



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

**PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES**

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE COMUNICACIÓN
DE RIESGOS PARA LA SALUD AMBIENTAL INFANTIL EN UN SITIO
CONTAMINADO CON PLOMO Y ARSÉNICO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

Q.F.B. ROCIO TORRES NERIO

**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. ANA CRISTINA CUBILLAS TEJEDA**

COMITÉ TUTELAR:

**MC. LUZ MARIA NIETO CARAVEO
DR. FERNANDO DIAZ – BARRIGA MARTINEZ**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES

DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE
RIESGOS PARA LA SALUD AMBIENTAL INFANTIL EN UN SITIO
CONTAMINADO CON PLOMO Y ARSÉNICO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

Q.F.B. ROCÍO TORRES NERIO

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Ana Cristina Cubillas Tejeda

SINODALES:

PRESIDENTE:

MC. LUZ MARIA NIETO CARAVEO

SECRETARIO:

DRA. ANUSCHKA VAN'T HOOFT

VOCAL:

DRA. ANA CRISTINA CUBILLAS TEJEDA

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

JULIO DE 2005

PROYECTO REALIZADO EN:

**LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL, FACULTAD DE MEDICINA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

CON FINANCIAMIENTO DE:

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA: EMPLEO DE TÉCNICAS
EDUCATIVAS PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN INFANTIL A PLOMO Y ARSÉNICO EN SITIOS
CONTAMINADOS DE SAN LUIS POTOSÍ
CLAVE FMSLP-2002-4266**

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)
BECA-TESIS (CONVENIO No. 173783)**

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A TRAVÉS DEL
PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO AL POSGRADO NACIONAL (PIFOP-
SEP)**

ÍNDICE:

ÍNDICE DE ANEXOS	2
1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES	6
2.1 ANTECEDENTES DEL SITIO	6
2.2 PLOMO.....	8
a) <i>Toxicocinética</i>	9
b) <i>Toxicodinamia</i>	10
2.3 ARSÉNICO	10
a) <i>Toxicocinética</i>	11
b) <i>Toxicodinamia</i>	12
2.4 COMUNICACIÓN DE RIESGOS	12
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. OBJETIVOS	22
4.1 OBJETIVO PRINCIPAL	22
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
5. DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE RIESGOS	23
5.1 ACTIVIDADES DEL PROGRAMA.....	25
6. MATERIAL Y MÉTODOS	37
6.1 CAMBIOS DE CONDUCTA	37
6.2 MONITOREO BIOLÓGICO	39
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
8. RESULTADOS	42
8.1 CAMBIO DE CONDUCTA	42
8.2 MONITOREO BIOLÓGICO.....	52
9. DISCUSIÓN	64
10. CONCLUSIONES	71
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

Índice de Anexos

- A1. Guión de la Obra de Teatro "*La Contaminación ¡Uy qué miedo!*"
- A2. Guión de la Obra de Teatro "*Los Siete Viajes*"
- A3. Presentación de la Obra de Teatro "*La Contaminación ¡Uy qué miedo!*"
- A4. Presentación de la Obra de Teatro "*Los Siete Viajes*"
- A5. Fragmento 1 del video de la Obra de Teatro "*La Contaminación ¡Uy qué miedo!*"
- A6. Fragmento 2 del video de la Obra de Teatro "*La Contaminación ¡Uy qué miedo!*"
- B1. Cuento completo "*Contaminex y el Señor Plomo*"
- C1. Manual de experimentos didácticos para niños.
- C2. Video 1 de los experimentos.
- C3. Video 2 de los experimentos.
- D1. Portada de un libro de la serie "*Érase una vez, el cuerpo humano*".
- E1. Presentación de la plática infantil "*Juanito y el Plomo.*"
- E2. Presentación de la plática infantil "*El Cerebro es el Jefe.*"
- F1. Actividad del recorrido "*Relaciona las Columnas.*"
- G1. Fotografías de todas las actividades.
- H1. Manual del Taller para padres de familia sobre Pb, As y limpieza del hogar.
- H2. Presentación del taller para padres de familia.
- I1. Cuestionario de fuentes de exposición a Pb.

1. RESUMEN

La recuperación de metales pesados en una industria metalúrgica al poniente de la ciudad de San Luis Potosí, ha dejado consigo a lo largo de más de 100 años la contaminación de este sitio por metales como plomo (Pb) y arsénico (As). En este trabajo se presentan los resultados de un Programa de Comunicación de Riesgos (PCR) aplicado como una medida de intervención para disminuir la exposición infantil a Pb y As.

Con base en estudios anteriores en los cuales se reportaron altas concentraciones de plomo en sangre (PbS) y arsénico en orina (AsO) en los niños de este sitio y, con base en programas de educación aplicados en otros países, en el presente trabajo se generó un PCR con el fin de informar a los niños sobre los riesgos ambientales en el sitio donde viven. El propósito del PCR fue que los niños cambiaran las conductas con las que enfrentan la problemática ambiental a la cual están sujetos y este cambio tuviera como consecuencia una disminución en la exposición al Pb y al As. También dentro del PCR se trabajó con los padres de familia y maestros para que también estuvieran informados y realizaran cambios en sus hogares.

Durante el ciclo escolar 2003 – 2004 se trabajó con 170 niños de dos centros educativos ubicados en la zona de mayor exposición a Pb y As, con un rango de edad de 5 a 7 años. A estos niños se les aplicó el PCR mediante el empleo de 6 canales infantiles de comunicación de riesgos tales como obras de teatro, teatro guiñol, experimentos, pláticas, juegos y concursos. Se realizó una evaluación del PCR con cuatro actividades que fueron análisis de dibujos, cuestionarios aplicados a los niños, cuestionarios aplicados a los padres de familia y monitoreo biológico en tres etapas del PCR, al inicio, en medio y al final. Estas actividades fueron realizadas dentro del Programa para la Salud Ambiental Infantil de la Unidad Pediátrica Ambiental: Consorcio Académico Niño, Ambiente y Salud (CANICAS) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (U.A.S.L.P.)

En cuanto a los resultados de este proyecto, podemos mencionar lo siguiente:

- 1) Al analizar los dibujos de los niños que participaron en el PCR, se encontró que dentro de los elementos dibujados aparecieron elementos tóxicos tales como el Pb, la tierra, el cigarro, o bien, elementos que pueden estar contaminados como el agua de la llave. Al hacer una comparación con los dibujos de niños que no participaron en el PCR, se encontró una diferencia en los elementos dibujados, ya que en este caso no aparecían elementos tóxicos. La diferencia fue estadísticamente significativa al realizar una prueba de Chi - cuadrada ($p < 0.05$).
- 2) Con relación a los cuestionarios aplicados a los niños, el resultado de éstos hizo notar un cambio en la concepción que tienen los niños respecto a los contaminantes, sus efectos y cómo evitarlos.
- 3) Con relación a los cuestionarios aplicados a los padres de familia, también se pudo apreciar cómo los padres reaccionaron positivamente y cambiaron ciertas conductas como resultado del PCR. Lo anterior fue corroborado por el cuestionario aplicado antes del PCR y el cuestionario aplicado al finalizar el mismo. Es importante señalar que no se realizó un trabajo observacional lo cual es una limitante en este estudio.
- 4) En el caso del monitoreo biológico, no se encontró una disminución en los niveles de PbS ni de AsO, ya que de los 25 niños que estuvieron presentes en los tres monitoreos los resultados son los siguientes: en el primer monitoreo observamos una media aritmética para PbS de 11.3 ± 5.0 ug/dL, y una media geométrica para AsO de 27.6 ± 1.6 ugAs/g creatinina. En el segundo monitoreo (5 meses después de iniciar el PCR) los resultados fueron de 15.4 ± 4.5 ug/dL y 100.1 ± 2.0 ug As/g creatinina respectivamente. Finalmente los resultados del tercer monitoreo (9 meses después de iniciado el PCR) mostraron una concentración media de 12.4 ± 2.7 ug /dL, 46.1 ± 1.5 ug As/g creatinina.

En conclusión se puede decir que con el PCR se logró que los participantes de este programa, tanto niños como adultos adquirieran una serie de conceptos nuevos en

torno a la contaminación, con lo que se potenció su formación en lo que respecta a la identificación del riesgo. Por otro lado se tiene que reconocer que no se disminuyeron los niveles de PbS y AsO. Una posible explicación es que quizá la principal fuente de exposición no sea únicamente el suelo como se determinó en estudios anteriores.

2. ANTECEDENTES

En México la tradición minera es una actividad de gran importancia para estados como Guanajuato, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Hidalgo y entre ellos, San Luis Potosí. La recuperación de metales en sitios minero-metalúrgicos como son las fundidoras ha provocado que las zonas aledañas a estos sitios se encuentren en un riesgo potencial de sufrir los efectos de los contaminantes que generan.

2.1 Antecedentes del sitio

Al poniente de la ciudad de San Luis Potosí se encuentra, desde 1890, una planta de beneficio del Grupo México conocida como Industrial Minera México (IMMSA). Esta planta está constituida por dos departamentos: 1) La refinería electrolítica de zinc (Zn) la cual desde 1982, como parte de su proceso, también produce ácido sulfúrico, cadmio refinado, residuos con alto contenido de cobre y residuos de plomo (Pb) con alto contenido de plata y 2) La fundición de cobre (Cu) que se localiza junto a la anterior y ha estado en operación desde 1925. Debido a que los metales tratados en la fundición contienen impurezas, entre éstas Pb y arsénico (As), la fundición ha sido equipada con una planta de recuperación de As para tratar los polvos y en la cual se produce trióxido de arsénico. En este departamento también se genera cadmio y ácido sulfúrico.¹

Desde 1988 hasta la fecha, la Unidad de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ha realizado investigaciones en la zona vecina a esta planta metalúrgica, la cual se conoce como la zona de Morales–Pirules. Lo anterior con la finalidad de conocer si existía presencia de contaminación en las diferentes matrices ambientales como aire, polvo doméstico, agua y suelo; y además evaluar si la población que ahí habita estaba en riesgo.² En estos trabajos se encontró contaminación por Pb y As en aire, polvo doméstico y suelo, pero no se encontró contaminación del agua con Pb y As que tuviera relación con la fundidora.^{2,3,4,5}

De forma paralela con los estudios realizados en las distintas matrices ambientales, se ha realizado desde 1989, un Programa de Vigilancia Epidemiológica en los niños residentes de la zona Morales-Pirules para conocer las concentraciones de estos dos contaminantes en su organismo. Como marcadores biológicos de exposición se analizaron muestras de sangre para determinar Pb (PbS) y orina para determinar As (AsO). En el monitoreo biológico realizado en 1992, la concentración promedio de PbS en muestras de niños menores a 6 años de edad fue de 16.5 $\mu\text{g/dL}$, la cual estaba por arriba del límite permisible de 10 $\mu\text{g/dL}$. Durante el año de 1994 la concentración promedio en niños menores a 6 años de edad disminuyó a 10.5 ug/dL y se mantuvo así hasta el último monitoreo realizado en el año del 2002, en el cual la concentración promedio aumentó a 14.8 ug/dL .^{2,6,7}

Para el AsO en niños menores de 6 años, la concentración promedio encontrada en el año de 1989 fue de 191 $\mu\text{g As/g}$ de creatinina, concentración que estaba por encima del límite de intervención de la OMS el cual es de 50 $\mu\text{g/g}$ de creatinina. En posteriores monitoreos se encontró una concentración promedio de 126 ug As/g creatinina en 1994 y en 1996 se encontró que los niveles disminuyeron a una concentración promedio de 67 ug As/g creatinina. Recientemente en el monitoreo realizado en el año 2002 la concentración promedio fue de 51 ug As/g creatinina.^{2,7,8}

Además de este programa de vigilancia epidemiológica, en el año de 1996 se realizó un trabajo por la Unidad de Toxicología Ambiental de la U.A.S.L.P. con niños residentes de Morales–Pirules, en el cual se demostró una asociación inversa estadísticamente significativa, entre los niveles de AsO y las puntuaciones en el coeficiente intelectual verbal ($p < 0.001$). En esta investigación se sugiere que la exposición crónica al As, podría afectar las habilidades verbales y la memoria a largo plazo; mientras que la exposición a Pb podría afectar el proceso de atención, aún a concentraciones menores a 10 ug/dL .⁹

Con base en los estudios descritos anteriormente^{3,4}, se tomaron medidas de remediación, algunas de ellas fueron la pavimentación de las principales calles del sector Morales-Pirules y la reforestación de una amplia zona al norte de la fundición de cobre. Asimismo en las zonas deportivas se intercambi6 el suelo contaminado por tierra limpia y hoy en d6a la fundici6n opera en un 50% de su capacidad.¹ No obstante, las concentraciones promedio de PbS y de AsO indican que las acciones de remediaci6n no han sido suficientemente efectivas para disminuir la exposici6n y el riesgo en salud para los ni6os que habitan en esta zona.

Por otro lado es relevante indicar que al realizarse una Evaluaci6n de Riesgo en Salud, se encontr6 que la principal ruta de exposici6n en esta 6rea es el suelo, el cual contribuye con un 86% a la dosis de exposici6n diaria.²

2.2 Plomo

S6mbolo: Pb.

N6mero at6mico: 82.

Peso at6mico: 207.2

Color: gris.

Es uno de los metales m6s ampliamente distribuidos en la tierra ya sea de forma natural, o como consecuencia de su uso industrial. Es inodoro e ins6pido, no se disuelve en agua pero puede combinarse con otros qu6micos para formar lo que se conoce como compuestos de Pb o sales de Pb. Este metal se emplea en la producci6n de bater6as y en algunos productos con lat6n y bronce. Anteriormente se utilizaba en las bases para pinturas y para aumentar el octanaje de las gasolinas. En M6xico se sigue utilizando en el vidriado para recubrir utensilios de cer6mica para cocinar, almacenar y servir alimentos.¹⁰ Por lo tanto, el ser humano se encuentra expuesto al Pb a trav6s de m6ltiples rutas tales como aire, suelo, agua, polvo de las casas y alimentos contaminados.^{11, 12}

a) Toxicocinética

El Pb puede contaminar aire, alimentos y suelo. Ingresa al organismo a través de la vía respiratoria y/o gastrointestinal. La absorción del Pb a través del tracto respiratorio depende, entre otros factores, del tamaño de partícula y de la biodisponibilidad del compuesto. Por el tracto respiratorio las partículas se absorben en un 90% en los alvéolos. La absorción por vía oral depende del tamaño y la solubilidad de las partículas, en el tracto gastrointestinal la absorción del Pb en adultos es del 10% al 15% y en niños es del 42% al 50%. En niños el Pb se absorbe a través de la vía gastrointestinal 1.6 a 2.7 veces más que en los adultos. Es posible que esta diferencia se deba a que los niños tienen un alto requerimiento de calcio y el Pb mimetiza a este elemento.¹³

Una vez que el Pb llega al torrente sanguíneo, el 96% se une a los eritrocitos; de éste el 50% se une a la hemoglobina, el 25% se une a proteínas y el otro 25% se encuentra libre. En niños el 73% del Pb absorbido se deposita en hueso (como los dientes) y en adultos el 94%. El resto se deposita en tejidos blandos como hígado, riñón, pulmones y puede llegar al sistema nervioso central.¹² El Pb que no se absorbe en el intestino se excreta en heces y en orina eliminándose entre un 40% y un 70% de lo absorbido por todas las vías.¹¹ En la Tabla 1 se observa el tiempo de vida media que tiene el plomo en el organismo.

TABLA 1. Distribución del Plomo en el Organismo Humano

	Vida media
Sangre	36 días
Tejidos blandos	40 días
Huesos	27 años

b) Toxicodinamia

El Pb se ha asociado con daño neuropsicológico, problemas de comportamiento e hiperactividad en niños.¹² En adultos se han observado efectos como pérdida de la memoria, problemas de atención, irritabilidad, cefalea y temblores musculares. Además, en la exposición ocupacional y/o accidental los efectos que se han observado son nefropatía crónica, hipertensión, anemia, debilidad muscular y cólicos.^{11, 12} En la Tabla 2 se muestran diferentes niveles de PbS y sus efectos en niños y en adultos.

TABLA 2. Niveles de Plomo en Sangre y su Respuesta en Niños y Adultos

Respuesta en niños	Nivel de Pb en sangre (µg/dL)	Respuesta en adultos
	150	
Muerte		
	100	Encefalopatía
Encefalopatía		
Neuropatía		Anemia
Anemia		
Cólico		Longevidad disminuida
	50	Disminución en síntesis de hemoglobina Neuropatía periférica
		Disminución en la fertilidad (hombre)
Disminución en síntesis de hemoglobina	40	Neuropatía
		Hipertensión arterial
Disminución en el metabolismo vitamina D	30	Disminución de la capacidad auditiva
Disminución en la velocidad conducción nerviosa	20	
Protoporfirina eritrocitaria		
Disminución del coeficiente intelectual (CI)	5 - 10	Hipertensión arterial (?)
Disminución de la capacidad auditiva		Abortos espontáneos (?)
Disminución de la estatura		

Tabla adaptada de ATSDR, Case studies in environmental medicine No. 1 (ATSDR, 1999).

2.3 Arsénico

Símbolo: As.

Número atómico: 34.

