de la colonia morales

en San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura Químico Farmacobiólogo  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

CENAPRED. 1994. Manejo de los aceites usados en México.

<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc10509/doc10509-5.pdf>

CDC, Centers for Disease Control. 1993.

Cetto, N. 2003. Environmental intervention in sites contaminated by lead: The United States of American experience. *Salud Pública de México*. 45(2):232-236.

Committee on Environmental Health. 2005. Lead exposure in children: prevention, detection and managment. *J Pediatrics*. 116(4):1036-1046.

CEPIS/OPS, 1999. Evaluación de riesgo por la exposición a plomo. <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/e/fulltext/etext09/etext09.htm>

Cortez-Lugo, M., Téllez-Rojo, M., Gómez-Dantés, H., Hernández-Ávila, M. 2003. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México, 1988-1998. *Salud Pública de México*. 45(2): 196-202.

Davis, J., D Grant, L. 2003. Experiencias de la instauración de normas relativas al contenido de plomo en aire y agua en los Estados Unidos de América. *Salud Pública de México*. 45(2):237-243.

Depuroil, 1999. Riesgos medio ambientales de los aceites industriales. <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

Díaz-Barriga, F. 1999. Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS)/99.34.

Díaz- Barriga, F., Corey, O. 1999. Evaluación de riesgo por la exposición a plomo. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del

Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) y Programa Internacional de Seguridad de Sustancias Químicas (IPCS).

Díaz, C. 2009. Contaminación por la actividad antropogénica en la población de la zona urbano marginal San Juan Bosco, Ciudadela Chalaca y Puerto Nuevo del Callao. <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/plomo-como-contaminante-ambiental.htm>

DIF, Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia. 2004. Estudio de niñas, niños y adolescentes trabajadores en 100 ciudades. Primer foro nacional "situación actual y perspectivas de los derechos de la infancia y la adolescencia en México. Pág. 11. [http://www.unicef.org/mexico/spanish/UNICEF\\_SITAN\\_final\\_baja.pdf](http://www.unicef.org/mexico/spanish/UNICEF_SITAN_final_baja.pdf)

Disalvo, L., Varea, A., Aab, C., Pereyras, S., Pattín, S., Apesteguía, M., Lanicelli, J., Giraldeili, A. 2007. Niveles de plomo en sangre y su relación con la deficiencia de hierro. Premio Fundación Pedro Luis Rivero. La Plata 31 Mayo 2007.

EPA, Environmental Protection Agency. 1996. Managing used oil advice for small businesses (Manejando aceite usado, consejos para empresas pequeñas).

EPA, Environmental Protection Agency. 1996. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Método 3052, revisión 0.

EPA, Environmental Protection Agency. 1996. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Método 6010B revisión 2.

EPA, Environmental Protection Agency. 2006. Lead in drinking water.

EPA, Environmental Protection Agency. 2007 Plomo, resumen de salud pública.

- EPA, Environmental Protection Agency. 2007. Microwave assisted acid digestion of aqueous assisted samples and extracts. Método 3015-A, revisión 1.
- EPA, Environmental Protection Agency. 2010. Plomo en el agua potable. El plomo en el agua potable es la amenaza número 1 de salud ambiental a los niños-EPA.
- Environment Systems Branch. Environmental and social report for Vertical Shaft Brick Kiln (VSBK), a guidance document for entrepreneurs and project auditors, 2005. Environmental Systems Branch, New Delhi, India.  
[http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/04/27/000090341\\_20060427090716/Original/E1394040VSBK0ESR1Jan020.doc](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/04/27/000090341_20060427090716/Original/E1394040VSBK0ESR1Jan020.doc)
- Espinal, G., Espinal, E. 2007. Condiciones ambientales y de vivienda en niños con niveles de plomo en sangre elevados en el barrio de Villa Francisca de la ciudad de Santo Domingo. *Ciencia y Sociedad*. 32(1):136-146.
- Espinosa, C., Rojas M., Seijas D. 2006. El sistema geográfico de información y las concentraciones de plomo en sangre en una población infantil venezolana. *Salud Pública de México*. 48(2):84-93.
- Ettinger, A., Hu, H., Hernández-Ávila, H. 2007. Dietary calcium supplementation to lower blood lead levels in pregnancy and lactation. *J Nutr Biochem*. 18(3):172-178.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1998. Directrices relativas a los sistemas nacionales de información y cartografía sobre la inseguridad alimentaria y la vulnerabilidad (SICIAV): Antecedentes y principios. Producido por el Departamento de servicios internos, recursos humanos y finanzas, Comité de Seguridad Alimentaria Mundial.

- Faust, E.C., Russell, P.R., Jug, R.C. 1970. *Clinical Parasitology*. Lea and Febiger (Ed), p. 783. Philadelphia, USA.
- Gómez, A., Arzola, G., Rosales, M., Ramírez, Ch. 2007. Los ladrillos cocidos y el aceite quemado. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. 20(1).
- González, G. 2010. La introducción de hornos ecológicos en una comunidad ladrillera: factores de adopción y resistencia al cambio tecnológico. Tesis de Maestro en Desarrollo Regional. El Colegio de la Frontera Norte A.C., Tijuana Baja California, México. Pág. 100.
- Google Earth, 2011. US Dept of State Geographer. <http://www.google.com/intl/es/earth/index.html>
- Grosse, S., Matte, T., Schwartz, J., Jackson, R. 2002. Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives*. 110(6):563-569.
- Gulson, B., Jameson, C., Mahaffey, K., Mizon, K., Patison, N., Low, A., Korsch, M., Salter, M. 1998. Relationship of lead in breast milk to lead in blood, urine and diet of the infant and mother. *Environ Health Perspect*. 106(10):667-674.
- Hernberg, S. 1988. Lead. *Occupational Medicine*. C. Zenz, ed. Chicago, Ill: Mosby.
- Hernández-Ávila, M., González-Cossio T., Hernández-Ávila, J., Romieu, I., Peterson, K., Aro, A., Palazuelos, E., Hu, H. 2003. Dietary calcium supplements to lower blood lead levels in lactating women: a randomized placebo-controlled trial. *Epidemiology*. 14(2):206-212.
- Hernández-Ávila, M., Palazuelos-Rendón, E. 1995. Intoxicación por plomo en México: prevención y control. *Perspectivas en salud pública*. Eitorial