Peso atómico: 74.92

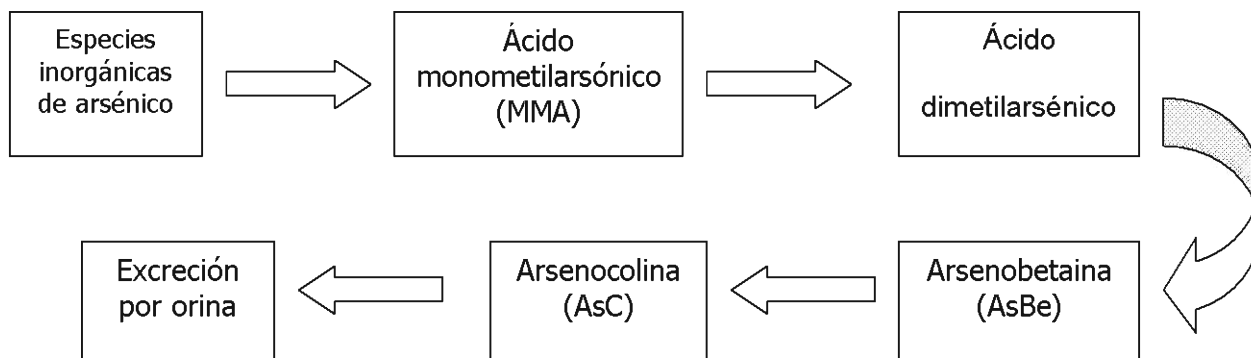
El As es considerado como un metaloide, es inodoro y no tiene sabor. Se encuentra en la naturaleza en dos formas principales como compuestos inorgánicos que son trivalentes o pentavalentes y también como compuestos orgánicos que pueden ser trivalentes o pentavalentes, y son provenientes de la biometilación de microorganismos que se encuentran en el suelo y agua.^{11, 14, 15}

El As puede contaminar agua, aire y alimentos, ya que se emplea en numerosos procesos industriales como en refinерías, galvanizadoras y también está presente en pesticidas, herbicidas y funguicidas. La industria minerometalúrgica emite compuestos de As en forma de un polvo fino como arsénico inorgánico.^{11, 15}

a) Toxicocinética

La absorción del As depende del tamaño de partícula, las partículas de 1 a 2.5 μm se absorben en los pulmones y las de un tamaño superior a éste son tragadas y absorbidas por vía oral en un 95% en el tracto gastrointestinal.¹⁵ Su distribución es principalmente en hígado, riñón, esqueleto y otros tejidos y predomina en uñas, cabello y piel.¹⁵

Una vez absorbido la biotransformación del As sigue varios caminos. Para la metilación el As(V) debe ser reducido a As(III) a través de un proceso mediado por el glutatión (GSH).^{15,16} El metabolismo del As comprende reacciones de óxido/reducción y reacciones de metilación para transformar el ácido monometilarsónico (MMA) en ácido dimetilarsénico (DMA). Algunos autores sugieren que la toxicidad del As disminuye si se incrementa la metilación¹⁵, de acuerdo con la siguiente secuencia.



En esta forma, del 45 al 85% es excretado en orina dentro de 1 a 3 días principalmente.^{14, 15}

b) Toxicodinamia

Se ha reportado que ciertas proteínas y enzimas que contienen grupos sulfhidrilo se alteran por la exposición a As, y también se afecta la respiración de los tejidos y enzimas mitocondriales.¹¹

El As causa dolor abdominal y diarrea. Un efecto por exposición crónica al mismo es la anormalidad en la piel (aparecen pequeñas manchas color oscuro en las palmas y torso) llamada hiperqueratosis. También es causa común de anemias en personas que están expuestas a envenenamiento por vía oral. En forma sistémica causa leucopenia; también puede interferir en la eritropoyesis y es neurotóxico.¹⁵ La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) ha clasificado al As como un carcinógeno humano.¹⁷ Por vía inhalatoria se ha asociado con cáncer de pulmón, mientras que por ingestión se ha asociado con cáncer de piel.¹⁵

2.4 Comunicación de Riesgos

La comunicación de riesgos proviene, como su nombre lo indica, de un proceso de comunicación, palabra proveniente del latín *comunicare* y cuyo significado es "transmitir".¹⁸

Muchos autores han dado su definición de comunicación, entre los cuales se encuentra Aristóteles quien mencionó: *"El objeto principal de la comunicación es la persuasión, es decir, el intento que hace el orador de llevar a los demás a tener su mismo punto de vista"*.¹⁹ Otro autor del cual presento su definición es André Martinet el cual dijo que *"La lengua es un instrumento de comunicación doblemente articulado, al que corresponde una organización particular de los datos de la experiencia"*.²⁰ Otra definición es la que nos ofrece Aranguren y dice que *"Comunicación es la transmisión de un mensaje mediante un emisor, una conducción y un receptor"*. Otro autor del cual tenemos su definición es De la Torre Zermeño y Hernández el cual nos dice que *"La Comunicación es el proceso en el que interactúan un emisor y un receptor para intercambiar las ideas, conocimientos, experiencias y sentimientos que se transmiten a través de un código, un mensaje y un canal adecuado"*.²¹

Todas estas definiciones nos hablan de mensajes y, que a su vez los mensajes siempre están cargados de información. Sin embargo hay que entender que la información forma parte de la comunicación y sólo aquellos mensajes que son completados por el receptor cierran el círculo de la comunicación. Entonces se puede decir que la comunicación es una relación que establecen los individuos dentro de una comunidad con el fin de lograr un entendimiento recíproco.

Existe una amplia variedad de modelos para explicar a la comunicación, entre los cuales destacan tres que son considerados clásicos, el primero de ellos es llamado funcionalismo y en el cual los elementos principales son el emisor, el mensaje y el receptor y está enfocado básicamente en estudiar la influencia o impacto que el mensaje tiene en el receptor. Dentro de este modelo se puede hacer mención a autores como Schramm, Hovland, Berelson, Wright, Berlo entre otros y cada autor a su vez tiene sus propios modelos. El segundo modelo de comunicación es el llamado estructuralismo. Los elementos de este modelo siguen siendo los mismos que en el primero (emisor,

mensaje y receptor) pero a diferencia de éste, se enfoca en el significado "real" que el o los **mensajes** tienen, o bien, la interpretación de los mismos. El tercer modelo clásico utilizado para estudiar la comunicación es denominado marxismo. Los elementos que contiene este modelo son los mismos que los dos anteriores, pero este modelo se enfoca en el **emisor**. Dicho de otro modo, en descubrir las intenciones de dominación ideológica de los dueños de los medios de producción a través de la información que es distribuida a la clase trabajadora.²²

Existen trabajos realizados en otros países, que muestran la importancia y eficacia de programas de intervención ambiental, tales como la remoción de suelo contaminado, limpieza profesional de casas, entre otros, junto con programas de educación para la salud. Algunos ejemplos referidos a procesos de descontaminación son los trabajos realizados en Canadá (Québec, Toronto y Trail), en los cuales las poblaciones estaban expuestas a Pb por fundidoras o recicladoras de baterías por varios años. A través de campañas educativas e información a padres de familia, información directa a los niños a través de títeres, la utilización de medios como radio y prensa, se pudo disminuir la exposición a este metal. En todos los casos hubo disminución de las concentraciones promedio de PbS.^{23, 24, 25}

Otro país en el que también se han aplicado este tipo de programas ha sido Estados Unidos (Milwaukee y New Jersey City), en donde el Departamento de Salud de cada entidad implementó campañas educativas, visitas domiciliarias, actividades de limpieza y remoción del suelo, remarcando la importancia de la higiene personal y del estado nutricional de los niños, todo esto con el fin de reducir los niveles de PbS en niños expuestos. Como resultado de esto se logró que los niveles de PbS promedio en los niños del programa disminuyeran hasta un 15%.^{26, 27}

Por otro lado es importante señalar, que existe un estudio realizado en Estados Unidos, en el cual se realizó una estimación de morbilidad, mortalidad y los costos por

intoxicación con Pb y otras enfermedades. En este trabajo se estimó que el costo por año ocasionado por la intoxicación infantil por Pb es de \$43,400 millones de dólares por un estimado total de 3,830,000 niños menores de 5 años.²⁸ Este trabajo nos da una idea de lo caro que resulta para un país el atender a los niños una vez que ya tienen los daños ocasionados por el Pb, y nos sugiere pensar que es mucho menos costoso y más eficiente el prevenir estos daños en los niños a través de un programa de intervención.

Los trabajos citados anteriormente, nos dieron la pauta para buscar distintas estrategias para lograr la disminución de riesgos por exposición a metales en el caso que nos ocupa, dado que una estrategia que ha ofrecido resultados positivos ha sido la **Comunicación de Riesgos (CR)**.

La CR es un tema relativamente nuevo de mediados de los años 80 y ha sido reconocida como un componente necesario en el manejo de riesgos y toma de decisiones en comunidades expuestas a residuos tóxicos, plantas nucleares y materiales peligrosos.²¹

La CR como proceso de concientización plural y colectivo, se sitúa en la actualidad como uno de los medios principales a través del cual se trata de persuadir, informar y formar a la población, objeto del mismo, sobre todos aquellos factores y amenazas que ponen en peligro la salud; sean éstos riesgos consecuencia de distintas situaciones como: ambientales, geográficas, sociales y/o educativas. Lo anterior nos permite suponer que los programas de intervención que no se acompañan de un trabajo formativo sobre los riesgos, dejan una gran parte de sus propósitos sin cumplir.²⁹

Según el *National Research Council* (1989), "*La CR es un proceso interactivo de intercambio de información y de opiniones entre individuos, grupos e instituciones. Es un diálogo en el cual se discuten múltiples mensajes que expresan preocupaciones, opiniones o reacciones a los propios mensajes o arreglos legales e institucionales de manejo de riesgos*".²¹

Para llegar a la definición anterior de la comunicación de riesgos se ha pasado por cuatro etapas de evolución, la primera fue ignorar al público, la segunda explicar mejor la información sobre el riesgo, la tercera dialogar con la comunidad y la cuarta incluir al público como un agente colaborador.³⁰

La CR ha tenido grandes beneficios a lo largo del tiempo, uno de ellos es que tiene el propósito de impactar a la audiencia por medio del intercambio mutuo de información y la toma de decisiones. Otro beneficio es que incluye un proceso de educación pública que puede ser menos costosa que algunos programas de remediación.

De los modelos de comunicación de riesgos existentes, el más recomendado desde la perspectiva de las más novedosas corrientes pedagógicas, como es el caso del constructivismo, es el "Modelo Democrático". Este modelo fue diseñado por Cvetkovich en 1989.²⁵ Por una parte este modelo propone la colaboración e intercambio de información con el propósito de rescatar, a través de un proceso constructivo de conocimiento, una serie de elementos significativos (mensajes) para la población, que implique modelos de actuación referidos al cuidado de la salud. *"Estos mensajes no se refieren solamente a la naturaleza del riesgo sino también a las preocupaciones, opiniones o reacciones de las personas hacia el riesgo y hacia los aspectos legales/administrativos del manejo del riesgo"*.³¹ Este modelo indica que la comunicación de riesgos debe ser un intercambio de información mutua en la cual participen ambas partes con la finalidad de tomar decisiones y no sólo el persuadir a la audiencia.³¹ El Modelo Democrático fue el que se utilizó en el presente trabajo.

Por otro lado, el modelo clásico que describe Bennett propone que la comunicación de riesgos sea unidireccional basándose en el poder de la autoridad, es decir, que la persona que transmite el mensaje lo haga de forma tal que cualquier comentario fuera de su mensaje, como sugerencia o señalamiento sea observado como proveniente de la ignorancia.³¹

Existen siete reglas para la práctica de la CR según la ATSDR ^{32,33} (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997) y son:

1. Aceptar e incorporar al público como un agente colaborador.
2. Planear cuidadosamente y evaluar los esfuerzos.
3. Escuchar las preocupaciones del público.
4. Ser honestos y flexibles.
5. Coordinar y colaborar con otras agencias y/o grupos de credibilidad.
6. Conocer las necesidades de los medios.
7. Hablar con claridad y empatía.

También esta agencia ha clasificado la comunicación de riesgos en cuatro tipos, que son: ³²

- **TIPO 1: Información y Educación:**

Informa y educa a la gente acerca de los riesgos y la evaluación de los riesgos en general.

- **TIPO 2: Cambios de Comportamiento y Acción Protectora:**

Fomenta en las personas comportamientos para disminuir los riesgos.

- **TIPO 3: Alarmas de Desastres e Información de Emergencia:**

Provee dirección y guías de comportamiento en desastres y emergencias.

- **TIPO 4: Unión de la Solución del Problema con la determinación del Conflicto:**

Incluye al público en la toma de decisiones sobre el manejo del riesgo y en la solución de controversias de salud, de seguridad y ambientales.

Por otro lado, al momento de realizar un plan de CR se deben tomar en cuenta, desde la perspectiva de la comunicación, como mínimo los siguientes elementos: ²³

1. **La fuente:** Es la o las personas que van a transmitir el mensaje o la información, es decir, un comunicador del riesgo es aquella persona en la cual la audiencia va a confiar, por lo tanto debe ser una persona capaz, con credibilidad y que tenga alta aceptación de la población.
2. **La audiencia:** Es el grupo social al que está dirigido el mensaje.
3. **El mensaje:** Es aquello que se desea informar. Para poder transmitirlo hay que conocer a la población, qué es lo que quiere conocer y qué es lo que se quiere transmitir.
4. **Los medios de comunicación:** Son los mecanismos a través de los cuales llega el mensaje a la población, es por ello importante decidir el tipo de medio que participará en el plan de comunicación de riesgos.

Los elementos anteriores deberán enriquecerse con diferentes análisis de los escenarios socioculturales en que se desarrollan las acciones, enfatizar en el uso de medios o canales de comunicación apropiados para el tipo de audiencia. Asimismo las actividades y/o mensajes deberán diseñarse procurando que sean considerados de alta relevancia social y cultural para la misma audiencia, con el objeto de que la información recibida no solamente estimule procedimientos de memoria o de retención de información descontextualizada, sino por el contrario permita generar cambios conceptuales en los sujetos que permitan ser la base fundamental de sus hábitos o conductas referidas a la contaminación.³⁴

Una vez realizado y aplicado un plan de CR, éste debe ser evaluado. La finalidad de evaluar un plan de CR es el conocer cuál fue el impacto que realmente tuvo. Una forma de saberlo es a través del reconocimiento de cambios conceptuales que sean la base fundamental que puedan originar la modificación de la conducta; ya que desde esta perspectiva el aprendizaje es un proceso de transformación más que de acumulación de conocimiento. Los sujetos son sometidos a un proceso activo dentro de un proceso

dialéctico mediante el cual se transforman los pensamientos y las creencias de los mismos.³⁵

Esta concepción de aprendizaje se identifica con el modelo pedagógico mencionado anteriormente llamado constructivismo del cual sus principales exponentes son Piaget, Ausubel y Vigotsky³⁴; corriente que afirma que el conocimiento proviene de las interacciones de los individuos y su entorno, las construcciones no son puras elaboraciones de la mente sino también de la interacción con el medio.

Por último, cabe resaltar que el proceso del aprendizaje es complejo y en el que pueden intervenir padres, maestros y compañeros³⁶, por lo que, si lo que se pretende es un cambio de conductas que tengan que ver con los factores de riesgo de la salud, se deberá utilizar diferentes procedimientos con diferentes actores y actividades. De preferencia se deberán incluir procesos deductivos que puedan ser relacionados con el entorno o contexto inmediato de los sujetos de referencia y que además procuren los diferentes cambios conceptuales que posibiliten algunos síntomas del éxito de la Comunicación de Riesgos.³⁴

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, ha realizado un escrito, en el cual se indican las posibles formas de evaluación que se pueden utilizar en un plan de Comunicación de Riesgos, entre las cuales se mencionan la Evaluación Formativa, para evaluar las fortalezas y debilidades de los materiales o de las estrategias de campaña antes de su implementación.

La segunda forma de evaluación es la Evaluación de Proceso, en ella se examina los procedimientos y las tareas relacionadas con la implementación de una actividad. Y la tercer forma de evaluación es la de Resultado es usada para recopilar y presentar la información necesaria para poder pasar juicio acerca del esfuerzo y de su efectividad en lograr los objetivos.³⁷

Una evaluación de los resultados puede proveer la siguiente información acerca del programa.³⁷

- a) Cambios en conocimientos y aptitudes.
- b) Intenciones expresadas por la audiencia de interés.
- c) Cambios en conducta.

Existe también la evaluación del impacto. Esta evaluación explica los resultados a largo plazo del programa. Se diseña para identificar si y hasta qué punto un programa contribuyó a lograr sus metas declaradas. En un "mundo real", en el ambiente existen muchos factores que influyen en las conductas de salud de un niño, incluso el apoyo, aprobación, autoestima y otras características de éste, publicidad y otros de medios de comunicación en masa. Normalmente es sumamente difícil separar el impacto de un programa de comunicación de riesgos para la salud; los efectos de otras variables también pudieran estar confundiendo la conducta de un niño.

Así, los resultados de una evaluación de impacto no pueden estar directamente relacionados a los efectos de una actividad. Las evaluaciones de impacto son raramente posibles porque son frecuentemente costosas, además involucran el compromiso a largo plazo y pueden depender en otras estrategias además de la comunicación. Información obtenida de un estudio de impacto puede incluir a lo siguiente:³⁷

- Cambios en la morbilidad y mortalidad.
- Mantenimiento a largo plazo de conducta deseada.

3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a lo descrito en el capítulo de antecedentes, existe un panorama de contaminación en la zona de Morales-Pirules. Esta contaminación pone en riesgo a la población en general, pero principalmente a los niños. Como se señaló anteriormente, la principal fuente de exposición para la población infantil es el suelo y polvo doméstico.

A pesar de que se han tomado medidas de remediación y de intervención, éstas no han sido suficientes, ya que los monitoreos biológicos que se han realizado de forma continua, muestran que la media de los niveles de PbS y de AsO en la población infantil, sigue por arriba de los límites de intervención.

Lo anterior hizo necesaria la implementación de un Programa de Comunicación de Riesgos como una medida de intervención diferente, con la cual se informara a la población infantil de la zona acerca de la contaminación del lugar donde viven, de los tóxicos contaminantes y de la forma en que se exponen a dichos contaminantes. El objetivo de esta medida de intervención fue el de lograr un cambio de conducta en los niños, que llevara consigo la disminución de la exposición infantil al Pb y As.

Finalmente, consideramos que la implementación de un Programa de Comunicación de Riesgos pudiera contribuir en alguna medida con el propósito anterior además de servir como referencia para futuros trabajos de intervención e investigación.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Principal

Diseñar e instrumentar un programa, que se base en la comunicación de riesgos, como una medida de intervención para disminuir la exposición infantil a Pb y As en la zona de Morales-Pirules.

4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un PCR para sitios contaminados con Pb y As cuya fuente principal de exposición sea el suelo y el polvo doméstico.
- Determinar los niveles de PbS y AsO en niños residentes del lugar.
- Aplicar y evaluar el PCR durante un ciclo escolar, en dos planteles educativos de nivel preescolar y nivel primaria localizados en la zona contaminada de Morales-Pirules.
- Contribuir a mejorar los patrones de actuación preventivos hacia la exposición de la población objeto del estudio.

5. DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE RIESGOS

Tomando en cuenta los modelos de comunicación anteriormente expuestos y para los fines que esta investigación persigue, el modelo del funcionalismo y un poco el del estructuralismo fueron las bases de esta investigación. Las aportaciones del modelo funcionalista tienen que ver con la medición del cambio conductual de los participantes a partir de la información y las técnicas de retención que se aplicaron con los niños. En el caso del estructuralismo, se hace evidente su aplicación en la interpretación de los dibujos que los niños generaron.

En cuanto a los diferentes tipos de CR expuestos en los antecedentes, se puede decir que el presente trabajo se encuentra dentro del tipo 2 y del tipo 4. Por lo tanto, el PCR del presente trabajo se diseñó de la siguiente manera:

1. LA FUENTE.

Las personas que se encargaron de transmitir la información, forman parte de la Unidad Pediátrica Ambiental: Consorcio Académico Niño Ambiente y Salud (CANICAS) que pertenece a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. De esta forma se identificaron con directores, maestros, padres de familia y niños de las escuelas en las cuales se trabajó. El contar con la participación de miembros de CANICAS, garantizó la participación de expertos en el ámbito de la contaminación ambiental y evaluación de riesgos en salud.

2. LA POBLACIÓN.

Población infantil que participó en el PCR:

Se realizó un estudio de cohorte a 100 niños de tercero de preescolar de la escuela "Miguel de Cervantes Saavedra" y a 70 niños de primero de primaria de la escuela "Rosario Castellanos", las dos pertenecientes a la colonia de Morales y registradas en la zona de mayor y mediano riesgo respectivamente, durante el ciclo escolar 2003 – 2004.

Población infantil control la cual no participó en el PCR:

Para dos de los análisis comparativos de este trabajo se contó la participación de 30 niños de similar edad residentes de Morales y pertenecientes a la escuela primaria "Dr. José María Luis Mora" ubicada en la zona de estudio, a ellos se les realizó el cuestionario y los dibujos.

Padres de familia:

Dentro de este estudio también se involucró a padres de familia, ya que son los que transmiten a los hijos los patrones de conducta en el hogar, además de ser los que conviven la mayor parte del día con la población de estudio.

3. EL MENSAJE.

Con base en estudios previos², en los cuales se encontró que el suelo puede contribuir con el 86% de la dosis a la cual estaba expuesta la población infantil, el mensaje principal para esta población fue el de evitar la ingesta de suelo contaminado y procurar algunas conductas preventivas durante su manipulación. Además el PCR incluyó otras vías de exposición a Pb y As, y formas de disminuir los daños que puedan ocasionar estos elementos, por lo que se manejaron otros mensajes relacionados con estos propósitos tales como "no comer frijoles cocinados con olla de barro", "no chupar lápices", "lavarse las manos", "tomar leche" y "comer queso y yogurt".

De forma paralela se trabajó con los padres de familia con los que se abordaron una serie de mensajes también referidos al ámbito preventivo y correctivo de la exposición a la contaminación algunos de estos mensajes con los cuales se trabajó fueron "limpiar el polvo dentro de la vivienda", "dejar de cocinar con olla de barro", "ofrecer productos lácteos a la familia" y "estar pendiente de las actividades recreativas del niño".

4. MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

Se utilizaron diversas formas de transmitir el mensaje a la población infantil, así los niños tuvieron oportunidad de recibir la información, despertar su interés e interactuar para que se lograra el cambio conductual. Estos medios trataron de ser lo más activos posibles, de tal manera que se lograra la participación y colaboración de los participantes. Además se procuró que entraran en juego todos los sentidos de los participantes y se hizo notar la referencia a su contexto sociocultural con el propósito de que los medios que se utilizaron no discreparan en términos lingüísticos o culturales. Por otro lado se trató de utilizar modelos deductivos (obras de teatro, teatro guiñol, experimentos didácticos y videos educativos) que permitieran que los participantes del PCR integraran significativamente el conocimiento al cuestionamiento de sus conductas y creencias en torno a la contaminación.

5.1 ACTIVIDADES DEL PROGRAMA

A continuación se muestran las actividades del programa y en la Tabla 3 se muestra el calendario de actividades.

A) Nombre de la actividad: Obras de Teatro.

- 1) "La Contaminación ¡Uy que miedo!".
- 2) "Los Siete Viajes"

Objetivo:

Mostrar a la población infantil los conceptos de contaminación ambiental, exposición a contaminantes ambientales y riesgos para la salud.

Material:

- Escenario
- Presentación con diapositivas de Power Point

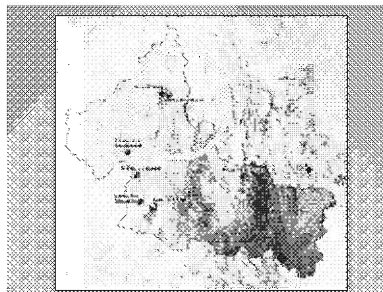
- Cañón de proyección
- Disfraces (Héroe Contraveneno, Bruja Contaminex, Miss Plaguicida, Plastiman, Fluorito, animales y niños).

Descripción del tema:

Las obras *"La Contaminación, ¡Uy qué miedo!"* y *"Los Siete Viajes"* fueron creadas en el Laboratorio de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la U.A.S.L.P. En ellas se les informa a los niños en dónde se localiza la contaminación y cómo pueden evitarla, estas obras se apoyan con presentaciones de power point. Los personajes participantes en *"La Contaminación, ¡uy qué miedo!"* son el héroe "Contraveneno", la bruja "Contaminex" y los amigos de Contaminex que son: "Plastiman", "Miss Plaguicida" y "Fluorito". En la obra de teatro *"Los Siete Viajes"*, el público infantil interactuó con los personajes, ya que se hicieron concursos de preguntas y respuestas para ganar premios. En esta obra los únicos personajes que participaron fueron "Contraveneno" y "Contaminex". A continuación se anexan algunas partes del guión (Cuadro 1) y algunas imágenes de la presentación de power point en la que se apoya esta obra. El guión completo de las dos obras de teatro (Anexos A1 y A2), la presentación completa de cada una (Anexos A3 y A4) y un pequeño fragmento de video (Anexos A5 y A6) se encuentran en el disco que se anexa con la presente tesis.

Cuadro 1. Ejemplo del guión y diapositivas de la obra "Los Siete Viajes".

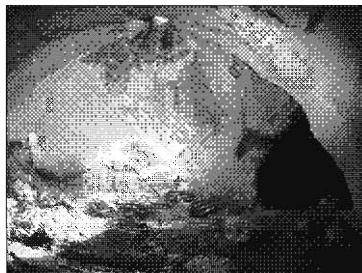
Todo comenzó un día que los niños hicieron un viaje a la zona minera. Las minas en forma de túneles y cuevas se localizaban al norte de San Luis Potosí. Escondidas estaban entre grandes montañas.



Lo que no sabían los niños es que en esa zona minera se encontraba la cueva de los espejos.



En aquél viaje, una niña María, encontró una cueva y tan bonita era aquella que María le habló a sus amigos y se metieron a explorar.



B) Nombre de la actividad: Teatro Guiñol.

1) "Contaminex y el Señor Plomo"

Objetivo:

Mostrar a los niños las diversas formas en que pueden exponerse al plomo y los efectos que puede ocasionar en su salud. Además se les explica cómo protegerse del Pb.

Material Utilizado:

Salón o patio.

Sillas para los niños.

Teatro de madera para títeres.

Títeres (Bruja Contaminex, varios animalitos)

Paisaje de fondo.

Música.

Equipo de sonido con micrófonos inalámbricos.

Tabla 3. Calendario de las Actividades Realizadas

Fecha	Actividad	Población /(n)	Lugar	Duración (minutos)
27/08/2003 28/08/2003	Presentación del PCR y autorización de los niños para participar en el mismo	Padres de familia (120 padres y madres)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	45' en cada escuela
04/09/2003 05/09/2003	Primer muestreo biológico	Perteneiente al PCR y no perteneiente al PCR (53 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	10' cada niño 5' cada niño
04/09/2003 05/09/2003	Cuestionario de padres de familia	Padres y madres de familia (54 padres y madres)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	Variable en cada caso
18/09/2003	Obra de teatro "La Contaminación ¡Uy! Qué miedo"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Auditorio de la Facultad de Medicina, U A S L P	60'
15/10/2003 16/10/2003	Rotación de grupos de niños en 4 mesas de experimentos didácticos	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	15' cada experimento
11/11/2003 12/11/2003	Presentación de video "Guerra a las toxinas"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	60' en cada escuela
4/12/2003 5/12/2003	Plática en formato pps "Juanito y el Plomo"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	40' en cada escuela
21/01/2004 22/01/2004	Juego de preguntas "Recorrido"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	70' cada grupo 70' cada grupo
29/01/2004 30/01/2004	Plática y entrega de resultados	Padres de familia que asistieron al monitoreo biológico (51 padres y madres)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	60' en cada escuela
10/02/2004 11/02/2004	Motivación para el segundo muestreo "Desayuno en McDonalds"	Perteneiente al PCR y no perteneiente al PCR (53 niños)	Restaurante McDonalds, Av Salvador Nava a un costado de COSTCO	120'
12/02/2004 13/02/2004	Segundo muestreo biológico	Perteneiente y no perteneiente al PCR (68 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	10' cada niño 5' cada niño
18/03/2004 19/03/2004	Video y plática "El Cerebro"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	90' en cada escuela
30/03/2004 31/03/2004	Taller para padres de familia y entrega de resultados del segundo monitoreo biológico	Padres de familia de los grupos perteneientes al PCR (110 padres y madres)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	60' en cada escuela
12/05/2004 13/05/2004	Rotación de grupos de niños en 4 mesas de experimentos didácticos	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	15' cada experimento
01/06/2004 02/06/2004	Obra de teatro "Los Siete Viajes"	Perteneiente al PCR (170 niños)	Auditorio de la Facultad de Medicina, U A S L P	60'
15/06/2004 21/06/2004	Motivación para el tercer muestreo "Rifa de juguetes"	Perteneiente y no perteneiente al PCR (68 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	30' en cada escuela
14/06/2004 20/06/2004	Evaluación a través de dibujos	Perteneiente al PCR (170 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	60'
22/06/2004 23/06/2004	Tercer muestreo biológico	Perteneiente y no perteneiente al PCR (51 niños)	Jardín de niños "Miguel de Cervantes Saavedra" Esc Pnm "Rosario Castellanos"	10' cada niño 5' cada niño

Descripción:

En esta obra de teatro guiñol llamada "Contaminex y el señor Plomo", a través de los títeres, se les dan los mensajes clave a los niños. Lo importante es que los niños participan e interactúan con los títeres, expresando sus dudas e inquietudes. A continuación se presentan algunas partes del guión de la obra (Cuadro 2). El guión completo (Anexo B1) así como un video (Anexo B2) de un fragmento de la obra se incluyen en el disco que se anexa a esta tesis.

C) Nombre de la Actividad: Experimentos Didácticos.

Objetivo:

Lograr que los niños conozcan qué es la contaminación ambiental y dónde se pueden encontrar algunos contaminantes, principalmente el Pb y As, entre otros.

Descripción:

Durante el período escolar se organizaron dos sesiones de experimentos en los salones de los niños. En una sesión se realizaron 4 experimentos y en otra sesión otros 4 experimentos. Para realizar esta actividad, se organizó a los niños en equipos de aproximadamente 10 integrantes, cada equipo realizó cada uno de los experimentos. A continuación en el Cuadro 3 se presenta uno de los experimentos. En el disco que se anexa con la presente tesis se encuentra el "Manual de Experimentos Didácticos" (Anexo C1) que se elaboró para el PCR y pequeños fragmentos de video (Anexos C2 y C3). Es importante señalar que todos los experimentos deben hacerse bajo la supervisión de un adulto.

D) Nombre de la actividad: Videos Educativos.

Objetivo:

Mostrar a los niños el daño que pueden ocasionar los contaminantes ambientales como el Pb y el As sobre su cuerpo, principalmente sobre su cerebro.

Descripción:

Se adquirió la colección de videos educativos de la serie "*Érase una vez el Cuerpo Humano*", Editorial Planeta-Agostini.³⁸ En estos videos se les explica a los niños la importancia y el funcionamiento de cada uno de los órganos del cuerpo humano. Los videos que se utilizaron de esta colección fueron los llamados "*Guerra a las toxinas*" y "*El Cerebro*", y se seleccionaron porque se relacionan directamente con el problema de contaminación y los efectos en la salud del Pb y del As. En el CD anexo se muestra la portada de uno de los libros de esta serie (Anexo D1).

E) Nombre de la actividad: Pláticas Informativas

- 1) "Juanito y el Plomo".
- 2) "El Cerebro es el Jefe".

Objetivo:

Comunicar a los niños dónde pueden encontrar el plomo y cómo puede éste entrar a su cuerpo. Además explicar la importancia del cerebro y cómo lo afectan el Pb y el As.

Descripción:

Se impartió a los niños, en forma de cuento una plática que se denominó "*Juanito y el Plomo*". Esta plática fue adaptada de la historia llamada "Bradley and the Bad Pb" con el permiso de Hooker Oak School KMAC Kids de Chico, California.³⁹ Además, se les impartió una plática llamada "El Cerebro es el Jefe", en la cual se les explicó el funcionamiento del cerebro, su importancia para el cuerpo humano y los efectos que pueden tener el Pb y el As sobre él. Ambas pláticas se impartieron con el apoyo de una presentación en *power point*, las cuales se encuentran en el disco que se anexa con la presente tesis (Anexos E1 y E2).

A continuación en el Cuadro 4 se presentan algunas imágenes utilizadas en el cuento de "Juanito y el Plomo".

Cuadro 2. Fragmento de la obra de teatro guiñol "Contaminex y el Señor Plomo"

"Contaminex y el Señor Plomo"

NARRADOR: *Hace mucho tiempo una bruja llamada Contaminex llegó a San Luis Potosí, tenía una sola tarea, contaminar. Y no le gustaba nada más, que seguir contaminando al terminar de contaminar. Contaminex tenía muchos amigos, los plaguicidas, el flúor, los humos de las industrias, el tabaco, pero su mejor cuate era el plomo.*

El señor plomo es un monstruo gordo de cara gris que es capaz de estar en el aire, en el suelo, en el agua y es más, a través del polvo se mete hasta en los juguetes que guardas en tu cuarto. Pero también está en la pintura de los lápices (sí, de ese lápiz amarillo que chupas en la escuela). Y..... ¿Sabes por qué Contaminex adora al plomo?... Pues bien, lo adora porque el plomo nada tonto también se mete a la comida y sobre todo, en la que más nos gusta a los mexicanos, se mete en los frijoles. ¿Cómo le hace?, pues muy sencillo, se esconde en el barro vidriado, ese de las cazuelas color café que utiliza tu mamá para hacer de comer. Se esconde en el barro y ¡Za!, cuando llegan los frijoles se zafa del barro y entra a ellos, así cuando tu te los comes, también te comes al plomo y ni cuenta te das.

El señor plomo es un veneno lento, que no tiene sabor y no tiene olor, pero poco a poco llega a tu cerebro y ahí hace que las células de tu cerebro, las famosísimas neuronas, funcionen de mal en peor. Hace mucho tiempo Contaminex contaminó con la ayuda del plomo el suelo de toda una colonia. Parques y escuelas, cuadras y cuadras.

CONTAMINEX: *Ja Ja Ja, reía la bruja, ahora si los tengo en mi poder, ahora si van a saber lo que es quedarse tontos. Plomo en los frijoles y plomo en el suelo ahora sí, los niños de San Luis Potosí no tienen salvación, miles de niños tontos en la escuela.*

Pero Contaminex no se fijó que una víbora, la vaca Doña Chole, se había dado cuenta de lo que tramaba.

VACA DOÑA CHOLE: *Tengo que avisarle a los del club CANICAS lo que trama Contaminex, ellos aman tanto a la naturaleza como yo; ¡Ah, hoy es domingo! justo hoy ellos vienen al parque a recoger basura, tengo que encontrarlos...*

NARRADOR: *Doña Chole los buscó y los buscó pero... no los encontró. Mientras tanto un osito, el pollito Cleofas, que había llegado a jugar a los árboles, comenzó a jugar con la tierra y ¿Qué creen?, pues sí, comenzó a comerse la tierra.*

POLLO CLEOFAS: *¿A ustedes les gusta la tierra, tanto como a mí?*

F) Nombre de la actividad: Juegos y concursos.

Objetivo:

Reforzar en los niños los conceptos sobre riesgos a la salud ocasionados por el Pb y el

As y sobre las formas en que pueden disminuir su exposición a dichos contaminantes.

Otro objetivo de esta actividad fue el de evaluar los conocimientos logrados por los niños.

Cuadro 3. Ejemplo del manual de experimentos.