- Amanuense. Instituto de Salud Pública-Departamento del Distrito Federal. Cuernavaca, Morelos, México.
- Huston, R., Marquez, R., White, K. 2002. A study of brick-making processes along the Texas portion of the U.S.-Mexico border: Senate Bill 749. Publicado y distribuido por Texas Commission on Environmental Quality.
- Ibarra, GB. 2010. Determinación de plomo en sangre y análisis clínicos en niños de 3 a 6 años y su relación con posibles fuentes de exposición. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de Sonora.
- INE. 2007. Instituto Nacional de Ecología, Manual de buenas prácticas de manejo para los aceites usados automotrices.  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/folletos/324/324.html>
- INEGI. El trabajo infantil en México 1995-2002. Pág. 5.
- Ishaq, M., Kham, M., Jan, F., Ahmad, I. 2009. Heavy metal in brick kiln located area using atomic absorption spectrophotometer: a case study from the city of Peshawar, Pakistan. *Environ Monit Assess*. Published online 10 July 2009.
- Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 2003(68):167-182.
- Jiménez, C., Romieu, I., Palazuelos, E., Muñoz, I., Cortés, M., Rivero, A., Catalán, J. 1993. Factores de exposición ambiental y concentraciones de plomo en sangre en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública de México*. 35(6):599-606.
- Jiménez-Gutiérrez, C., Romieu, I., Ramírez-Sánchez, A., Palazuelos, E., Muñoz-Quiles, I. 1997. Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Pública de México*. 41(2):72-81.
- Joshi, SK, Dudani, I. 2008. Environmental Health effects of brick kilns in Kathmandu Valley. *Kathmandu University Medical Journal*. 6(1):3-11.

- Kalkwarf, H., Specker, B., Bianchi, D., Ranz, J., Ho, M. 1997. The effect of calcium supplementation on bone density during lactation and after weaning. *N Engl J Med.* 337(8):523-528.
- Kordas, K. 2010. Iron, lead and children's behavior and cognition. *The Annual Review of Nutrition.* 30:19.1-19.26.
- Leal-Escalante, C., Baltasar-Reyes, M., Lino-González, M., Palazuelos-Rendón, E., Meneses-González, F. 2007. Concentraciones de plomo en sangre y reprobación de escolares en la Ciudad de México. *Gac Méd Méx* 143(5):377-381.
- Liang, F., Zhang, G., Tan, M., Yan, Ch., Li, X., Li, Y., Li, Y., Li, Y., Zhang, Y., Shan, Z. 2010. Lead in children's blood is mainly caused by coal-fired ash after phasing out of leaded gasoline in Shanghai. *Environmental Science and Technology.* 44(12):4760-4765.
- Lidsky, T., Schneider, J. 2003. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain.* 2003(126):5-19
- López, G., Alarcón, M., Gómez, P. 2003. Evaluación del estado de nutrición en una muestra de escolares mexicanos. Evaluation of nutritional condition in a sample of mexican scholars. *Psicología y Ciencia Social.* 5(1): 34-38 Universidad Autónoma de México.
- Loza, C. 2000. Intoxicación por plomo en el occidente asturiano (I): evolución y seguimiento de los casos controlados en el hospital de referencia. *Bol. Pediatr.* 2000(40):27-32.
- Maithel, S., Uma, R., Kumar, A., Vasudevan, N. 1999. Energy conservation and pollution control in brick kilns. Tata Energy Research Institute New Delhi.
- Manzanares-Acuña, E., Vega-Carrillo, R., Salas-Luévano M., Hernández-Ávila V., Letechipía-De León, C., Bañuelos-Valenzuela, R. 2006. Niveles de

- plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas, México. *Salud Pública de México*. 48(3):212-219.
- Markowitz, M. 2003. Manejo de la intoxicación por plomo en la niñez. *Salud Pública México*. 45(2):225-231.
- Matte, TD. 2003. Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Pública de México*. 45(2):220-224.
- Mcbride, D. 2008. Environmental lead, soil contamination, and child health effects in less-developed nations: comparative international research, 1980-2006. *Soil and Sediment Contamination*. 17:346-362.
- Mc Geehin, M. 2003. El envenenamiento infantil por plomo: un problema de años que demanda soluciones nuevas. *Salud Pública de México*. 45(2):179-180.
- Meneses-González, F., Richardson, V., Lino-González, M. Vidal, M. 2003. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos, México. *Salud Pública de México*. 45(2):203-208.
- Mielke, H., Reagan, P. 1998. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environmental Health Perspectives*. 106(1): 217-229.
- Morales, L.S., Gutiérrez, P., Escarce, J.J. 2005. Demographic and socioeconomic factors associated with blood lead levels among mexican-american children and adolescents in the United States. *Public Health Reports*. 120(Julio-Agosto):448-454
- Moreno, M. P. 2003. Estimación de riesgos ambientales causados por la industria ladrillera. División de estudios de postgrado UNAM.
- Mudipalli, A. 2007. Lead hepatotoxicity and potential health effects. *Indian J Med Res*. 126(2007):518-527.

- NTP, National Toxicology Program. 2011. U.S Department of Health and Human Services. Draft NTP Monograph on health effects of low-level lead.
- Niisoe, T., Harada, K., Hitomi, T., Watanabe, T., Ngoc Hung, N., Ishikawa, H., Wang, Z., Koizumi, A. 2011. Environmental ecological modeling of human blood lead levels in east asia. *Environmental Science and Technology*. 45:2856-2862.
- NMX-C-006-1976. Ladrillos bloques cerámicos de barro, arcilla y/o similares. Masonry units made from clay or shale.
- NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Norma Oficial Mexicana, especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-información comercial y sanitaria.
- NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-127-SSA1-1994. Modificación 2000. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
- NOM-167-SSA1-1997. Norma Oficial Mexicana, para la prestación de servicios de asistencia social para menores y adultos mayores.

- NOM-199-SSA1-2000. Norma Oficial Mexicana, salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.
- NTE-IEG-001/98. Norma Técnica Ecológica. Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para la operación de los hornos en la elaboración y cocido de piezas elaboradas con arcillas para la construcción.
- OIT, Organización Internacional del Trabajo. 1996-2011. ¿Qué se entiende por trabajo infantil? <http://www.ilo.org/ipec/facts/lang--es/index.htm>
- Organización Mundial de la Salud. Air pollution. 2008. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>
- OSHA, US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Lead Standard, 20 CFR 1910.1025. Washington, DC: US Government Printing Office; 1990. <http://www.oshainfo.gatech.edu/lead/lead-overview.htm>
- PROFEPA. 1994. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Aplicación de los aceites usados en México. <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc10509/doc10509-5.pdf>
- Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico. Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAT, 2008. [http://sinaica.ine.gob.mx/ante\\_sinaica.html](http://sinaica.ine.gob.mx/ante_sinaica.html)
- Ramírez, A. 2008. Worker's lead exposure in informal batteries factories. *An Fac Med.* 69(2):104-107.
- Reboso J., Monterrey, P., Macías, C., Pita, G., Selva, L., González, O'Farril R., O'Farril R., Pauli, K. 2005. Diagnóstico de la anemia por deficiencia de