1) Determinación del Plomo en Tierra Contaminada:

Nota: Este experimento debe ser realizado por un adulto, los niños sólo deben observar.

a) Introducción:

El plomo (Pb) es un metal que puede encontrarse en diferentes sitios, tales como pinturas, algunos juguetes, cierto tipo de cosméticos, barro vidriado y en la tierra contaminada con este metal. El Pb es tóxico y si es ingerido puede causar daño a la salud, principalmente daño neurológico.

b) Objetivo:

Que el niño pueda percibir la presencia de plomo en tierra contaminada, para que comprenda el riesgo que corre si come tierra o juega con ella y no se lava las manos después.

c) Material:

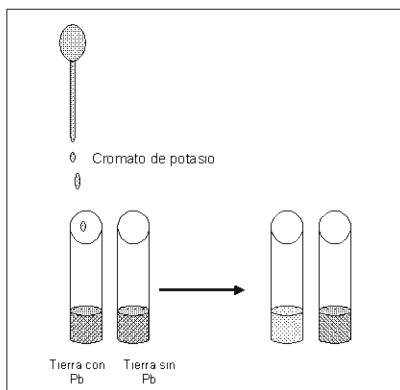
- Muestra de tierra contaminada con plomo o bien, tierra contaminada con acetato de plomo (19.5 gr de acetato de plomo en 100 ml de agua destilada).
- Tierra no contaminada.
- Tubos de ensayo.
- Solución de cromato de potasio (19.4 gr de cromato de potasio en 100 ml de agua destilada).
- Gradilla para tubos de ensayo.
- Gotero.
- Ácido acético concentrado.

d) Procedimiento:

- 1) Colocar la tierra contaminada con plomo en un tubo de ensayo y en otro tubo colocar tierra no contaminada. Marcar cada tubo como corresponda.
- 2) Añadir aproximadamente 2 ml de agua limpia a cada tubo.
- 3) Añadir 2 a 3 gotas de ácido acético concentrado a cada tubo.
- 4) Posteriormente añadir 2 a 3 gotas de cromato de potasio a cada tubo. Agitar con precaución cada uno de los tubos.

e) Resultados:

- La formación de un precipitado amarillo en los tubos indica la presencia de cromato de plomo ($PbCrO_4$), cuando en la tierra existe plomo que no se encuentre fuertemente enlazado.
- La formación de este precipitado únicamente debe observarse en el tubo que contenga la tierra contaminada.



f) Conclusiones:

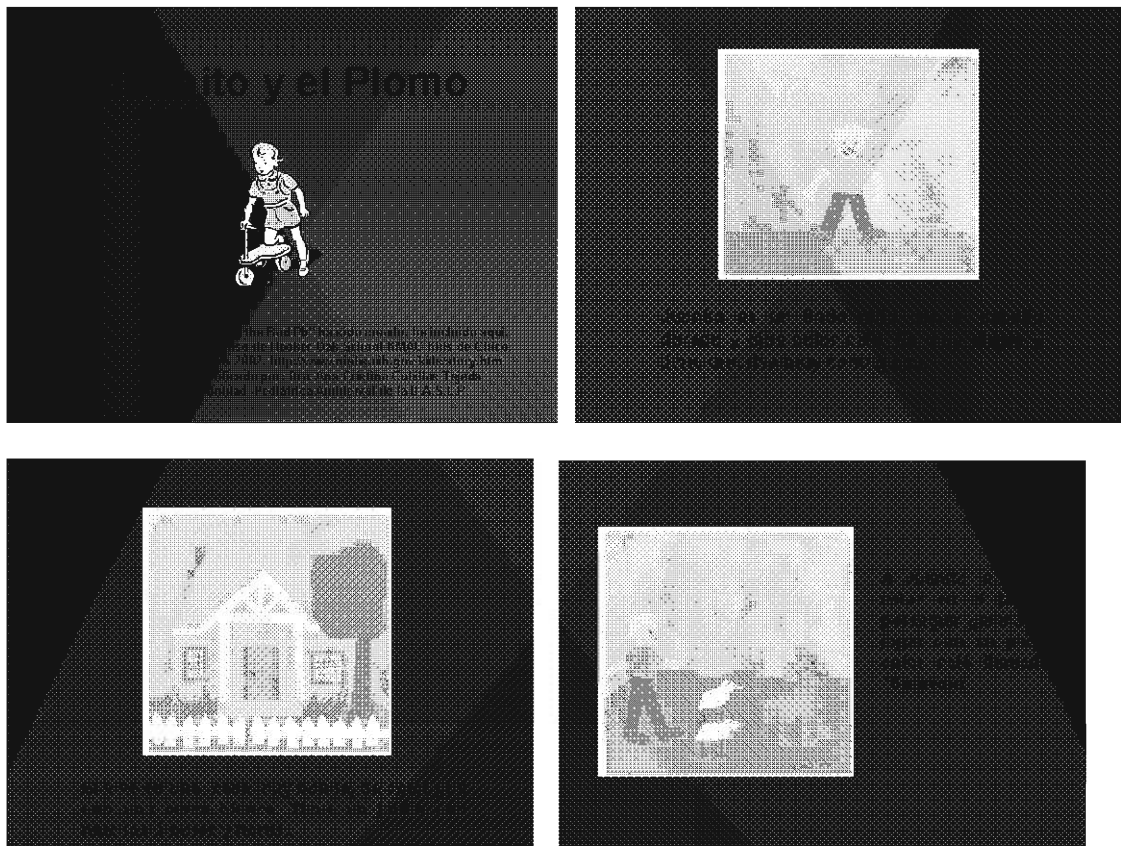
El Pb puede estar presente en tierra contaminada en la cual muchas veces suelen jugar los niños, por lo que es indispensable que los niños **no coman tierra y se laven las manos después de jugar con ella.**

Descripción:

Se realizó un juego al que llamamos "Recorrido" de la siguiente manera, se organizó a los niños por equipos, a cada equipo se le asignó un color. Cada equipo tuvo que visitar 7

pistas distribuidas por el patio de su escuela, en las cuales además de contestar preguntas realizaron una actividad que tenía el mensaje del programa de comunicación de riesgos. Al llegar a una pista cada niño tuvo que contestar una pregunta diferente relacionada con el PCR. Si todas las preguntas fueron contestadas correctamente, el equipo pudo realizar la actividad de esa pista; si algunas preguntas no fueron contestadas correctamente, cualquiera de los niños tuvo la oportunidad de volver a contestar. Al final de la actividad, a cada niño se le hizo una evaluación de por lo menos 7 preguntas. Las preguntas fueron las que muestra el Cuadro 5.

Cuadro 4. Diapositivas de la plática "Juanito y el Plomo".



Además, las actividades que sirvieron de refuerzo de la información fueron realizar rompecabezas con imágenes alusivas al PCR. Otra actividad fue la de relacionar figuras; en esta actividad se les otorgó a los niños una hoja con figuras también referentes al PCR

para que las relacionaran, la relación tenía que ser lo que no se debe hacer y lo que sí se debe hacer. Se muestra la hoja en el CD anexo y un pequeño video (Anexos F1 y F2).

Otra actividad de refuerzo fue el colocar dos figuras humanas en la pared, una limpia y otra sucia, a los niños se les proporcionó una serie de imágenes para que ellos las relacionaran con la figura correcta; por ejemplo en la figura limpia se relacionaba una imagen de un niño lavándose las manos.

G) Nombre de la actividad: Pláticas para los Padres de Familia.

Objetivos:

- a) Informar a los padres de familia sobre los problemas de contaminación con Pb y As en la zona de Morales-Pirules.
- b) Explicar la forma en que se exponen a los contaminantes y cómo pueden disminuir su exposición y principalmente la de los niños.
- c) Explicar los efectos en la salud de los contaminantes y cómo poder disminuir estos efectos en salud.
- e) Informar cómo realizar una limpieza adecuada de sus hogares para eliminar el polvo.
- d) Informar sobre las actividades del PCR que se realizan con sus hijos.

Procedimiento:

Durante todo el ciclo escolar, se llevaron a cabo 4 pláticas con los padres de familia. En la primera plática se les habló sobre la contaminación de la zona de Morales-Pirules con Pb y As, y se les explicó el proyecto para solicitar su colaboración. En las otras pláticas se les entregaron los resultados de las concentraciones de PbS y de AsO en orina de sus hijos, y se les proporcionó información en cuanto a los efectos en salud del Pb y As. Además se les dieron recomendaciones en cuanto a la alimentación de sus hijos y la limpieza de sus hogares.

Se les entregó un manual llamado "***Disminución de la Exposición Infantil a Pb y As en Hogares y Escuelas de Zonas Contaminadas: Guía para Padres de Familia y***

Maestros de la Zona de Morales". En este manual se resume lo explicado en las distintas pláticas impartidas. El Manual completo se encuentra en el disco que se anexa en el presente escrito junto con la presentación en *power point* del taller (Anexos H1 y H2).

A continuación se muestra en el Cuadro 6, uno de los tópicos que aborda el manual que se les otorgó a los padres de familia.

De todas las actividades anteriormente descritas, se muestran fotografías en el CD (Anexo G1).

Cuadro 5. Preguntas realizadas de forma oral a los niños pertenecientes al PCR y no pertenecientes al PCR

- 1) ¿Puedes jugar con tierra?
- 2) ¿Qué debes hacer después de jugar con tierra?
- 3) ¿Debes limpiar tus juguetes después de jugar en la tierra?
- 4) ¿Por qué se deben limpiar las orillas de las ventanas de tu casa?
- 5) ¿Cómo se llama el héroe de la obra de teatro que vieron en la Facultad de Medicina?
- 6) ¿La tierra puede tener cosas que te hagan daño?
- 7) ¿Qué puede haber en la tierra que te haga daño?
- 8) ¿Qué son los microbios?
- 9) ¿Has escuchado hablar del veneno llamado plomo?
- 10) ¿Cómo se llama la bruja que sale en la obra de teatro y de títeres?
- 11) ¿Qué es el plomo?
- 12) ¿Dónde puede haber plomo?
- 13) ¿Cómo puede entrar el plomo a tu cuerpo?
- 14) ¿De qué color se observa el plomo en el experimento que se hizo con la tierra contaminada?
- 15) Menciona lo que dice uno de los picos de la estrella de la educación.
- 16) ¿Cómo podemos saber si entró plomo a tu cuerpo?
- 17) ¿Qué daño puede causarte el plomo?
- 18) ¿Cómo puedo protegerme del plomo?
- 19) ¿Cómo se llaman los órganos de nuestro cuerpo que sirven para respirar?
- 20) ¿Cómo se llama el gas que entra por nuestros pulmones y necesitamos para vivir?
- 21) ¿Qué agua es mejor para beber?
- 22) ¿Por qué es mejor el agua de garrafón?
- 23) ¿Si no tienes agua de garrafón de qué agua tomas?
- 24) ¿Por qué se enfermó el perrito que salió en la obra de títeres?
- 25) ¿Es bueno usar ollas de barro vidriado para cocer los frijoles?
- 26) ¿Qué alimentos te puede ayudar a crecer sano y fuerte?
- 27) ¿Se deben lavar frutas y verduras antes de que te las comas?
- 28) ¿Por qué se deben lavar antes de comer?
- 29) ¿Qué alimentos pueden tener calcio?
- 30) ¿Qué alimentos pueden tener hierro?
- 31) ¿Para qué sirven los lápices y los colores?
- 32) ¿Es bueno chupar los lápices?
- 33) ¿Por qué te puede hacer daño chupar los lápices?
- 34) ¿Qué debemos de chupar en lugar de lápices?
- 35) ¿Cómo se llama el arbujo al que pertenecemos nosotros?

Cuadro 6. Fragmento del manual entregado a los Padres de Familia.

1) ¿Qué es el Plomo?:

El plomo, de símbolo Pb, es un metal de color gris azulado que se encuentra de forma natural o en forma de mineral en la corteza terrestre. El Pb es un metal blando, maleable y dúctil, lo que lo hace estable y fácil de manejar, razón por la cual ha sido utilizado con muchos propósitos aún en nuestros hogares. El Pb se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta en forma de galena, que es sulfuro de plomo. Ocupa el lugar 36 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. En las minas el Pb se localiza en yacimientos ricos en zinc o cobre.

Es importante que los padres sepan dónde puede encontrarse el plomo y cómo controlar la exposición, principalmente de los niños pequeños.

Usos del Plomo:	Usos Modernos del Plomo:
<ul style="list-style-type: none">• Fabricación de baterías• Producción de municiones• Fabricación de soldaduras• Producción de pinturas• Vidriado de utensilios de barro	<ul style="list-style-type: none">• Protección contra radiaciones ionizantes en computadoras, televisores y equipo médico.• Soldaduras para equipos de cómputo.• Cerámicas para tecnología de ultrasonido.• Lentes de alta precisión para lasers y fibras ópticas

6. MATERIAL Y MÉTODOS

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE RIESGOS

6.1 Cambios de Conducta

a) Elaboración de Dibujos.

Una forma en la que se evaluaron los conocimientos y percepciones de los niños fue a través de la elaboración de dibujos.⁴⁰ El dibujo proporciona una manera relativamente sencilla para obtener información de y sobre los niños. El uso de esta herramienta con un propósito de evaluación es muy poderosa, ya que la mayoría de los niños disfrutaban el realizarla sin señales de tensión.³² En México son pocos los trabajos que se han realizado en el campo de las percepciones ambientales con niños y jóvenes y que han utilizado la herramienta del dibujo para estos fines^{41,42}, es por ello que con esta actividad se pretendió evaluar de un modo divertido, si los niños retuvieron la información otorgada por el PCR.

La actividad consistió en proporcionar a cada niño una hoja con una figura en el centro que representaba un humano (Figura 1), y se les indicó que a través de un dibujo contestaran lo siguiente: que de un lado dibujaran lo que al niño o niña le hiciera bien para crecer y, que del lado opuesto dibujaran lo que al niño o niña le hiciera daño para crecer. Esta actividad fue totalmente libre, a los niños se les proporcionaron lápices de colores y se les dio un tiempo de 60 minutos para realizarla.

Para analizar los dibujos se observaron todos en conjunto para así organizar las categorías a las que pertenecían y que concordaran con la información que se otorgó a través del PCR.

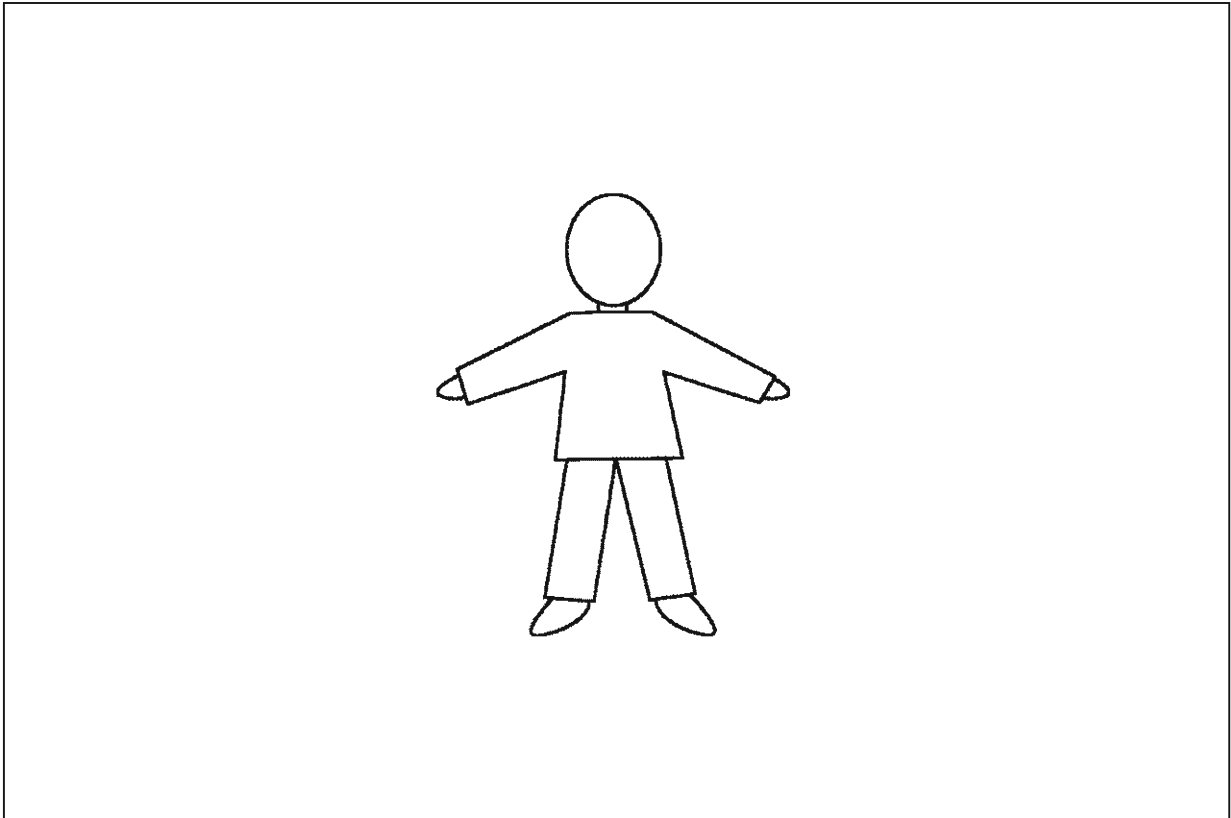


Figura 1. Hoja de evaluación a través de dibujos.

b) Cuestionario a niños.

Para evaluar las posibilidades en el cambio de conducta de los niños se llevó a cabo una serie de preguntas y respuestas. Con esta actividad se pretendió estimular, despertar y dirigir la actividad reflexiva de los alumnos, a pesar de ser una actividad competitiva entre los mismos atrae su atención y estimula su raciocinio. Se pretendía además relacionar, comparar, juzgar y apreciar críticamente las respuestas dadas por sus compañeros acompañando y discutiendo los cambios conceptuales de los mismos.⁴³

Como se explicó anteriormente, esto se realizó dentro de la actividad de juegos y concursos denominada "Recorrido". Con el fin de poder realizar una comparación, las mismas preguntas fueron aplicadas a un grupo control de niños de la escuela primaria "Rosario Castellanos", a través de una visita, llamando niño por niño para que

contestaran el cuestionario. Estos niños no participaron en el PCR, por lo que no se les había proporcionado ninguna información ni mensaje por parte de nuestro grupo.

c) Cuestionarios para los padres de familia.

Al inicio del PCR se les aplicó un cuestionario a los padres de familia para conocer las conductas de los niños en su casa, con la finalidad de compararlas con las conductas al final del programa para saber si la intervención fue exitosa, es decir, si los padres de familia observaron reflejado en sus hogares algún cambio de comportamiento en sus hijos que tuviera relación con el PCR (Véase el cuestionario en el CD Anexo I1). Este tipo de cuestionarios han sido utilizados en algunos reportes e indican un buen método de evaluación.⁴⁴

6.2 Monitoreo Biológico

Se tomaron muestras de sangre y orina a niños residentes de la zona contaminada. Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- 1) Autorización firmada por parte de los padres para realizar la toma de muestra.
- 2) Tener mínimo 2 años de residencia en la zona de Morales–Pirules.
- 3) Que los niños participaran en el PCR.

Se recolectó la muestra de sangre para la determinación de Pb y de orina para la determinación de As. Las muestras de sangre fueron obtenidas por punción venosa utilizando tubos Vacutainer libres de Pb, con EDTA como anticoagulante, fueron guardadas a 4°C hasta el momento de su análisis. Se determinó el contenido de Pb por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito utilizando un modificador de matriz (difosfato de amonio – tritón x-100 en ácido nítrico al 2%) siguiendo el método de Subramanian.⁴⁵

Se cuantificó también la concentración de AsO, esto se realizó colectando la primera orina de la mañana en frascos de polietileno lavados previamente con HNO₃ al

10% y enjuagados con agua desionizada. Al obtener la muestra se separaron 6 alícuotas en tubos de polipropileno de 5 mL, etiquetados con el nombre de cada niño, 5 de ellas fueron congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de su análisis y 1 fue enviada a la cuantificación de creatinina para el ajuste del As. Para el análisis del AsO las muestras fueron digeridas con una mezcla de ácidos nítrico-perclórico de acuerdo con el método de Cox.⁴⁶ Posteriormente se realizó una reducción y se analizó el contaminante por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.⁴⁷

Estos muestreos se realizaron en tres diferentes etapas de PCR, las cuales fueron antes, en medio y al final del mismo. Los meses del ciclo escolar en los que se llevaron a cabo la toma de muestras fueron septiembre del 2003, febrero y junio del 2004.