- hierro en niños de 6 a 24 meses y de 6 a 12 años de edad de las provincias orientales de Cuba. *Rev Esp Nitr comunitaria*. 11(2): 60-68.
- Rischitelli, G., Nygren, P., Bougatsos, Ma.C., Freeman, M., Helfand, M. 2006. Screening for elevated lead levels in childhood and pregnancy: an updated summary of evidence for the US preventive services task force. *J Pediatr*. 118(6):1867-1895.
- Rodríguez, A., Espinal, G. 2008. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el Barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. *Ciencia y Sociedad*. 33(4):595-609.
- Romo, A., Córdova B., Cervera, G. 2004. Estudio urbano-ambiental de las ladrilleras en el municipio de Juárez. *Estudios Fronterizos Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. 5(9):9-34.
- Romieu, I. 2003. Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en Latinoamérica. *Salud Pública de México*. 45(2):244-251.
- Rondo, P., Carvalho MF., Souza M., Morales, F. 2006. Lead, hemoglobin, zinc protoporphyrin and ferritin concentrations in children. *Rev Saude Pública*. 40(1):71-76.
- Rothenberg S., Manalo M., Jiang J., Khan F., Cuellar R., Reyes S., Sánchez. 1999. Maternal blood lead level during pregnancy in South Central Los Angeles. *Archives of Environmental Health*.
- Ruiz-Argüelles, G.J. 2003. Anemia por deficiencia de hierro. Cap. 2-3. Editorial Médica Panamericana (Ed), p. 45-79. México, D.F.
- Samaniego, E., Benitez-Leite, S. 2002. Niveles de plomo en sangre en niños de áreas urbana y sub-urbana. *Pediatría, Órgano Oficial de la Sociedad Paraguaya de Pediatría*. 29(2):1-6

- Sánchez, M., Sanz, B., Apellaniz, G., Pascual, I. 2000. The lead like labor pollutant. Valuation of plumbies test in a bus of marksmen of elite (CNP). S.E.S.L.A.P. 2000(1):5-8.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. 2005.
- SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007.
- Siñani, S., Mancilla, B. 2004. Problemática ambiental producida por las ladrilleras. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Somerhalder, J., Benson, B. 1993. Emissions survey conducted at five bricks kilns located in Juárez, Chihuahua, México.
- Staudinger K., Roth V. 1998. Occupational Lead Poisoning. *American Family Physician*. 57(4):719-730.
- UNICEF (United Nations Children's Fund). 1997. <http://www.unicef.org/>
- UNICEF-DIF. 2002. Hacia una política de erradicación del trabajo infantil en México. Pág. 31.  
<http://www.diputados.gob.mx/cesop/doctos/Trabajo%20infantil%20en%20Mexico.pdf>
- USEPA, United State Environmental Protection Agency, 2008. Lead in paint, dust and soil.
- Valdivia I. M. 2005. Intoxicación por plomo. *Rev. Soc. Per. Med. Int.* 18(1):22-27.
- Valenzuela, R., Cantú-Soto, E., Balderas, C., Félix, F., Castro, E., Meza-Montenegro, M., Gandolfi, A. 2008. Niveles de plomo en sangre de niños residentes del Yaqui y Mayo, Sonora. VII encuentro participación de la Mujer en la Ciencia.

- Vázquez-Ballesteros, E., Maldonado-Miranda P., Videraray-Ortega F., Moreno-Sánchez, F. 2002. Intoxicación por plomo. Reporte de un caso y revisión de la literatura. *An Med Asoc Med Hosp ABC*. 47(1):33-37.
- Vázquez-Garibay E., Romero-Velarde E., Napolés-Rodríguez F. 2002. Prevalencia de deficiencia de hierro y yodo, y parasitosis en Arandas, Jalisco, México. *Salud Pública de México*. 44(3):195-200.
- Vega J., De Coli J., Katekaru D., Lermo J., Escobar J., Díaz M., Berrocal V., Gómez J., Díaz G., Arroyo A., Castro J. 2003. Intoxicación plúmbica crónica y alteraciones del crecimiento y desarrollo cognitivo-emocional en niños. *An. Fac. Med.* 64(2):94-100.
- Vives, H., Petelín, K., Vives, A., Zulaica, L. 2010. Caracterización de metales pesados en sitio de juego infantil. *An. Quím.* 106(1): 43-49.
- Zayas M., Cabrera C. 2007. Los tóxicos ambientales y su impacto en la salud de los niños. *Rev Cubana Pediatr.* 79(2).
- Zuskin, Eugenija MD y Cols. 1998. Respiratory Findings in Workers Employed in the Brick-Manufacturing Industry. *Journal of Occupational & Environmental Medicine.* 40(9):814-820

## **ANEXOS**

### **UNIVERSIDAD DE SONORA PROGRAMA EN MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**PROYECTO:** Determinación de plomo en sangre y su relación con parámetros bioquímicos en niños menores de 12 años que habitan en la Zona Ladrillera Sur de Hermosillo, Sonora

**GRUPO INVESTIGADOR:** Q.B. Ana Gloria Alcaraz Miranda, Dr. Víctor José Tovar Guzmán, Dra. Ma. Mercedes Meza Montenegro, Dr. Armando Burgos Hernández y M.I. Marcial Córdova Figueroa.

1. Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación. Antes de que Usted decida participar lea este consentimiento cuidadosamente. Haga todas las preguntas que Usted considere, para asegurarse de que entiende el procedimiento del estudio, incluyendo los riesgos y los beneficios. Esta hoja de consentimiento puede contener palabras que usted no entienda, por favor pregunte al investigador o a cualquier persona colaboradora del estudio para que le aclare sus dudas.
2. A su hijo se le tomará una muestra de sangre para determinar la concentración de Plomo, Hemoglobina, Hematocrito, Calcio, Hierro, Ferritina y protoporfirina-zinc en sangre, que le será extraída por personal de LACIUS, Laboratorio de Análisis Clínicos e Investigación de la Universidad de Sonora, bajo la supervisión del responsable de dicho laboratorio. Además, se le solicitará que recoja tres muestras de materia fecal de cada niño en diferentes días por tres días, mismas que serán entregadas a dicho personal.
3. El tiempo que le llevará su participación será de aproximadamente 3 días donde se contemplan 40min para que responda algunas preguntas relacionadas con el niño y materiales para la fabricación del ladrillo, toma de muestra de sangre y de recoger las muestras de materia fecal de su hijo. Toda la información que Usted nos proporcione y que el grupo investigador genere se manejará con estricta confidencialidad.
4. Los beneficios que Usted y su hijo obtendrán son los resultados por escrito y en caso de obtenerse una cantidad alta de plomo en la sangre o presencia de parásitos, y si Usted acepta, se dará a conocer al Hospital Infantil del Estado, en la persona del Dr. Norberto Sotelo Cruz para su tratamiento y seguimiento, conservando la confidencialidad del caso.