El objetivo del monitoreo biológico fue el de conocer los niveles de estos metales en los niños y determinar si se logró una disminución en los niveles de los contaminantes por la aplicación del PCR. Es importante señalar que cada niño fue su control, ya que el primer muestreo se realizó cuando aún no se había dado ninguna información a los niños.

Control de calidad:

El laboratorio participa en un programa de control de calidad del CDC para PbS, por lo que se analizaron las muestras certificadas obteniendo una recuperación del 98%.

En el caso del AsO se utilizó el estándar de referencia NBS SRM 2670 que está avalado por el *National Institute of Standards and Technology* (NIST). La recuperación fue del 96% y también se utilizó el *Urine Control lyophilised de ClinChek®* - Control que es un estándar certificado perteneciente al *Integrated Risk Information System* (IRIS), el porcentaje de recuperación fue de un 97%.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico fue una parte fundamental en este trabajo, ya que estas pruebas aportan un escenario de lo que pudiera acontecer en la población total.

Para la evaluación del cambio conductual se realizó un análisis cualitativo:

a) Dibujos. Se realizó una pregunta a los 25 niños que asistieron a los tres muestreos biológicos y a 24 niños control, quienes no participaron en el PCR. La pregunta se contestó por medio de un dibujo. Se realizó una prueba de Chi - cuadrada para conocer las proporciones de los elementos encontrados en los dibujos y los intervalos de confianza de la misma.

b) Cuestionarios a padres de familia. Con estos cuestionarios se pudieron comparar a través de una prueba de Chi – cuadrada las conductas de los niños antes y después del PCR.

En la evaluación del monitoreo biológico se realizó análisis exploratorio para determinar si las variables dependientes seguían una distribución normal. En el caso de la variable PbS se siguió un comportamiento normal, y en el caso del AsO se realizó una transformación logarítmica, con esta transformación se normalizaron los datos y se continuó con el análisis paramétrico para ambas variables.

Las pruebas realizadas fueron la estadística descriptiva, T–pareadas para comparar los valores promedio del primer al segundo muestreo biológico y así también se realizó una prueba de ANOVA de mediciones repetidas con la finalidad de saber si la disminución o el aumento de cada individuo por muestreo era estadísticamente significativo.

Para éste análisis se utilizó el software *StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system)*, version 6. www.statsoft.com.

8. RESULTADOS

Como se señaló en la sección de metodología, se utilizaron dos diferentes formas de evaluación del PCR, a través de los cambios de conducta y por medio de un monitoreo biológico. A continuación se indican los resultados obtenidos en cada caso.

8.1 Cambio de Conducta

a) Dibujos.

Se recurrió al dibujo ya que esta descripción no verbal incluye elementos internos más complejos que la simple definición de los objetos y aborda aspectos creativos ligados a un escenario cotidiano.⁴⁸

Después de realizar un análisis de las muestras de los dibujos, los elementos encontrados se agruparon en 3 categorías principales, las categorías recavadas fueron:

1. **Elementos tóxicos.** Dentro de esta categoría se agruparon los dibujos en los cuales se encontraron elementos como tierra, humo, agua de la llave, barro, As, Pb, microbios, pasta dental y cigarro, como puede observarse en la Figura 2.
2. **Alimentos.** En esta categoría, se agruparon los dibujos en los cuales se encontraron elementos como "comida chatarra" (frituras, refrescos y dulces) y alimentos sanos (frutas, verduras, leche, queso y pan). Lo anterior lo podemos observar en la Figura 3.
3. **Bienestar.** En esta categoría se incorporó a los dibujos que tuvieran algún elemento alusivo a la naturaleza, alguna actividad de recreo o alguna actividad social, lo cual se observa en la Figura 4.

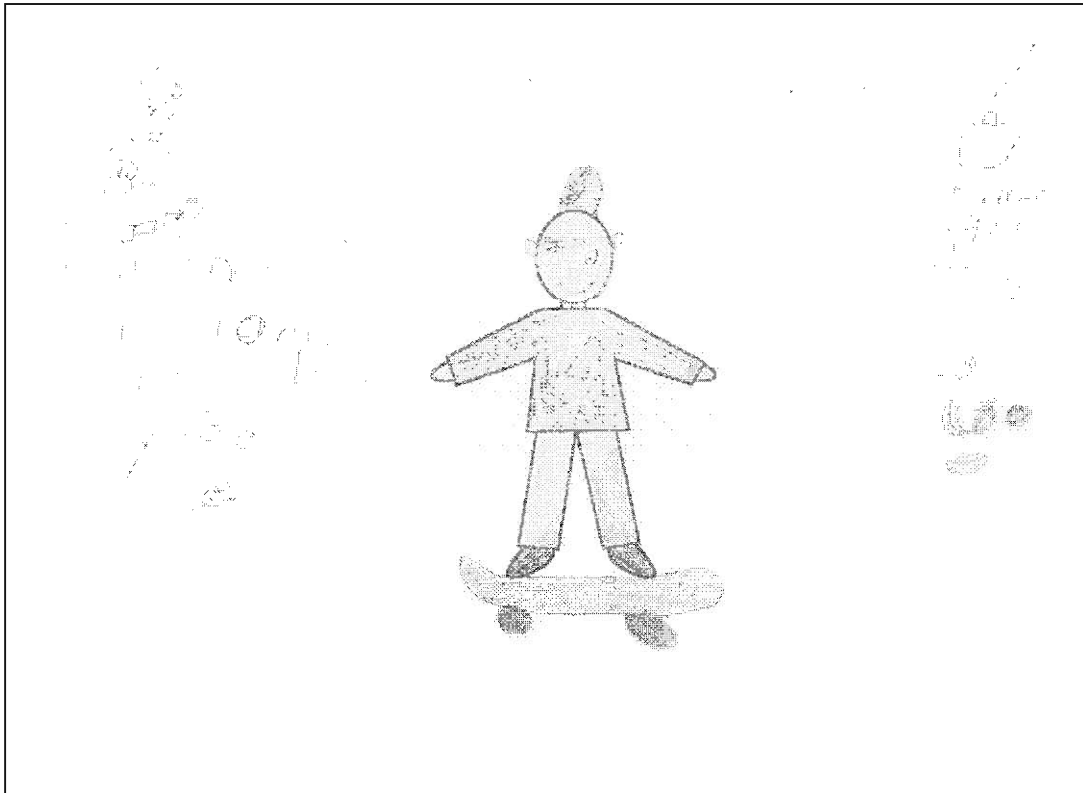


Figura 2. Dibujo de la categoría de elementos tóxicos.

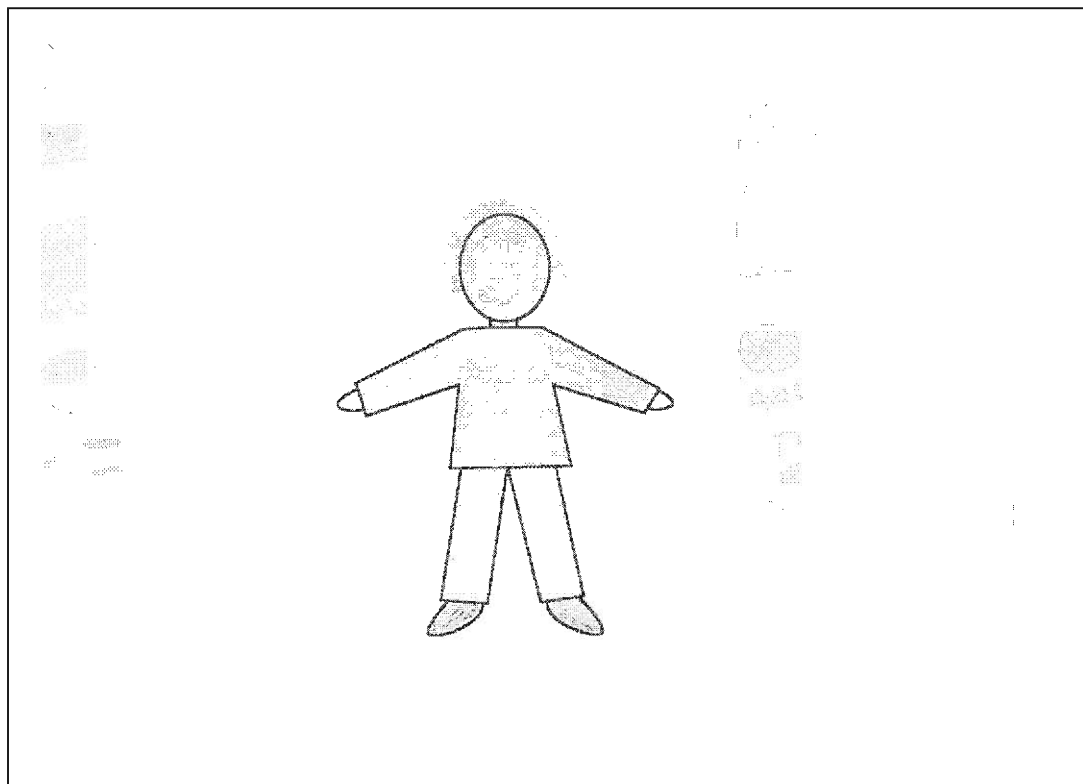


Figura 3. Dibujo con elementos de la categoría alimentos.

A través de pruebas estadísticas de Chi - cuadrada se realizaron las comparaciones de las frecuencias de los elementos encontrados en los dibujos de los niños que participaron en el PRC, con los dibujos de niños que no participaron en el PCR (Tabla 4). Los niños que no participaron en el PCR tuvieron las mismas características que nuestro grupo de estudio, es decir, fueron niños que residieran en Morales-Pirules, de la misma edad, pero que asistieran a otro centro escolar.

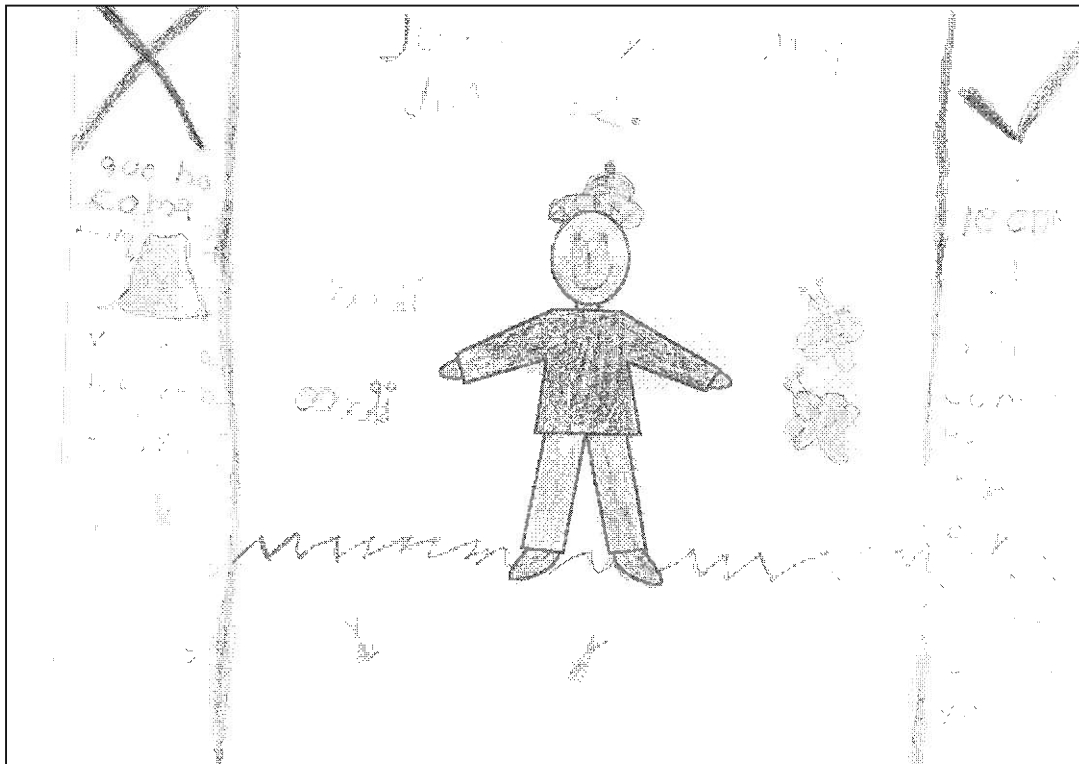


Figura 4. Dibujo con elementos de bienestar (naturaleza).

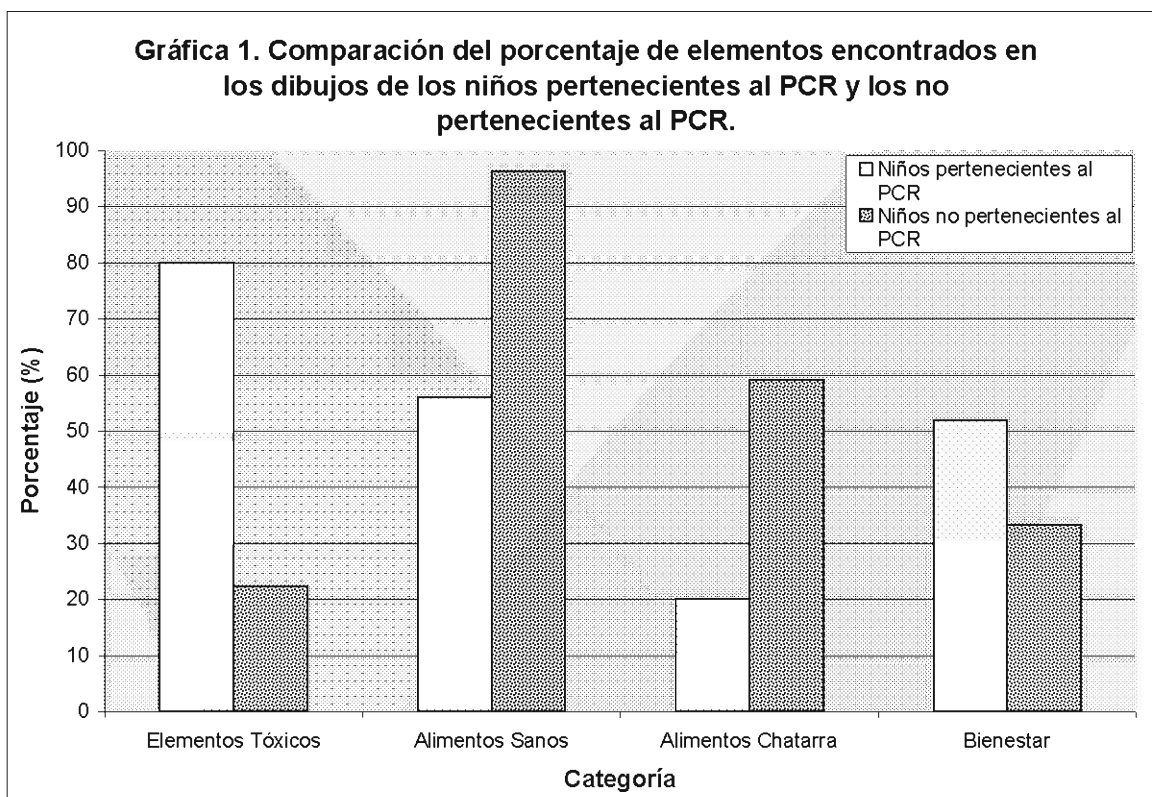
Referente a la categoría de Elementos Tóxicos se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) entre los niños que participaron en el PCR y los niños que no participaron en el PCR (Chi - cuadrada = 17.33, OR = 14.0), encontrándose dentro de un intervalo de confianza (IC) del 95%, la razón de momios u OR de 14. Lo anterior nos indica que se tiene un 14% más de probabilidad de encontrar elementos tóxicos en los dibujos de los niños con PCR que en los dibujos de los niños sin PCR.

Tabla 4. Resultados de la prueba estadística Chi - cuadrada por categoría de los dibujos de los niños pertenecientes al PCR y los no pertenecientes al PCR.

Categoría	Valor de Chi-cuadrada	Valor de p	OR	Intervalo de confianza (%)
Elementos tóxicos	17.3	< 0.001	14.0	3.1 – 69.1
Alimentos sanos	9.7	< 0.001	0.05	
Alimentos chatarra	8.3	< 0.05	0.17	0.04 – 0.69
Bienestar	1.2	0.173	2.17	0.61 – 7.8

En el caso de la categoría de alimentos sanos también se encontró una diferencia estadísticamente significativa al aplicar la prueba de Chi - cuadrada ($p < 0.001$, $OR = 0.05$), siendo los niños que no pertenecían al PCR los que más dibujaron estos elementos. La misma diferencia estadísticamente significativa entre el grupo que asistió al PCR y el grupo que no asistió al PCR la pudimos observar para la categoría comida chatarra, y se observó que los niños que no pertenecían al PCR dibujaron con mayor frecuencia estos elementos con un valor de Chi - cuadrada = 8.31 ($p < 0.05$, $OR = 0.17$). En el caso de la categoría de Bienestar no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos de niños.