5. La participación es voluntaria, puede retirarse del estudio en cualquier momento sin que eso le perjudique. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parece incómoda, tiene Usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderla. En caso de tener alguna duda, puede aclararla en cualquier momento durante su participación en el proyecto. La toma de muestra de sangre puede causar dolor, moretones, mareos, y en raras ocasiones infección en el brazo que fue picado, en caso de que esto ocurra, comuníquese con el grupo investigador. Teléfono de Q.B. Ana Gloria Alcaraz Miranda 044 6621 235471; 2 16 0029 y 2 50 55 54.

6. Las pruebas de laboratorio no tendrán costo alguno para Usted, éstos serán absorbidos por la Universidad de Sonora y el Laboratorio Analítica del Noroeste. A Usted únicamente se le solicita su participación.

7. Se tendrá la participación de aproximadamente 25 niños que viven en la Zona Ladrillera Sur y otros 25 niños de la Colonia Ampliación López Mateos.

8. No firme hasta haber leído la información de esta hoja de consentimiento, o que se le haya leído de manera adecuada y que todas sus preguntas sobre el estudio y su participación hayan sido atendidas.

9. Si Usted tiene alguna pregunta sobre sus derechos como participante del estudio, puede comunicarse con la Comisión de Ética del Hospital Infantil del Estado de Sonora con Dr. Ricardo Franco o a la Oficina del Programa en Maestría en Ciencias de la Salud con Dra. María del Socorro Médicigo Vite en Universidad de Sonora, ubicada en Calle de la Reforma y Luis Donald Colosio, Teléfono 2-59-22-69.

Después de que se me explicó y entendí el contenido de la Hoja de Consentimiento, autorizo el uso de la información proporcionada al grupo de investigación para los propósitos de su investigación.

Nombre del Niño Participante		Fecha:
Responsable	Nombre y firma	Huella digital
Del Padre		
De la Madre		
Del Tutor		
Del Investigador		

Si Usted firma aceptando participar en este estudio, recibirá una copia firmada por el investigador.



**SERVICIOS DE SALUD DE SONORA**  
**ESTUDIO SOCIOECONÓMICO**



Fecha encuesta: \_\_\_\_\_

Nombre del Niño: \_\_\_\_\_

Nombre del Padre: \_\_\_\_\_

Nombre de la Madre: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Ingreso familiar en salarios mínimos	Número de dependientes económicos				
	1-2	3-4	5-6	7-8	≥ 9
<b>Puntuación</b>					
Menos de 2	20	15	10	5	0
3-4	25	20	15	10	5
5-6	30	25	20	15	10
7-8	35	30	25	20	15
9-10	40	35	30	25	20
11-12	45	40	35	30	25
13-14	50	45	40	35	30
15-16	55	50	45	40	35
16 y más	65	60	55	50	45

NOTA: Se intersectan los salarios mínimos con el número de personas que dependen de los salarios. Para Hermosillo el salario mínimo es de 54.00 pesos M/N (2009)

<b>TABLA DE CLASIFICACIÓN</b>										
Clasificación socioeconómica	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Puntuación obtenida en la evaluación socioeconómica	Menos de 19	20-28	29-37	38-46	47-55	56-64	65-73	74-82	83-91	92 y más
Clasificación	CLASE BAJA (0)			CLASE MEDIA (1)			CLASE ALTA (2)			

\_\_\_\_\_  
 Nombre y firma del investigador

\_\_\_\_\_  
 Nombre y firma padre, madre o tutor



## SERVICIOS DE SALUD DE SONORA ESTUDIO SOCIOECONÓMICO



Porcentaje del ingreso familiar para la alimentación	Puntuación
71% ó más	1
61-70%	2
51-60%	4
41-50%	6
31-40%	8
21-30%	10

Área geográfica	Puntuación
Del municipio y su zona conurbada	15
Otros municipios y entidades federativas	6
Número de enfermos en el núcleo familiar	Puntuación
Tres o el portador del ingreso familiar	0
Dos	2
Uno (incluye al paciente)	5

Tipo de vivienda	Puntuación
Rentada	1
Prestada	2
Propia pagada	3
Servicios públicos: agua, luz, drenaje, etc.	
0-1	1
2	2
3 ó más	3
Material de construcción	
Lámina de cartón	1
Madera-lámina asbesto	2
Cemento o ladrillo	3
Número de personas por dormitorio	
4 ó más	1
3	2
1-2	3
Zona de ubicación	
Rural	1
Sub-urbana	2
Urbana	3

Suma de calificaciones	Puntuación
Ingreso familiar	
Alimentación	
Vivienda	
Lugar de Procedencia	
Estado de Salud Familiar	
<b>Total</b>	

Nombre y firma del  
investigador

Nombre y firma padre, madre o  
tutor



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**PROGRAMA EN MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD**  
**INFORMACIÓN GENERAL**



<b>Encuestador:</b>						<b>Fecha (A/M/D):</b>					
Datos del Informante											
Nombre:											
Edad:						Parentesco con el niño:					
Domicilio:											
		Soltero (1)		Casado (2)		Unión libre (3)		Viudo (a) (4)		Otro (5)	
Estado civil:											
Tiempo viviendo en el lugar:											
Escolaridad											
		Ninguna (1)		Primaria (2)		Secundaria (3)		Preparatoria (4)		Universitario (5)	
Escolaridad padre:											
Escolaridad madre:											
Ocupación (padre):											
Ocupación (madre):											
Ocupación (tutor):											

Datos del niño menor de 6 años							
Nombre del niño:					Sexo:	H	M
Fecha de nacimiento:					Edad (meses)		
Tiempo viviendo en el lugar:							

Información Salud				
Frecuentemente se enferma de	Si (2)	No (1)	No sabe (0)	Se muestra algún documento
Diarrea frecuente				
Fiebre				
Vómito				
Convulsiones				
Hemorragia crónica				
Trastornos hepáticos				
Insuficiencia renal				
Anemia hemolítica				
Intoxicación por hierro				
Se le ha hecho análisis de Pb				
Ha tomado algún tratamiento para Pb				



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**PROGRAMA EN MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD**  
**INFORMACIÓN GENERAL**



Información vivienda							
Su casa es:	Propia		Rentada		Prestada		Otra
La cubierta de piso es de:	Cemento		Sin cubierta		Otro (especifique)		
El polvo que se acumula en casa es	Poco		Mucho		Nada		No sabe
Las calles del lugar están	Sin cubierta		Cubiertas		Tipo cubierta		
Cuenta con	Drenaje		Fosa séptica		Aire libre		

Alimentos			Frecuencia			
Preparación de alimentos	Si (2)	No (1)	No sabe 0	nunca	poco	siempre
Uso de recipientes de barro						
Para cocinar						
Servir los alimentos						
Guardar alimentos						
Combustible usado p/cocinar						
Gas						
Leña						
Electricidad						
Otro						
Agua consumo						
Pipa						
Red municipal						
Embotellada						

Información horno						
Material que facilita el arranque del horno, cuál utiliza						
Cantidad utilizada						
Material usado en el horno ladrillero	Si (2)	No (1)	No sabe 0	Frecuencia		
				nunca	poco	siempre
Carbón						
Leña						
Gasolina						
Diesel						
Aceite quemado						
Llantas						
Madera						
Madera curada						
Plásticos						
Estiércol						
Otro						

Nombre y firma de entrevistador

Nombre y firma de entrevistado



**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**ENCUESTA NACIONAL DE SALUD Y NUTRICIÓN 2005**  
**DIETA-FRECUENCIA DE CONSUMO-NIÑO PREESCOLAR (1-4 AÑOS)**

En los últimos 7 días...

Nombre del Niño: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

LEA TODOS LOS ALIMENTOS		FRECUENCIA DE CONSUMO								Tamaño de Porción(*)		Número de Porciones		
		DÍAS DE LA SEMANA					VECES AL DÍA							
		a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?							
ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca (01)	1 (02)	2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)				
<b>1. PRODUCTOS LÁCTEOS</b>														
1.1	Leche materna	1 tetada	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.2	Leche Liconsa	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.3	Otra Leche (especifique la marca)													
	a _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
	b _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
	c _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.4	Leche preparada de sabor (chocolate u otro sabor)	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.5	Agregado a la leche													
	a) Azúcar	1 cucharada cafetera copeteada (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
	b) Chocolate u otro saborizante	1 cucharada cafetera copeteada (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.6	Queso	1 rebanada (30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.7	Yogurt	1 vaso típico de yogurt (150g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.8	Danonino o similar	1 envase (45g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
1.9	Yakult o similares	1 envase (80mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
<b>2. FRUTAS</b>														
2.1	Plátano	1 pieza chica (116g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.2	Plátano frito	½ pieza mediana (113g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.3	Jícama	1/3 pieza mediana o ¾ de taza (100g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.4	Naranja o mandarina	1 pieza chica (109g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.5	Manzana o pera	½ pieza mediana (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.6	Melón o sandía	1 rebanada ó 3/4 taza (115g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.7	Guayaba	1 pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.8	Mango	1/2 pieza chica (62g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.9	Papaya	½ taza ó 1 rebanada chica (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.10	Piña	½ rebanada mediana (75g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.11	Toronja	½ pieza chica (135g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.12	Fresa	1/3 taza ó 3 pieza mediana (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
2.13	Otra fruta	1 pieza mediana	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
<b>3. VERDURAS</b>														
3.1	Tortitas de verduras capeadas	1 pieza mediana (72g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09			
3.2	Tomate	½ pieza chica (30g) en ensalada	01	02	03	04	05	06	07	08	09			

(\*) TAMAÑO DE PORCIÓN:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).

FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS			FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
			DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?					
ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6	Tamaño de Porción(*)	Número de Porciones	
		(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)			
3.3	Hojas Verdes (acelgas, espinacas, quelites)	½ plato (85g) cocidas o 1 plato crudas	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.4	Chayote	¼ pieza chica (50g) ó 1/3 taza	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.5	Zanahoria	1 pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.6	Calabacita	1 pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.7	Brócoli o coliflor	¼ taza (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.8	Repollo	¼ taza (35 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.9	Ejotes	¼ taza ó 5 pza (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.10	Elote	½ pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.11	Lechuga	¼ taza o 1 hoja (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.12	Nopales	1 pieza mediana (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.13	Pepino	½ pieza grande (150 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.14	Aguacate	1 rebanada ó 1 pieza de criollo chica (33 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.15	Otra verdura	1 pieza ó 1 taza	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
<b>4. COMIDA RÁPIDA HECHA EN CASA</b>													
4.1	Torta o sándwich	1 pieza mediana (130g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
4.2	Hamburguesa	1 pieza mediana (240g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
4.3	Pizza	1 rebanada chica (92g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
4.4	Hot dog	1 pieza mediana (110g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
<b>5. CARNES, EMBUTIDOS Y HUEVO</b>													
5.1	Carne de puerco	½ bistec mediano (45g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.2	Carne de res	½ bistec mediano (45g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.3	Carne de res seca (machaca)	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.4	Longaniza o chorizo	½ trozo chico (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.5	Salchicha de puerco, pavo o combinado, jamón de puerco o pavo o mortadela (aparte de en torta, sándwich o hot dog)	1 pieza de salchicha ó 1 reb. de jamón (30g) (bologna)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.6	Pollo	a) 1 pieza (pierna, muslo) ó ½ pieza chica de pechuga (90g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
		b) 1 pieza de ala ó 2 piezas de patas (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
		c) 1 pieza de higadito o molleja (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.7	Huevo	a) 1 pieza entera de huevo tibio o cocido (62g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
		b) 1 pieza entera de huevo frito, estrellado o revuelto (55g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□

(\*) TAMAÑO DE PORCIÓN:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS			FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
			DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?					
ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca (01)	1 (02)	2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)	Tamaño de Porción(*)	Número de Porciones	
<b>6. PESCADOS Y MARISCOS</b>													
6.1	Pescado fresco	½ filete mediano (45 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6.2	Pescado seco	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6.3	Atún y sardina	¼ lata ó 40g	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6.4	Algún marisco (camarón, ostiones, etc.)	½ plato (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>7. LEGUMINOSAS</b>													
7.1	Frijoles	a) ½ plato ó ½ taza de la olla (50g) b) ½ plato ó ½ taza refritos (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7.2	Lenteja, garbanzo, haba amarilla o alubia	½ plato ó ½ taza (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7.3	Caldo de frijol	½ plato ó ½ taza (50ml)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>8. CEREALES Y TUBÉRCULOS</b>													
8.1	Arroz	½ taza ó ½ plato (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.2	Pan blanco	1 rebanada ó ½ bolillo (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.3	Pan integral	1 rebanada ó ½ bolillo (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.4	Pan dulce (excepto donas y churros)	1 pieza (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.5	Donas y churros de panadería	1 pieza (70 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.6	Galletas Saladas	4 piezas (20g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.7	Papas	a) ½ pieza mediana cocida (40g) b) ½ pieza mediana frita o tortita de papa (40g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.8	Cereal de caja												
	a) Básicos (Corn Flakes, Arroz inflado sin sabor)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	b) Adicionados con Azúcar	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	c) Chocolate Otros (corn flakes, arroz inflado)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	d) Altos en Fibra (Bran/avena) crema trigo	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	e) Light (Special K/Fitness)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	f) Multi-ingredientes (grano entero, frutas)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	g) Saborizados (Froot Loops/Lucky Charms)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.9	Papilla (Nutrisano) del programa OPORTUNIDADES	4 cucharadas soperas (44g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>9. PRODUCTOS DE MAÍZ</b>													
9.1	Sopes, quesadillas, tlacoyos, enchiladas, tacos, o gorditas de comal (sin freír)	100 g	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9.2	Sopes, quesadillas, tlacoyos, enchiladas, tacos, flautas o gorditas frito(a)	100 g	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9.3	Pozole	½ plato (50 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(\*) TAMAÑO DE PORCIÓN:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).

FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS			FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
			DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?					
			ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca (01)	1 (02)	2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)
9.4	Tamal (todos tipos)	½ pieza (100 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
9.5	Atole de maíz	½ taza (120mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
<b>10. BEBIDAS</b>													
10.1	Refresco Normal	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.2	Refresco Dieta	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.3	Café												
	a) Café sin azúcar	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
	b) Café con azúcar	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.4	Té o infusión												
	a) Té con azúcar	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
	b) Té sin azúcar	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.5	Jugos naturales sin azúcar	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.6	Jugos o aguas de frutas con azúcar	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.7	Bebidas o aguas de sabor sin azúcar (incluyendo dietéticas como Clight, Be-light, etc.)	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.8	Bebidas o aguas de sabor con azúcar	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
10.9	Agua sola	½ vaso (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
<b>11. BOTANAS, DULCES Y POSTRES</b>													
11.1	Chocolate	1 trozo ó a cucharada sopera (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.2	Dulce	1 pieza (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.3	Frituras	1 paquete individual o bolsa chica (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.4	Gelatina, flan	1 pieza o rebanada (125g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.5	Pastel o pay	1 rebanada mediana(125 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.6	Cacahuates, habas o pepitas	1 puño (de la mano)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.7	Pastelillos y donas industriales	1 pieza (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.8	Galletas Dulces	2 piezas (32g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
11.9	Barras de cereal	1 pieza (25g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
<b>12. SOPAS, CREAMAS Y PASTAS</b>													
12.1	Caldo de pollo, res o verduras (sólo caldo)	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
12.2	Sopa o caldo con verduras	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
12.3	Sopa de pasta	a) ½ plato ó ½ taza sopa caldosa (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
		b) ½ plato sopa seca (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
12.4	Crema de verduras	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□

(\*) TAMAÑO DE PORCION:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

b) En los últimos 7 días, ¿Cuántos días comió o tomó (NOMBRE) los siguientes alimentos dentro de algún guisado o preparación?

LEA TODOS LOS ALIMENTOS		FRECUENCIA DE CONSUMO										Nombre del niño		
		DÍAS DE LA SEMANA					VECES AL DÍA							
		ALIMENTO	PORCIÓN	a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?					Tamaño de Porción(*)
		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6				
		(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)				
<b>13. MISCELANEOS</b>														
13.1	Limón por ejemplo en ensaladas, caldos, o carnes													
13.2	Cebolla por ejemplo en salsas, tacos, o guisados (molida o entera)													
13.3	Chiles por ejemplo en salsas, tacos, guisados (molido o entero)													
13.4	Tomate verde y jitomate por ejemplo en salsas, tacos, o guisados (molido o entero)													
13.5	Azúcar (a parte de la agregada a las bebidas, leche, té, café, agua de frutas) por ejemplo en fresas o plátanos con crema	1 cucharada cafetera copeteada(10g)												_ _ ._ _
13.6	Margarina	1 cucharada sopera (10g)												_ _ ._ _
13.7	Mantequilla	1 cucharada sopera (10g)												_ _ ._ _
13.8	Mayonesa	1 cucharada sopera (10g)												_ _ ._ _
13.9	Crema	1 cucharada sopera (10g)												_ _ ._ _

En los últimos 7 días,

<b>14. TORTILLAS</b>							
14.1	A parte de las tortillas consumidas en enchiladas u otro antojito, ¿con qué frecuencia comió tortilla de maíz?					¿Cuántas tortillas comió cada día que las consumió?	
	a) de nixtamal (hecho en casa)	01	02	03	04	05	_ _ _ ._ _ _
	b) de harina MASECA o MINSA (hecha en casa)	01	02	03	04	05	_ _ _ ._ _ _
	c) de masa (comprada) o de tortillería	01	02	03	04	05	_ _ _ ._ _ _
14.2	¿Con qué frecuencia comió tortilla de harina de trigo?	01	02	03	04	05	_ _ _ ._ _ _
14.3	<b>PESO PROMEDIO DE TORTILLA DE MAÍZ</b>	GRAMOS:					_ _ _ _ ._ _ _
14.4	<b>PESO PROMEDIO DE TORTILLA DE TRIGO</b>	GRAMOS:					_ _ _ _ ._ _ _

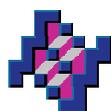
<b>15. CANTIDAD DE CONSUMO REPORTADA</b>		
¿Considera usted que el consumo que reportó fue semejante a lo que come normalmente el niño? o ¿fue mayor o menor? (ya que su consumo pudo haber variado por enfermedad y comer poco o haber tenido fiesta y comer más)	IGUAL.....	1
	MAYOR.....	2
	MENOR.....	3

Nombre del niño:

16. CONSUMO DE SUPLEMENTOS									
En los últimos siete días, (NOMBRE DEL NIÑO) consumió...	Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6
	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
16.1 Algún suplemento de vitaminas y/o minerales que le hayan entregado en el centro de salud o por parte de algún programa a qué pertenece (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.2 Algún suplemento de vitaminas y/o minerales que haya comprado o que le hayan regalado amigos o familiares (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.3 Algún complemento nutricional (tipo pediasure, complan) (1 cucharada o una medida en envase individual)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.4 Algún otro tipo de suplemento (hierbas naturales etc, que no incluye vitaminas ni minerales) (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09

17. Otros no incluidos (alimentos regionales)									
17.1 Gallina pinta (1/2 plato)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.2 Menudo (1/2 plato)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.3 Chamoy (cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.4 Chetines, palomitas de maíz	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	01	02	03	04	05	06	07	08	09

OBSERVACIONES



INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA  
ENCUESTA NACIONAL DE SALUD Y NUTRICIÓN 2005  
DIETA-FRECUENCIA DE CONSUMO-NIÑO ESCOLAR (5-12 AÑOS)

En los últimos 7 días... Nombre del niño:

Fecha:

LEA TODOS LOS ALIMENTOS		FRECUENCIA DE CONSUMO										Tamaño de Porción(*)		Número de Porciones	
		DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?								
ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca (01)	1 (02)	2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)					
<b>1. PRODUCTOS LÁCTEOS</b>															
1.1	Leche Liconsa	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.2	Otra Leche (especifique la marca)														
	a _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
	b _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
	c _____	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.3	Leche preparada de sabor (chocolate u otro sabor)	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.4	Agregado a la leche														
	a) Azúcar	1 cucharada cafetera copeteada (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
	b) Chocolate u otro saborizante	1 cucharada cafetera copeteada (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.5	Queso	1 rebanada (40 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.6	Yogurt	1 vaso típico de yogurt (150g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.7	Danonino o similar	1 envase (45g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
1.8	Yakult o similares	1 envase (80mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
<b>2. FRUTAS</b>															
2.1	Plátano	1 pieza mediana (176g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.2	Plátano frito	½ pieza mediana (113g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.3	Jícama	½ pieza mediana (163g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.4	Naranja o mandarina	1 pieza mediana(145g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.5	Manzana o pera	½ pieza grande (100g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.6	Melón o sandía	1 rebanada mediana ó ¾ taza (115g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.7	Guayaba	1 pieza mediana (75g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.8	Mango	1 pieza mediana (185g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.9	Papaya	1 rebanada mediana (100g) ó ½ taza	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.10	Piña	½ rebanada mediana (75g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.11	Toronja	½ pieza chica (135 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.12	Fresa	1 taza (140 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
2.13	Otra fruta	1 pieza mediana	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
<b>3. VERDURAS</b>															
3.1	Tortitas de verduras capeadas	1 pieza (72g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09				
3.2	Tomate	½ pieza chica (30g) en ensalada	01	02	03	04	05	06	07	08	09				

(\*) TAMAÑO DE PORCIÓN:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS			FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
			DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?					
ALIMENTO	PORCIÓN	Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6	Tamaño de Porción(*)	Número de Porciones	
		(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)			
3.3	Hojas Verdes (acelgas, espinacas, quelites)	½ plato (85g) cocidas o 1 plato crudas	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.4	Chayote	¼ pieza chica (50g) ó 1/3 taza	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.5	Zanahoria	1 pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.6	Calabacita	1 pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.7	Brócoli o coliflor	¼ taza (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.8	Repollo	¼ taza (35 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.9	Ejotes	¼ taza ó 5 pza (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.10	Elote	½ pieza chica (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.11	Lechuga	¼ taza o 1 hoja (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
3.12	Nopales	1 pieza mediana (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.13	Pepino	½ pieza grande (150 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.14	Aguacate	1 rebanada ó 1 pieza de criollo chica (33 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
3.15	Otra verdura	1 pieza o 1 taza	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
<b>4. COMIDA RÁPIDA HECHA EN CASA</b>													
4.1	Torta o sándwich	1 pieza mediana (130g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
4.2	Hamburguesa	1 pieza mediana(240g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
4.3	Pizza	1 rebanada chica(92g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
4.4	Hot dog	1 pieza mediana (110g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
<b>5. CARNES, EMBUTIDOS Y HUEVO</b>													
5.1	Carne de puerco	1 bistec chico (55g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.2	Carne de res	1 bistec chico (55g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.3	Carne de res seca (machaca)	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.4	Longaniza o chorizo	½ trozo (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.5	Salchicha de puerco, pavo o combinado, jamón de puerco o pavo o mortadela (a parte de en torta, sándwich o hot dog)	1 pieza de salchicha ó 1 reb. de jamón (30g) (bologna)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
5.6	Pollo	a) 1 pieza (pierna, muslo) ó ½ pieza de pechuga chica (90g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
		b) 1pieza de ala, 2 piezas de patas (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
		c) 1 pieza de higadito o molleja (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□.□
5.7	Huevo	a) 1 pieza entera de huevo tibio o cocido (62g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□
		b) 1 pieza entera de huevo frito, estrellado o revuelto (55g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□.□

(\*) TAMAÑO DE PORCION:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS			FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
			DÍAS DE LA SEMANA a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					VECES AL DÍA b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?				Tamaño de Porción(*)	Número de Porciones
			Nunca (01)	1 (02)	2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)		
ALIMENTO	PORCIÓN												
<b>6. PESCADOS Y MARISCOS</b>													
6.1	Pescado fresco	½ filete mediano (45 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	□□□	□□.□□
6.2	Pescado seco	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
6.3	Atún y sardina	½ lata ó 40g	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
6.4	Algún marisco (camarón, ostras, etc.)	½ plato (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
<b>7. LEGUMINOSAS</b>													
7.1	Frijoles	a) ½ plato ó ½ taza de la olla (50g) b) ½ plato ó ½ taza refritos (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
7.2	Lenteja, garbanzo, haba amarilla o alubia	½ plato ó ½ taza (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
<b>8. CEREALES Y TUBÉRCULOS</b>													
8.1	Arroz	1 taza ó 1 plato (100g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.2	Pan blanco	2 rebanadas ó 1 bolillo (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.3	Pan integral	2 rebanadas ó 1 bolillo (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.4	Pan dulce (excepto donas y churros)	1 pieza (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.5	Donas y churros de panadería	1 pieza (70 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.6	Galletas Saladas	4 piezas (20g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.7	Papas	a) ½ pieza mediana cocida (40g) b) ½ pieza mediana frita o tortita de papa (40g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.8	Cereal de caja												
	a) Básicos (Corn Flakes, Arroz inflado sin sabor)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	b) Adicionados con Azúcar	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	c) Chocolate Otros (corn flakes, arroz inflado)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	d) Altos en Fibra (Bran/avena)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	e) Light (Special K/Fitness)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	f) Multi-ingredientes (grano entero, frutas)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
	g) Saborizados (Froot Loops(Lucky Charms)	1 taza (seco 30 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
8.9	Papilla (Nutrisano) del programa OPORTUNIDADES	4 cucharadas soperas copeteadas (44g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
<b>9. PRODUCTOS DE MAÍZ</b>													
9.1	Sopes, quesadillas, tlacoyos, enchiladas, tacos, o gorditas de comal (sin freír)	100 g	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
9.2	Sopes, quesadillas, tlacoyos, enchiladas, tacos, flautas o gorditas frito(a)	100 g	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
9.3	Pozole	1 plato (100 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□
9.4	Tamal (todos tipos)	1 pieza (200 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		□□.□□