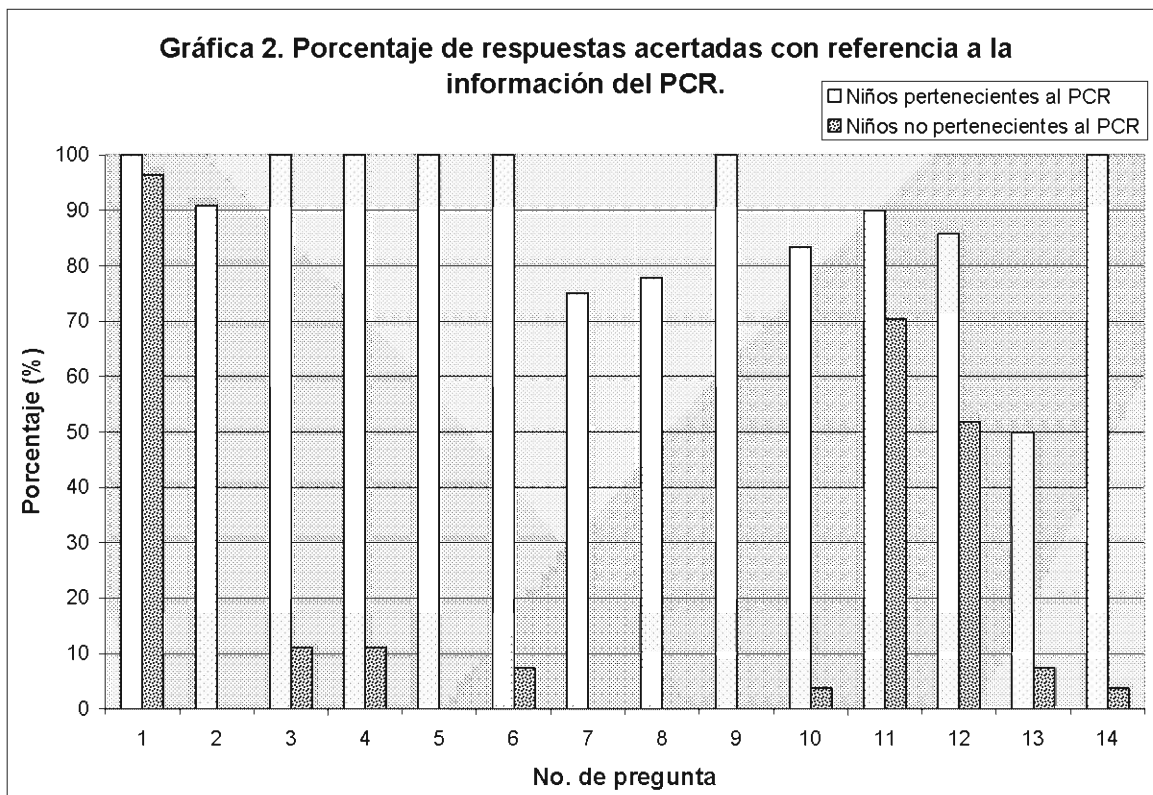
En la Gráfica 1 se pueden observar las tres categorías de los elementos encontrados y el porcentaje de niños que dibujó cada categoría. Estas diferencias observadas entre los niños pertenecientes al PCR y los no pertenecientes al PCR hace resaltar la intervención y el manejo de información a través de la comunicación de riesgos. Los niños que participaron en el PCR tienen una idea clara acerca del Pb y el As y están sensibilizados y perciben el riesgo que existe para la salud al estar en contacto con estos contaminantes.



b) Cuestionarios para niños.

Se evaluó también el PCR directamente con los niños, a los cuales se les hizo una serie de preguntas de forma oral referentes al PCR las cuales formaban parte del cuestionario en un divertido juego llamado "Recorrido". Las preguntas que formaron parte del cuestionario fueron validadas por expertos y la confiabilidad se realizó de forma simple con 12 niños de la zona.⁴³

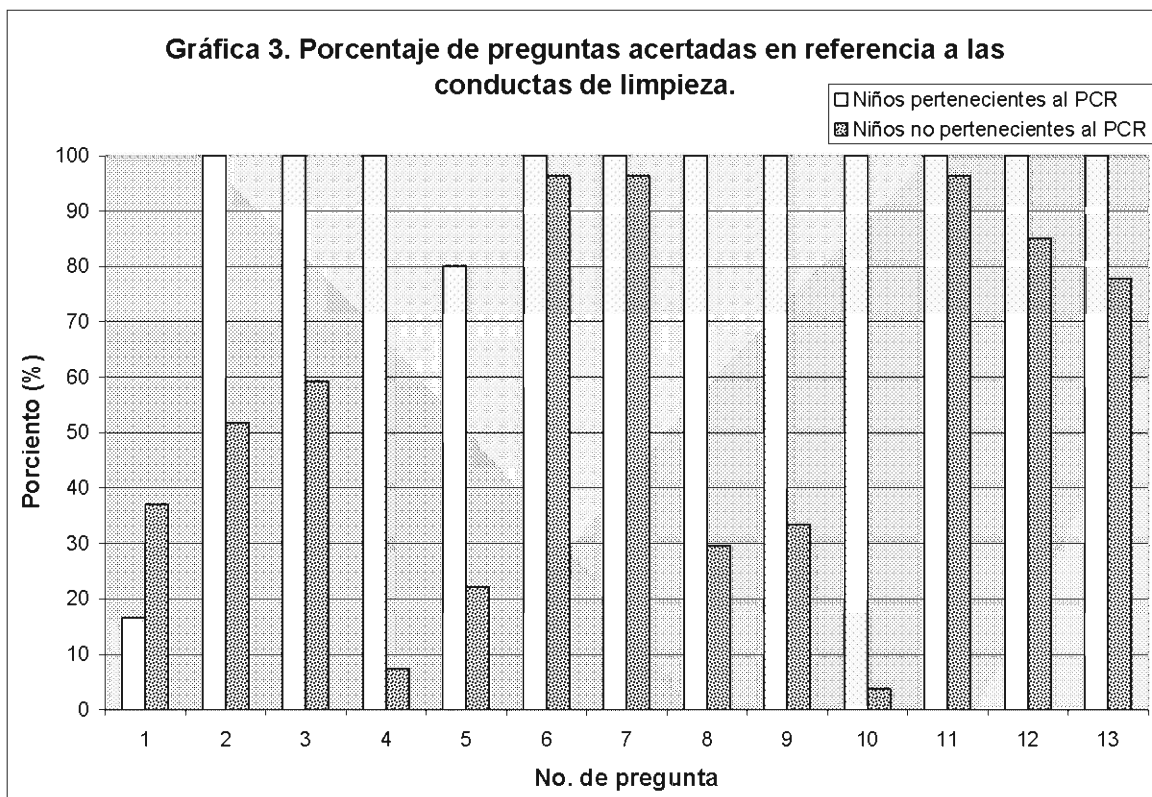
A cada respuesta se le dio un valor, correcto o incorrecto, de este modo se pudo conocer el porcentaje de respuestas acertadas de cada niño. Los resultados mostraron que el 76% de los niños que participaron en el PCR contestaron más del 60% de las preguntas correctamente, a diferencia de los niños que no participaron en el PCR quienes muy pocos contestaron correctamente. Llo anterior se puede apreciar en la Gráfica 2 y en el Cuadro 7 se muestran las preguntas que se relacionan con esta gráfica.



Cuadro 7. Preguntas relacionadas con la gráfica 2.

1. ¿La tierra puede tener cosas que te hagan daño?
2. ¿Qué puede haber en la tierra que te haga daño?
3. ¿Qué son los microbios?
4. ¿Has escuchado hablar del veneno llamado plomo?
5. ¿Qué es el plomo?
6. ¿Dónde puede haber plomo?
7. ¿Cómo puede entrar el plomo a tu cuerpo?
8. ¿Cómo podemos saber si entró plomo a tu cuerpo?
9. ¿Qué daño puede causarte el plomo?
10. ¿Cómo puedo protegerme del plomo?
11. ¿Qué agua es mejor para beber?
12. ¿Por qué es mejor el agua de garrafón?
13. ¿Si no tienes agua de garrafón de qué agua tomas?
14. ¿Por qué te puede hacer daño chupar lápices?

En la Gráfica 3 se muestra la comparación de preguntas acertadas entre los niños que asistieron al PCR y los niños que no asistieron al PCR. Estas preguntas se refieren a los hábitos y la ruta de exposición (Cuadro 8).



Cuadro 8. Preguntas relacionadas con la gráfica 3.

1. ¿Puedes jugar con tierra?
2. ¿Qué debes hacer después de jugar con tierra?
3. ¿Debes limpiar tus juguetes después de jugar con tierra?
4. ¿Por qué se deben limpiar las orillas de las ventanas de tu casa?
5. ¿Es bueno usar ollas de barro vidriado para cocer los frijoles?
6. ¿Qué alimentos te pueden ayudar a crecer sano y fuerte?
7. ¿Se deben lavar frutas y verduras antes de comerlas?
8. ¿Por qué se deben lavar?
9. ¿Qué alimentos pueden tener calcio?
10. ¿Qué alimentos pueden tener hierro?
11. ¿Para qué sirven los lápices y colores?
12. ¿Es bueno chupar los lápices y colores?
13. ¿Qué debemos chupar en lugar de lápices y colores?

c) Cuestionarios a padres de familia.

Como se señaló anteriormente, otra forma de analizar si en los niños existió un cambio de conducta, fue a través de la aplicación de un cuestionario a los padres de cada niño que asistió a los tres muestreos, tanto al inicio, como al final de PCR. Lo que se pudo

encontrar con este cuestionario fue que después de un año de aplicación del PCR, sí existieron cambios de conducta en los niños ya que todos los padres reportaron al menos un cambio de conducta en sus hijos. Como el lavarse con mayor frecuencia las manos, el limpiar su habitación, entre otros. Se realizó la prueba de Chi - cuadrada con el fin de conocer si la diferencia de las frecuencias encontradas antes del PCR y después del PCR fue significativa. En la Tabla 5 se muestran los resultados encontrados al realizar esta prueba estadística.

Tabla 5. Cambios de conducta en los niños antes y después de aplicado el PCR y resultados de la prueba de Chi - cuadrada.

Actividad	Antes del PCR (% de niños que realizan la actividad)	Después del PCR (% de niños que realizan la actividad)	Valor de Chi – cuadrada	Valor de p	OR	Intervalo de confianza (%)
Chupar lápices	56	16	6.1	< 0.05	6.0	1.4 – 29.1
Chupar colores	56	8	10.0	< 0.01	13.4	2.2 – 104.0
Chupar crayolas	32	4	4.3	< 0.05	10.3	1.1 – 242.0
Chupar juguetes	52	16	4.8	< 0.05	5.1	1.2 – 24.6
Chupar manos	44	16	2.8	0.09	3.7	0.8 – 17.8
Chupar dedo	24	12	0.36	0.55	2.1	0.4 – 12.6
Jugar con tierra	48	12	5.2	< 0.05	6.1	1.2 – 34.4

Los resultados de los cuestionarios mostraron que de un 56% de un total de 25 niños que chupaban lápices antes del PCR disminuyó a 16%, esta disminución es estadísticamente significativa como se mostró en la tabla anterior. El mismo resultado observamos para los niños que chupaban colores pero este porcentaje disminuyó de 56%

a 8%, este resultado también fue estadísticamente significativo (Tabla 5). Lo observado con los niños que solían chupar crayolas fue que de un 32% disminuyó a un 4%, así también disminuyó el porcentaje de niños que chupaban juguetes, de un 52% antes del PCR a un 16% después de aplicado el PCR.

En otro aspecto muy importante donde observamos disminución de proporción fue en los niños que solían chuparse las manos ya que el porcentaje era de 44% y hubo un decremento hasta el 16%, aunque esta disminución no fue estadísticamente significativa se observa que existe una tendencia hacia la significancia. Por otro lado, de un 24% de niños que se chupaban el dedo sólo terminaron haciéndolo el 12% y finalmente del 48% de los niños que jugaban con tierra contaminada antes del PCR, sólo el 12% lo siguió haciendo al momento del cuestionario a los padres de familia (Gráfica 4).

Por otro lado, los mismos padres de familia admitieron también haber tenido al menos un cambio en su conducta, como producto del taller que se realizó dentro del PCR. Como puede apreciarse en la Gráfica 5, de 12 madres de familia que utilizaban la olla de barro para cocinar frijoles, correspondiente al 48%, después del PCR sólo la utiliza 1 persona y corresponde al 4%. Con estos datos se aplicó la prueba de Chi - cuadrada para conocer si la disminución fue significativa, estos resultados se pueden observar en la Tabla 6.

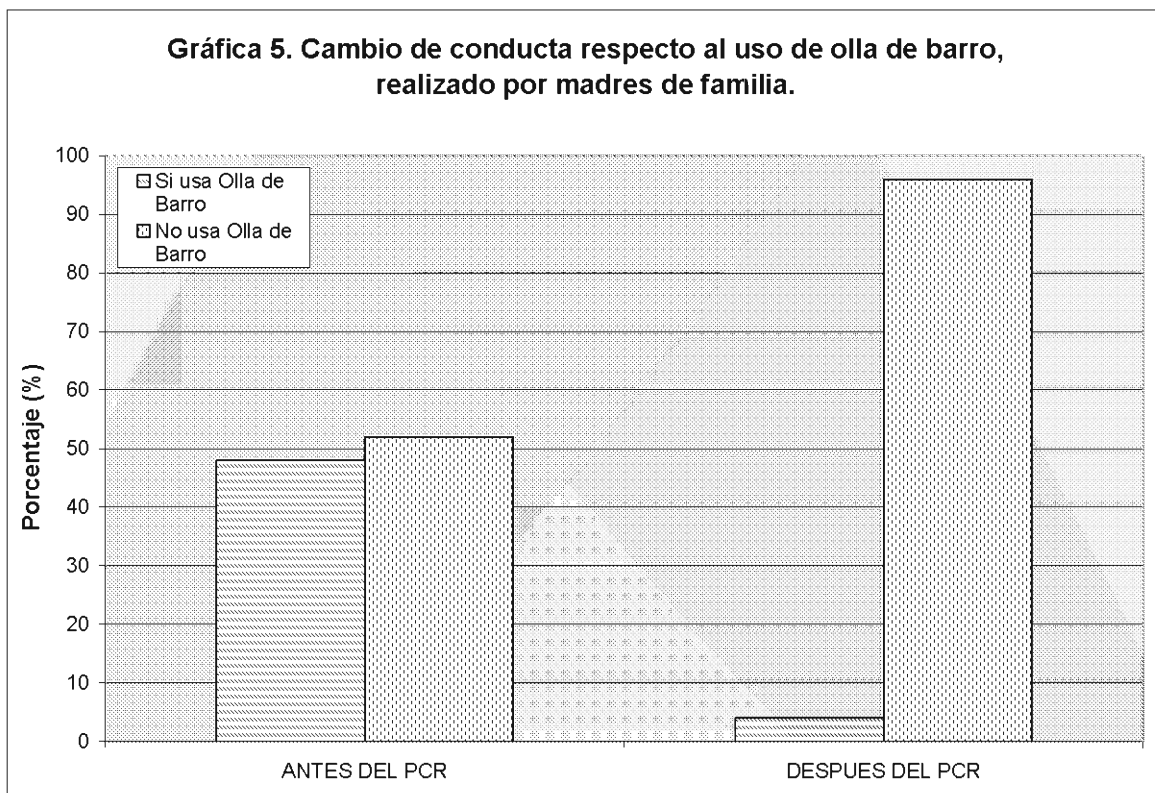
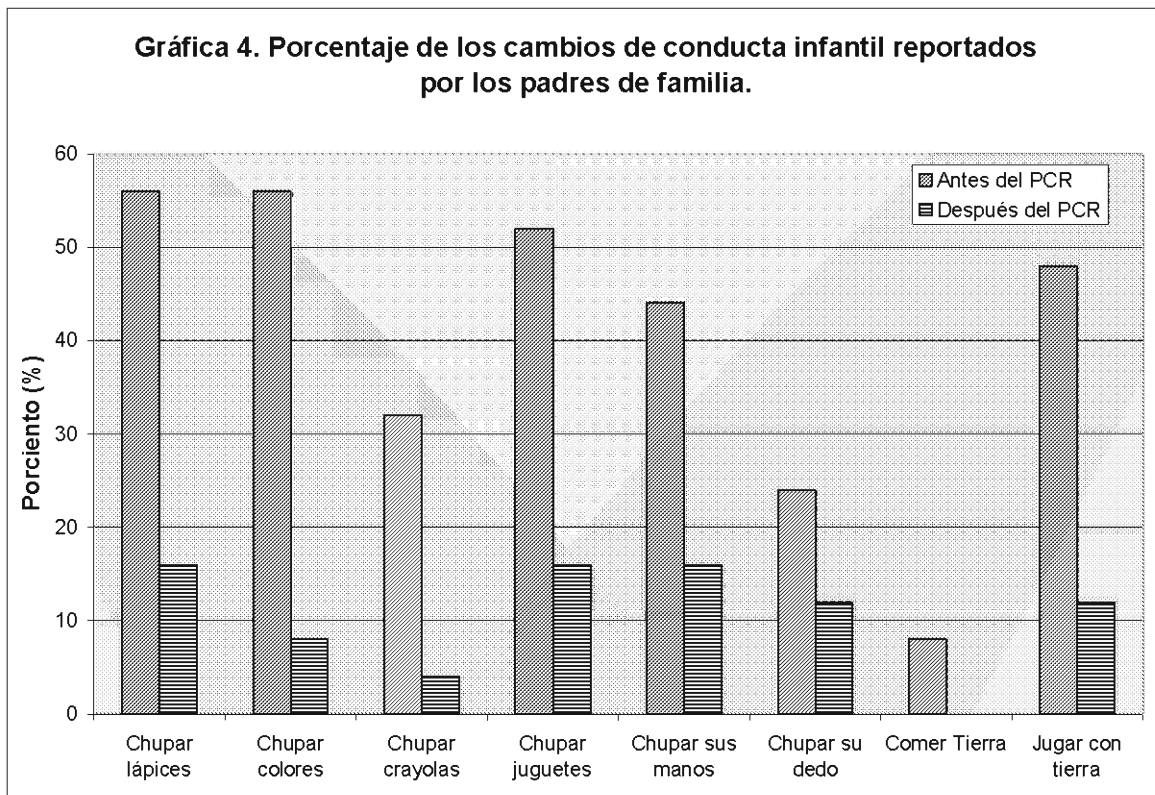


Tabla 6. Resultados de la prueba de Chi - cuadrada de las conductas de padres de familia antes del PCR y después del PCR.

Actividad	Valor de Chi – cuadrada	Valor de p	OR	Intervalo de confianza (%)
Uso de olla de barro para cocinar	9.4	< 0.05	20.3	0.08 – 1.7
Uso de agua de garrafón	1.26	0.3	0.4	2.2 – 468.0

8.2 Monitoreo Biológico

Los resultados del monitoreo biológico realizado en tres diferentes etapas del PCR se presentan a continuación.

a) Muestreo Inicial (Septiembre 2003).

En el primer muestreo se recibieron 54 niños a muestrear, de los cuales 26 fueron niñas (26 muestras de sangre y 26 muestras de orina) y 28 fueron niños (25 muestras de sangre y 26 de orina). En la Tabla 7 se muestra la estadística descriptiva de PbS de los niños que participaron en el primer muestreo. Como se indicó con anterioridad, este muestreo se llevó a cabo antes de iniciar con las actividades del PCR, es decir, los niños no habían recibido ninguna información por parte de nuestro grupo. Se hace la separación entre niños que posteriormente participaron en el PCR y de los niños que no participaron. En esta tabla podemos observar que el 52% de la población muestreada sobrepasa el límite de intervención establecido por el CDC de 10 ug/dL de PbS.

En la Tabla 8 se muestra la estadística descriptiva para AsO de los niños que asistieron al primer muestreo. En esta tabla lo que observamos es que el valor promedio

de AsO en la población en general no supera los 50 ug As/g creatinina, que es el límite de intervención establecido por la OMS para AsO.

Tabla 7. Estadística descriptiva de los niveles de plomo en sangre determinados en el primer muestreo de los niños.

PbS	N	Media aritmetica ± DS	Rango	% niños > 5 ug/dL de PbS	% niños > 10 ug/dL de PbS*
Dentro del PCR					
Niñas	18	8.3 ± 4.5	1.6 – 19.8	72.2	27.2
Niños	20	13.3 ± 5.1	4.1 – 23.2	95.0	70.0
Total	38	10.9 ± 5.4	1.6 – 23.2	84.2	50.0
Ajenos al PCR					
Niñas	8	12.1 ± 5.9	5.3 – 22.0	100	62.5
Niños	5	11.0 ± 4.6	5.9 – 16.0	100	60.0
Total	13	11.6 ± 5.3	5.3 – 22.0	100	61.0
TOTAL	51	11.1 ± 5.3	1.65 – 23.2	88.2	52.9
*Limite de intervención establecido por el CDC para PbS: 10 ug/dL					

Tabla 8. Estadística descriptiva de los niveles de arsénico en orina determinados en el primer muestreo de los niños.

*AsO	N	*Media geométrica ± *DS (ug As/g creat)	Rango (ug As/g creat)	% niños > 10 ug As/g de creatinina	% niños > **50 ug As/g de creatinina
Dentro del PCR					
Niñas	18	25.5 ± 1.5	9.1 – 67.8	94.4	5.5
Niños	21	28.2 ± 1.6	9.4 – 68.1	95.2	4.8
Total	39	26.9 ± 1.6	9.1 – 68.1	95.9	5.1
Ajenos al PCR					
Niñas	8	23.0 ± 1.2	17.6 – 32.5	100	0
Niños	5	26.6 ± 1.8	10.3 – 53.0	100	20.0
Total	13	24.3 ± 1.5	10.3 – 53.0	100	7.7
TOTAL	52	26.2 ± 1.5	9.1 – 68.1	96.1	5.8
*Datos transformados logarítmicamente al no seguir una distribución normal.					
**Limite de intervención establecido por la OMS de 50 ug As/g creatinina.					

b) Muestreo intermedio (Febrero 2004).

En el segundo muestreo se tomaron 47 muestras correspondientes a niños que pertenecían al PCR y 20 muestras pertenecientes a niños del mismo centro escolar y cuyos padres solicitaron el estudio, pero que no estaban dentro del PCR. En la Tabla 9 se muestra la estadística descriptiva de los niveles de PbS y AsO correspondientes al segundo muestreo. Comparado con el primer muestreo, el valor promedio de PbS en la población muestreada aumentó 4.7 ug/dL y de igual forma se aumentó el porcentaje de niños con niveles superiores al límite de intervención del CDC (10 ug/dL) aumentó a 86.6%.

Tabla 9. Estadística descriptiva de los niveles de plomo en sangre determinados en el segundo muestreo de los niños.

PbS	N	Media aritmética ± DS	Rango	% niños > 5 ug/dL de PbS	% niños > 10 ug/dL de PbS*
Dentro del PCR					
Niñas	24	14.1 ± 4.1	5.8 – 24.3	100	87.5
Niños	23	16.3 ± 5.2	6.8 – 26.8	100	87.0
Total	47	15.2 ± 4.8	5.8 – 26.8	100	87.3
Ajenos al PCR					
Niñas	12	13.5 ± 3.8	7.3 – 19.1	100	91.7
Niños	8	16.8 ± 5.2	11.0 – 27.0	100	100
Total	20	14.8 ± 4.6	7.3 – 27.0	100	85.0
TOTAL	67	15.1 ± 4.7	5.8 – 27.0	100	86.6
*Límite de intervención establecido por el CDC para PbS: 10 ug/dL					

En la Tabla 10 se muestran los resultados de la estadística descriptiva para AsO en los niños que asistieron al segundo muestreo, observándose como en el caso de Pb un aumento en las concentraciones promedio de casi 64 ug As/g Creatinina. También se observó un aumento en el porcentaje de niños con niveles superiores al límite de intervención establecido por la OMS (50 ug As/g Creatinina) en casi un 80%.

Al realizar el análisis estadístico, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre los niveles de PbS y AsO en los niños dentro del PCR, con un $r = 0.692$ y una $p < 0.001$. Esta asociación también se observó en el grupo que no estuvo presente en el PCR ($r = 0.663$ y $p < 0.05$).

Tabla 10. Estadística descriptiva de los niveles de arsénico en orina determinados en el segundo muestreo de los niños.

AsO	N	Media geométrica ± DS* (ug As/g creat)	Rango (ug As/g creat)	% niños > 10 ug As/g de creatinina	% niños > 50 ug As/g de creatinina**
Dentro del PCR					
Niñas	22	81.5 ± 1.9	21.8 – 367.0	100	86.4
Niños	23	100.6 ± 1.9	21.9 – 315.6	100	86.9
Total	45	90.7 ± 1.9	21.8 – 367.0	100	86.7
Ajenos al PCR					
Niñas	10	97.8 ± 1.6	47.6 – 196.3	100	90.0
Niños	8	80.9 ± 2.3	25.8 – 315.8	100	75.0
Total	18	89.8 ± 1.9	25.8 – 315.8	100	83.3
TOTAL	63	90.4 ± 1.9	21.8 – 367.0	100	84.8
*Datos transformados logarítmicamente al no seguir una distribución normal.					
**Límite de intervención establecido por la OMS de 50 ug As/g creatinina.					

De los niños que asistieron al primer muestreo, pertenecientes al PCR sólo 31 volvieron a presentarse para la toma de sangre para la cuantificación de Pb y 32 entregaron orina para la cuantificación de As para el segundo muestreo. Con estos datos se realizó una prueba estadística T-pareada la cual nos dio como resultado para PbS un aumento en el valor promedio de 4 ug Pb/dL de sangre, este aumento fue estadísticamente significativo $p < 0.001$ con un valor de $t = - 5.5$.

En el caso del AsO, también se encontró un aumento de 67.7 ug As/g Creatinina, al igual que PbS, este aumento fue también estadísticamente significativo con un valor de $T = - 12.5$ y una $p < 0.001$.

c) Muestreo final (Junio 2004)

El tercer muestreo se realizó en junio de 2004 al finalizar el PCR, en este último muestreo se recibieron 38 niños que llevaron el PCR y 13 que no llevaron al PCR pero que sus padres pidieron el estudio.

La estadística descriptiva para PbS en esta población se muestra en la Tabla 11 en donde podemos observar que el valor promedio disminuye casi 4 unidades en comparación con el valor promedio del mes de Febrero del 2004, pero es ligeramente mayor por una unidad que en el mes de Septiembre del 2003. Así también disminuye el porcentaje de niños con concentraciones mayores al límite de intervención establecido por el CDC.

Tabla 11. Estadística descriptiva de los niveles de plomo en sangre determinados en el tercer muestreo de los niños.

PbS	N	Media aritmética ± DS	Rango	% niños > 5 ug/dL de PbS	% niños > 10 ug/dL de PbS*
Dentro del PCR					
Niñas	18	10.2 ± 2.7	5.7 – 14.6	100	61.1
Niños	19	12.6 ± 3.7	5.4 – 18.5	100	73.7
Total	37	11.5 ± 3.5	5.4 – 18.5	100	67.6
Ajenos al PCR					
Niñas	8	10.4 ± 2.7	5.2 – 14.5	100	62.5
Niños	4	12.4 ± 3.4	8.6 – 16.7	100	75.0
Total	12	11.1 ± 2.9	5.2 – 16.7	100	66.7
TOTAL	49	11.4 ± 3.3	5.2 – 18.5	100	67.3
*Límite de intervención establecido por el CDC para PbS: 10 ug/dL					

En la Tabla 12 se puede observar la estadística descriptiva para los niveles de AsO en los niños que asistieron al tercer muestreo, como en el caso de PbS en este muestreo también se observó una disminución general en las concentraciones promedio de AsO de casi 50%.

Así también podemos observar que disminuyó el porcentaje de niños con niveles superiores al límite de intervención sugerido por la OMS que es de 50 ug As/g creatinina, el porcentaje con respecto al mes de Febrero del 2004 disminuyó 53%.

Tabla 12. Estadística descriptiva de los niveles de arsénico en orina determinados en el tercer muestreo de los niños.

AsO	N	Media geométrica** ± DS* (ug As/g creat)	Rango (ug As/g creat)	% niños > 10 ug As/g de creatinina	% niños > 50 ug As/g de creatinina*
Dentro del PCR					
Niñas	18	47.8 ± 1.6	29.8 – 130.7	100	38.9
Niños	20	47.7 ± 2.0	10.1 – 155.6	100	55.0
Total	38	47.9 ± 1.8	10.1 – 155.6	100	47.4
Ajenos al PCR					
Niñas	8	42.1 ± 1.6	21.5 – 86.7	100	37.5
Niños	5	44.6 ± 1.6	26.8 – 75.6	100	40.0
Total	13	43.0 ± 1.6	21.5 – 86.7	100	38.5
TOTAL	51	46.5 ± 1.7	10.1 – 155.6	100	45.1
*Datos transformados logaritmicamente al no seguir una distribución normal.					
**Limite de intervención establecido por la OMS de 50 ug As/g creatinina.					

En este muestreo se encontraron asociaciones estadísticamente significativas de PbS vs logaritmo de AsO, para los dos grupos, los que llevaron el PCR y los que no lo

llevaron ($r = 0.467$, $p < 0.05$ y $r = 0.887$, $p < 0.05$, lo cual indica que a mayor cantidad de PbS mayor cantidad de AsO.

De los 48 niños a los que inicialmente se les tomó muestra en Septiembre de 2003, sólo 25 niños estuvieron presentes en el segundo y tercer muestreo, con estos datos se realizaron pruebas estadísticas para conocer si había algún cambio significativo, los resultados se muestran a continuación en las Tablas 13 y 14.

Tabla 13. Estadística comparativa de los niveles de PbS en los tres muestreos biológicos realizados en el PCR.

Mes del muestreo	N	Media geométrica \pm D.E. (ug/dL)	Rango (ug/dL)	% > 5 (ug/dL)	% > 10 (ug/dL)	% > 20 (ug/dL)
SEP 03	25	11.3 \pm 5.0	2.4 - 21.7	88	56	4
FEB 04	25	15.4 \pm 4.5	6.8 - 25.7	96	88	12
JUN 04	25	12.4 \pm 2.7	7.2 - 17.3	100	84	0

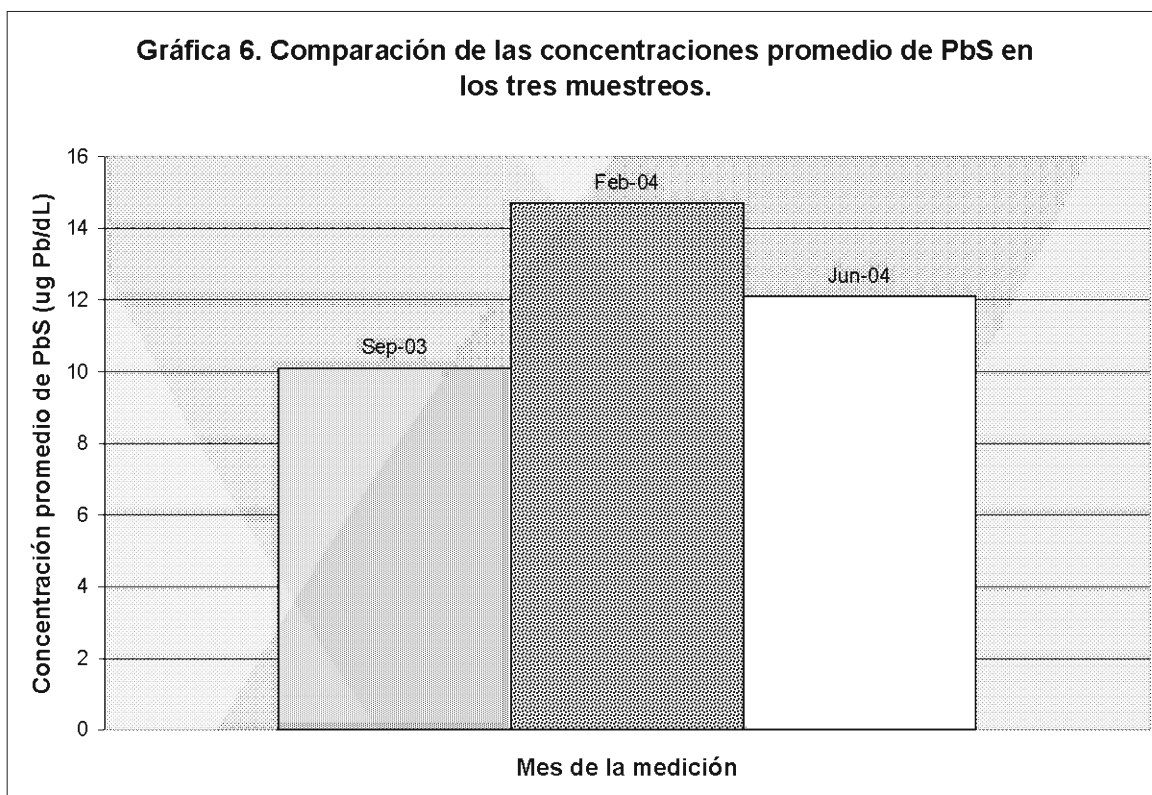
Tabla 14. Estadística comparativa de los niveles de AsO en los tres muestreos biológicos realizados en el PCR.

Mes del muestreo	N	Media geométrica* \pm D.E.* (ug As/g creat)	Rango (ug As/g creat)	% > 10 (mg As/g creat)	% > 50 (mg As/g creat)
SEP 03	25	27.6 \pm 1.6	9.1 - 68.1	96	8
FEB 04	25	100.1 \pm 2.0	21.9 - 367.0	100	84
JUN 04	25	46.1 \pm 1.5	23.1 - 104.8	100	48

*Datos transformados logarítmicamente al no seguir una distribución normal.

En la Gráfica 6 se observa el aumento y la disminución de las concentraciones promedio de PbS dependiendo del mes en el que se tomó la muestra.

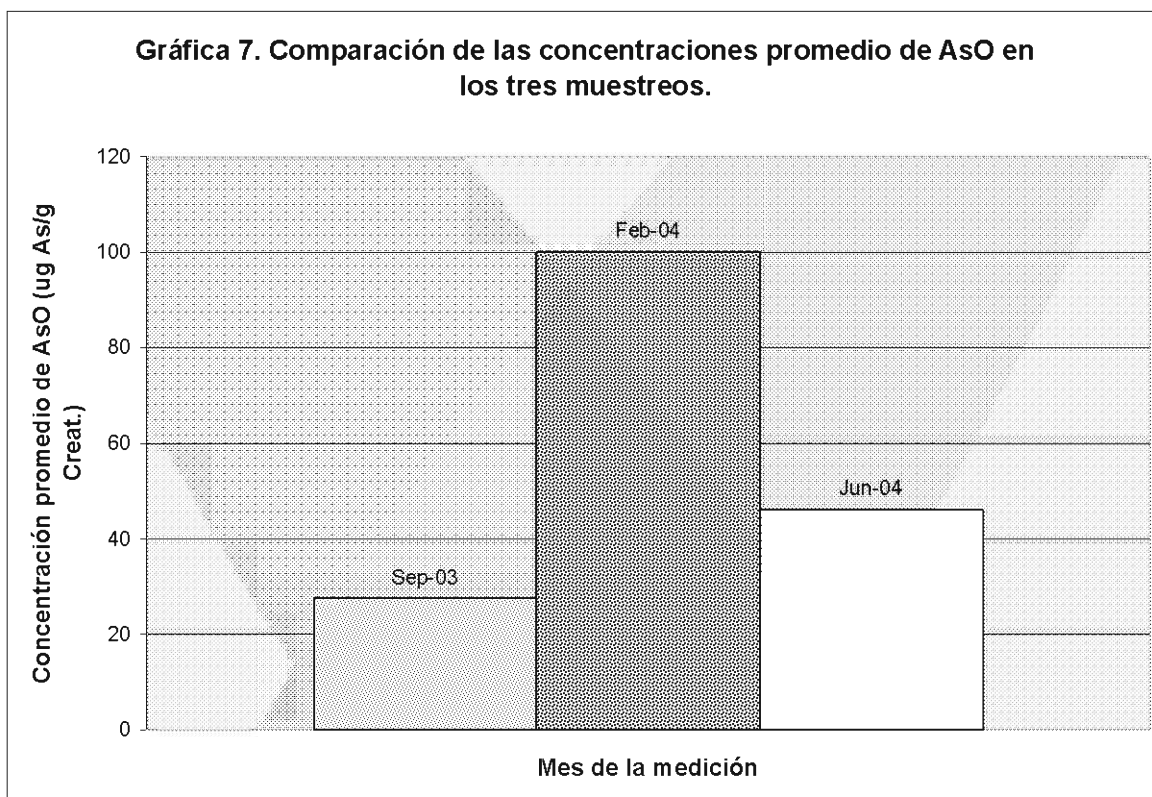
La Gráfica 7 muestra la comparación entre las concentraciones de AsO en los tres diferentes muestreos.



La Gráfica 8 muestra la misma tendencia de la Gráfica 6, en ella se muestran las comparaciones de los niveles de PbS de cada niño que asistió al PCR y que asistió también a los 3 muestreos; como se observa, cada línea representa un niño.

En la Gráfica 9, al igual que la Gráfica 7, se muestra la comparación de los niveles de AsO, sin embargo a diferencia de la Gráfica 7 no se muestran los valores promedio, sino que cada línea representa un niño de los niños que asistieron al PCR y que además asistieron a los 3 muestreos.