(\*) TAMAÑO DE PORCIÓN:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

LEA TODOS LOS ALIMENTOS		FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño			
		DÍAS DE LA SEMANA					VECES AL DÍA						
		ALIMENTO	PORCIÓN	a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?				Tamaño de Porción(*)
Nunca (01)	1 (02)			2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)			
9.5	Atole de maíz	1 taza (240mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
<b>10. BEBIDAS</b>													
10.1	Refresco Normal	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.2	Refresco Dieta	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.3	Café												
	a) Café sin azúcar	1 taza (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
	b) Café con azúcar	1 taza (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.4	Té o infusión												
	a) Té con azúcar	1 taza (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
	b) Té sin azúcar	1 taza (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.5	Jugos naturales sin azúcar	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.6	Jugos o aguas de frutas con azúcar	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.7	Bebidas o aguas de sabor sin azúcar (incluyendo dietéticas como Clight, Be-light, etc.)	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.8	Bebidas o aguas de sabor con azúcar	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
10.9	Agua sola	1 vaso (240 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	_ _	_ .  _
<b>11. BOTANAS, DULCES Y POSTRES</b>													
11.1	Chocolate	1 trozo ó a cucharada sopera (10g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.2	Dulce	1 pieza (30g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.3	Frituras	1 paquete individual o bolsa chica (35g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.4	Gelatina, flan	1 pieza o rebanada (125g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.5	Pastel o pay	1 rebanada mediana (125 g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.6	Cacahuates, habas o pepitas	1 puño (de la mano)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.7	Pastelillos y donas indust.	1 pieza (70g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.8	Galletas Dulces	2 piezas (32g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
11.9	Barras de cereal	1 pieza (25g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
<b>12. SOPAS, CREMAS Y PASTAS</b>													
12.1	Caldo de pollo, res o verduras (sólo caldo)	½ taza (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
12.2	Sopa o caldo con verduras	½ plato (120 mL)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
12.3	Sopa de pasta	a) ½ plato ó ½ taza sopa caldosa (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
		b) ½ plato sopa seca (50g)	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _
12.4	Crema de verduras	½ plato	01	02	03	04	05	06	07	08	09		_ .  _

(\*) TAMAÑO DE PORCION:

LECHE, CARNES, BEBIDAS: Muy chico (MC); Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Muy Grande (MG); Estándar (E).  
FRUTAS, VERDURAS, COMIDA R: Chico (C); Mediano (M); Grande (G); Estándar (E).

b) En los últimos 7 días, ¿Cuántos días comió o tomó (NOMBRE) los siguientes alimentos dentro de algún guisado o preparación?

LEA TODOS LOS ALIMENTOS		FRECUENCIA DE CONSUMO								Nombre del niño		
		DÍAS DE LA SEMANA					VECES AL DÍA					
		ALIMENTO	PORCIÓN	a) ¿Cuántos días comió (tomó) (NOMBRE DEL NIÑO)...?					b) ¿Cuántas veces al día comió (tomó)...?			Tamaño de Porción(*)
Nunca (01)	1 (02)			2-4 (03)	5-6 (04)	7 (05)	1 (06)	2-3 (07)	4-5 (08)	6 (09)		
<b>13. MISCELANEOS</b>												
13.1	Limón por ejemplo en ensaladas, caldos, o carnes											
13.2	Cebolla por ejemplo en salsas, tacos, o guisados (molido o											
13.3	Chiles por ejemplo en salsas, tacos, guisados (molido o entero)											
13.4	Tomate verde y jitomate por ejemplo en salsas, tacos, o guisados (molido o entero)											
13.5	Azúcar (a parte de la agregada a las bebidas, leche, té, café, agua de frutas) por ejemplo en fresas o plátanos con crema	1 cucharada cafetera copeteada(10g)										_ _ _ _
13.6	Margarina	1 cucharada sopera (10g)										_ _ _ _
13.7	Mantequilla	1 cucharada sopera (10g)										_ _ _ _
13.8	Mayonesa	1 cucharada sopera (10g)										_ _ _ _
13.9	Crema	1 cucharada sopera (10g)										_ _ _ _

En los últimos 7 días,

<b>14. TORTILLAS</b>							
14.1	A parte de las tortillas consumidas en enchiladas u otro antojito, ¿con qué frecuencia comió tortilla de <b>maíz</b> ?					¿Cuántas tortillas comió cada día que las consumió?	
	a) de nixtamal (hecho en casa)	01	02	03	04	05	_ _ _ _ _
	b) de harina MASECA o MINSÁ (hecha en casa)	01	02	03	04	05	_ _ _ _ _
	c) de masa (comprada) o de tortillería	01	02	03	04	05	_ _ _ _ _
14.2	¿Con qué frecuencia comió tortilla de <b>harina de trigo</b> ?	01	02	03	04	05	_ _ _ _ _
14.3	<b>PESO PROMEDIO DE TORTILLA DE MAÍZ</b>	GRAMOS:					_ _ _ _ _
14.4	<b>PESO PROMEDIO DE TORTILLA DE TRIGO</b>	GRAMOS:					_ _ _ _ _

<b>15. CANTIDAD DE CONSUMO REPORTADA</b>	
¿Considera usted que el consumo que reportó fue semejante a lo que come normalmente el niño? o ¿fue mayor o menor? (ya que su consumo pudo haber variado por enfermedad y comer poco o haber tenido fiesta y comer más)	IGUAL.....1 MAYOR.....2 MENOR.....3

Nombre del niño:

16. CONSUMO DE SUPLEMENTOS										
En los últimos siete días, (NOMBRE DEL NIÑO) consumió...		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6
		(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
16.1	Algún suplemento de vitaminas y/o minerales que le hayan entregando en el centro de salud o por parte de algún programa a qué pertenece (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.2	Algún suplemento de vitaminas y/o minerales que haya comprado o que le hayan regalado amigos o familiares (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.3	Algún complemento nutricional (tipo pediasure, complan) (1 cucharada ó una medida en envase individual)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
16.4	Algún otro tipo de suplemento (hierbas naturales etc, que no incluye vitaminas ni minerales) (1 Cápsula, tableta, ampolleta, o cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09

17. Otros no incluidos (alimentos regionales)										
17.1	Gallina pinta (1/2 plato)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.2	Menudo (1/2 plato)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.3	Chamoy (cucharada)	01	02	03	04	05	06	07	08	09
17.4	Chetines, palomitas de maíz	01	02	03	04	05	06	07	08	09
		01	02	03	04	05	06	07	08	09
		01	02	03	04	05	06	07	08	09

OBSERVACIONES



*“Si juzgásemos el interés que algún asunto médico despierta por el número de escritos que ha merecido, no tendríamos más que considerar a la intoxicación por plomo como el más importante de todos aquellos que han sido tratados hasta hoy”*

*Mateu Orfila, 1817*

---

**Mateu Joseph Bonaventura Orfila | Rotger (1787-1853)**