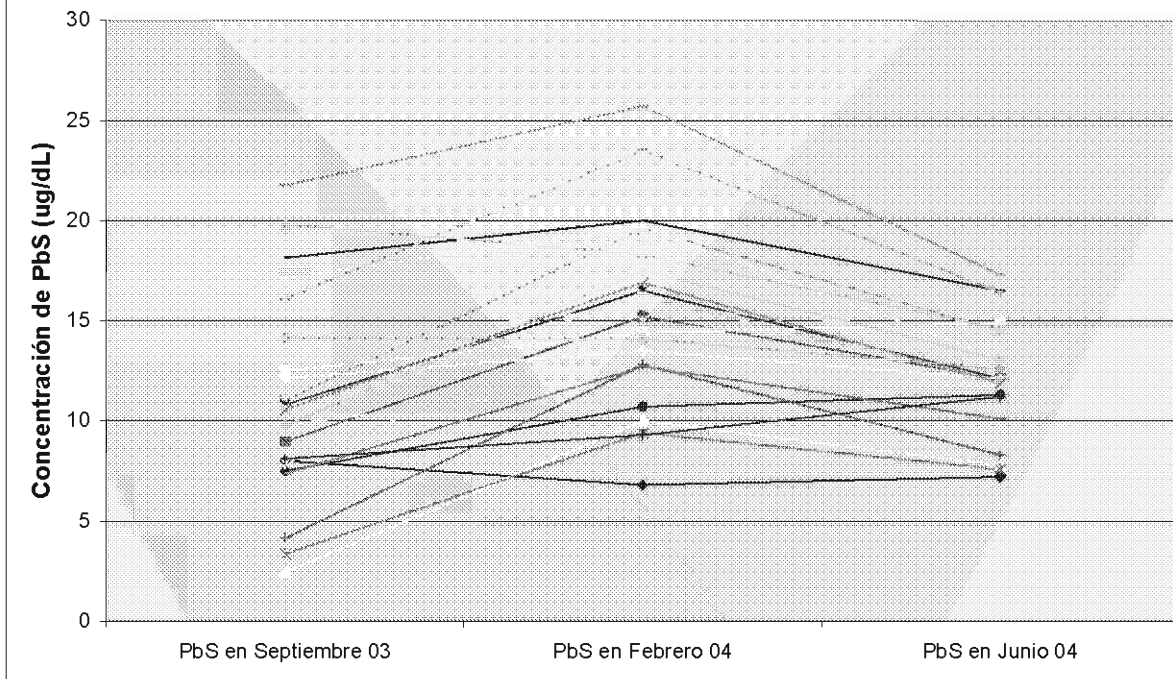
Del muestreo realizado en Septiembre del 2003 cuando aún no se aplicaba el PCR los resultados muestran una concentración media de PbS de 11.3 ± 5.0 ug/dL y para AsO la media geométrica 27.6 ± 1.6 ug As/g creatinina.



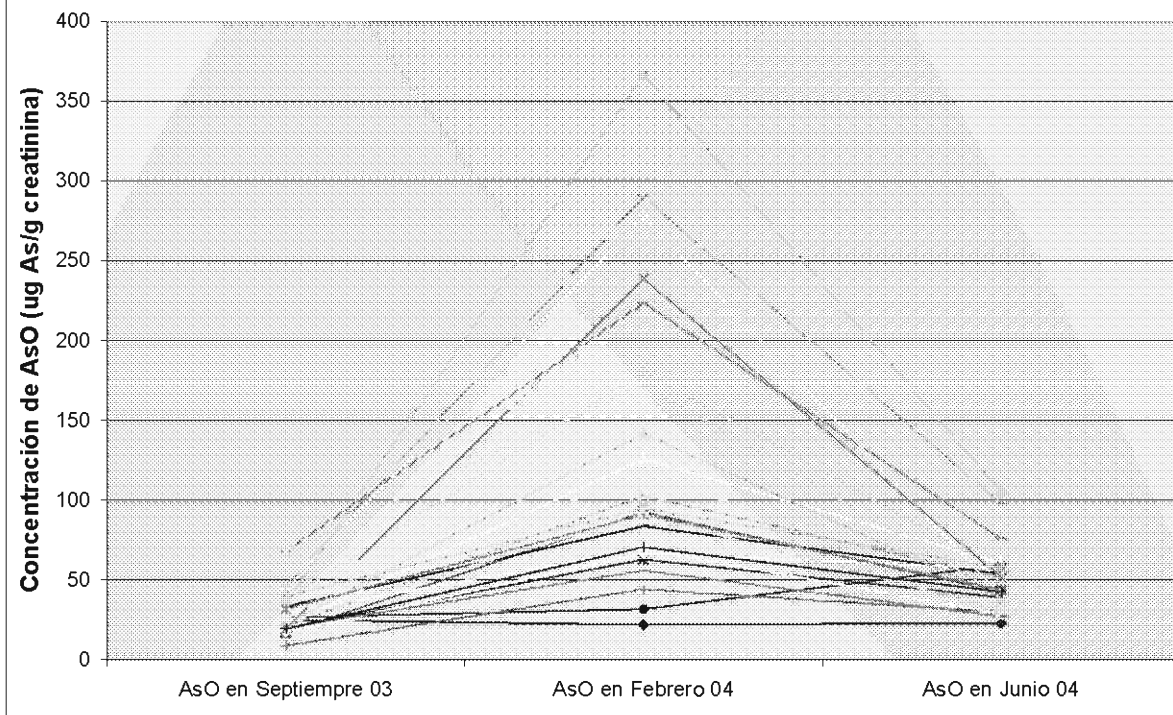
En el muestreo realizado en Febrero del 2004; a 6 meses del comienzo del PCR, observamos que las concentraciones medias se incrementaron; tanto de PbS y de AsO, 15.4 ± 4.5 ug/dL y 100.1 ± 2 ug As/g creatinina respectivamente.

Al finalizar el PCR se realizó el último muestreo en donde las concentraciones disminuyeron a una concentración media para PbS de 12.4 ± 2.7 ug/dL y para el caso de AsO la concentración media fue de 46.1 ± 1.5 ug As/g creatinina.

Gráfica 8. Comparación de las concentraciones de PbS en cada niño.



Gráfica 9. Comparación de las concentraciones de AsO de cada niño



Con estos datos se realizó una prueba de ANOVA de mediciones repetidas, la cual nos sirvió para saber si existía diferencia entre cada individuo y sus mediciones. En el caso de PbS hubo un aumento estadísticamente significativo entre el segundo muestreo y el primero ($p < 0.005$), así también la significancia se observó por el decremento entre el segundo muestreo y el tercero ($p < 0.005$) (Tabla 15).

Tabla 15. Significancia de la prueba de ANOVA de mediciones repetidas para los tres muestreos de plomo en sangre.

Tratamiento	Septiembre 2003	Febrero 2004	Junio 2004
Septiembre 2003	--	$p > 0.005$ 0.003198	$p = 0.63149$
Febrero 2004	$p > 0.005$ 0.003198	--	$p > 0.05$ 0.040079
Junio 2004	$p = 0.63149$	$p > 0.05$ 0.040079	--

Para el AsO la diferencia entre los tres muestreos fue estadísticamente significativa entre todos los muestreos. Del primer al segundo muestreo hubo un aumento y del segundo al tercer muestreo hubo una disminución, también se observó un aumento del primer al tercer muestreo (Tabla 16).

Tabla 16. Significancia de la prueba de ANOVA de mediciones repetidas para los tres muestreos de arsénico en orina.

Tratamiento	Septiembre 2003	Febrero 2004	Junio 2004
Septiembre 2003	--	$p > 0.001$ 0.000111	$p > 0.005$ 0.003411
Febrero 2004	$p > 0.001$ 0.000111	--	$p > 0.001$ 0.000117
Junio 2004	$p > 0.005$ 0.003411	$p > 0.001$ 0.000117	--

9. DISCUSIÓN

El principal objetivo de este trabajo como se mencionó en un inicio, fue el diseño y la aplicación de un PCR como una medida de intervención para disminuir la exposición infantil al suelo contaminado con Pb y As, en la zona de Morales-Pirules en San Luis Potosí. Este objetivo se cumplió al realizar el PCR con la participación de 170 niños y padres de familia en dos centros escolares de la zona impactada por metales.

Este trabajo se sustentó en una serie de información en torno a los contaminantes producidos por una actividad industrial, el riesgo de exposición y sus posibles efectos. Otro de los contextos de los que partió este trabajo fue, que la disminución de la exposición al suelo contaminado, posiblemente disminuye las concentraciones de los metales en los niños. En consecuencia con lo anterior se propuso un proyecto de intervención con la firme intención de tratar de lograr una serie de cambios conceptuales y conductas en torno a esta problemática.

De lo anterior, este trabajo constituyó no sólo el diseño de la intervención sino por otro lado elegir, en el ámbito de la pedagogía, aquellos elementos y procedimientos más idóneos que se adaptaran por una parte al tipo de información pretendida y sus objetivos, y por otro lado a las características socioculturales de la población a quien iba dirigida.

Si bien no se cumplió el objetivo de disminuir los niveles de PbS y AsO, la aportación principal del trabajo fue el diseño del Programa de Comunicación de Riesgos, desde elegir el sitio en el cual se aplicó hasta generar el material y las actividades para los niños.

Como se señaló anteriormente, con relación a los resultados obtenidos mediante el análisis de los dibujos, se encontró una diferencia entre los porcentajes de los elementos encontrados en los dibujos de los niños que asistieron al PCR y los que no asistieron. El grupo de niños que no asistieron al PCR, a pesar de ser una población con las mismas condiciones de entorno (viven en la misma zona impactada) muestra

diferencias estadísticamente significativas en cuanto al conocimiento de los metales y de su exposición a los mismos.

Referente a los cuestionarios de los padres de familia, éstos nos permitieron realizar la comparación de la conducta de los niños en sus hogares antes y después del PCR. Como se señaló en la sección de resultados, sí se lograron cambios de conducta en los niños al final del PCR.

Es relevante señalar que se estableció una interacción continua con los padres de familia y los maestros, a través de pláticas informativas y mediante un taller de medidas de prevención dirigido a los padres de familia. Con estas actividades se logró que los padres tuvieran una relación más cercana con el grupo CANICAS, aportando así sugerencias, dudas y comentarios.

Cabe señalar que una limitante de este estudio fue el hecho de utilizar los cuestionarios, tanto en niños como en adultos, como una herramienta de evaluación, que si bien sirve para obtener datos, no nos aporta un escenario real de lo que sucede con cada niño, lo cual se hubiera podido obtener al haber realizado un registro observacional en la escuela y en la casa de los niños.

En lo que se refiere a los resultados encontrados mediante el monitoreo biológico de PbS y AsO, se encontró que la media aritmética de la concentración de PbS de población infantil sobrepasa los límites de intervención permitidos por el CDC de 10ug/dL. Asimismo se encontró que la media geométrica de la concentración de AsO de la población infantil sobrepasa el límite de la OMS de 50 ug As/g creatinina. Lo anterior se puede atribuir a dos factores fundamentalmente, el primero que es el habitar en un radio menor a 2.5 Km² de la principal fuente de exposición a estos metales. El segundo factor puede ser por las pocas o nulas medidas de prevención, por la falta de información de los contaminantes y sus posibles efectos por parte tanto de los padres de familia como de la población infantil que es nuestro principal grupo de estudio, ya que anterior al Programa

de Comunicación de Riesgos, las indicaciones de prevención y recomendaciones sólo se realizaban con las personas que asistían a los programas de vigilancia epidemiológica.

Otro punto importante para discutir en cuanto a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es el hecho de no haber logrado disminuir las concentraciones de PbS y AsO en los niños. Los resultados encontrados muestran un comportamiento muy marcado en las muestras analizadas, de un aumento en la concentración media tanto de Pb como de As del mes de Septiembre del 2003 al mes de Febrero del 2004 y una disminución de las concentraciones medias de Febrero del 2004 a Junio del 2004.

Al buscar las razones por las cuales estas concentraciones se comportaban de este modo, se obtuvo información de la estación de monitoreo de Morales, ubicada frente al Jardín de Niños "Miguel de Cervantes Saavedra". Esta estación forma parte de una red de monitoreo ambiental de la empresa IMMSA. Los datos son solamente un promedio de tres mediciones mensuales, por lo que su desviación estándar sugiere ser amplia en diversas ocasiones.

Con estos datos se relacionaron las concentraciones de Pb y As en aire con PbS y AsO y se observaron tendencias, las cuales no fueron estadísticamente significativas. Por otro lado, también se obtuvieron datos meteorológicos oficiales de la Comisión Nacional del Agua en los mismos meses de muestreo; como lo fueron la temperatura, la velocidad de viento, su dirección y la presencia de calima. Los datos mencionados sirvieron para alimentar un programa llamado *Analytical Contaminant Transport System (ACTS) V 7.0*, utilizado por la ATSDR para evaluar la dispersión de contaminantes en suelo. Los resultados obtenidos mostraron la contribución del suelo, esta contribución fue mayor en el mes de Septiembre comparada con los meses de Febrero y Junio.

Con base a lo anterior, se sugiere que el aumento de las concentraciones promedio de PbS y AsO del mes de Septiembre del 2003 a Febrero del 2004 no sólo se debe a la presencia de los contaminantes en aire, sino que también es resultado de las

condiciones climatológicas del lugar, es decir, como se observa en el Cuadro 4 en el mes de Septiembre la velocidad de viento fue moderada. Además este mes es posterior a la época de precipitaciones y también se registra la presencia de calima (fenómeno meteorológico en el cual existe una mezcla de polvo, ceniza, contaminantes, partículas y arena en suspensión). Por lo tanto, la dispersión de los contaminantes en Septiembre fue alta.

Para el mes de Febrero en el cual la velocidad de viento fue nula, además de que no existieron precipitaciones, también se observó la presencia de calima por lo que se puede inferir que el contaminante estuvo en suspensión durante mayor tiempo.

Asimismo en Junio se observaron otros patrones de comportamiento de las condiciones climáticas, entre estas se observó que la velocidad de viento fue de leve a moderada, temperaturas mayores respecto a Febrero y también se observó la presencia de calima. Además de eso se debe tomar en cuenta anterior a este mes se registraron las temperaturas más calurosas del año y que hubo ausencia de precipitación por lo tanto la dispersión fue mayor que en Febrero y menor que en Septiembre.

Tabla 17. Parámetros climatológicos en diferentes meses del año.

Mes	Temperatura (°C)			Velocidad de viento	Presencia de calima
	Mín	Prom	Máx		
Septiembre	10.9	19.8	29.2	Moderada	Si
Febrero	-2.2	13.9	27.7	Nula	Si
Junio	9.3	18.7	31.3	Leve	Si

Lo anterior nos muestra un panorama en el cual las condiciones climáticas propias del lugar hacen inferir que estas condiciones son precursoras para que en los niños aumenten las concentraciones de PbS y AsO. Por otro lado, los estudios de Aragón y cols demostraron que las partículas existentes en la zona de Morales y que son menores

a 10 micras (partículas respirables) contienen en su mayoría Pb y As^{49,50}, lo cual apunta que en el mes de Febrero al no haber dispersión de contaminante, la concentración existente en el aire hace que los niños absorban mayor cantidad de estos elementos. En el mes de Junio estas condiciones climáticas también repercuten en las concentraciones de PbS y AsO al haber poca dispersión de los contaminantes.

Prácticamente, al final de esta investigación, fue cuando se descubrieron estos aspectos que no habían sido previstos en los objetivos del mismo, es decir, la influencia de factores climatológicos, los cuales pueden afectar en gran medida en la problemática ambiental y en la exposición a los contaminantes. Por lo tanto es importante señalar que estos factores deben considerarse y analizarse más a fondo para lograr un diseño de programas de comunicación de riesgos que sean efectivos bajo estas condiciones.

Además, sumado a lo anterior, es relevante señalar que investigaciones recientes apoyan que la concentración de PbS en niños varía conforme a la estación del año en la que se realiza la toma de la muestra y las características climatológicas del lugar. Laidlaw y colaboradores realizaron un modelo en el cual observan que al aumentar la temperatura disminuye la humedad del suelo, haciendo que las partículas de polvo se desprendan del suelo, estas partículas son más fácilmente acarreadas por el aire y tienen también una carga importante de Pb haciéndolas mayormente respirables e ingeribles.⁵¹

Consideramos de importancia señalar, que contrario a lo reportado en la Evaluación de Riesgo en Salud² realizada con anterioridad en la zona de Morales-Pirules, en la cual se indicó que la principal ruta de exposición es el suelo, en el presente trabajo se sugiere que se deben tomar en cuenta otros factores y rutas de exposición. Este hallazgo aporta la sugerencia para trabajos posteriores, de realizar a la par del monitoreo biológico, un monitoreo ambiental de los lugares en donde el niño se desarrolla, y tomar en consideración otras rutas, tales como la ruta polvo doméstico, suelo o polvo de patios, y no dejar a un lado o descartar la ruta aire.

Con relación a lo anterior, cabe mencionar que el estudio de evaluación de riesgos toma en cuenta el aporte que cada ruta de exposición otorga a la concentración de PbS de la población infantil por medio de un modelo llamado IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children). Con este modelo se conoce también un estimado de la población que estará por arriba del límite de intervención, alimentándose de datos reales como la concentración presente de Pb en suelo, agua y otras rutas. Una desventaja de este modelo, es que no toma en cuenta todas las características a las cuales está sujeta la zona de estudio, como puede ser el tipo y la cantidad de cubierta vegetal, las condiciones climáticas, la ingesta de mayores cantidades de agua en zonas de climas calientes entre otros. Todo esto hace que la población estudiada siga un comportamiento inesperado pero propio de sus características medioambientales.

Por lo tanto, aunque el objetivo de disminuir los niveles de PbS y AsO no haya sido logrado, se puede asegurar que el PCR generó un cambio conductual en los niños y en los padres de éstos, ya que al recibir la información con distintas actividades, se interesaron y la información que el grupo CANICAS proporcionó permaneció en la memoria de los niños como lo demostraron los cuestionarios. Con este cambio conductual se logró disminuir la exposición al suelo contaminado, considerada en un inicio, como la principal fuente de exposición. Sin embargo no se logró disminuir la exposición a otras fuentes de exposición, ya que no fueron consideradas para el diseño del PCR, como fue el caso del aire junto con los factores climatológicos.

Es común encontrar una serie de programas preventivos en otras áreas o ámbitos de la contaminación, sin embargo pocos de ellos hacen énfasis en aspectos específicos para cierto tipo de población y cierto tipo de contaminación.

¿Cómo construyen los niños sus creencias en torno a la contaminación?, ¿Qué piensan y cuál es el grado de conocimiento en torno a la contaminación, por parte de los padres de familia? ¿Hasta qué punto puede influir un PCR en el cambio de estas

concepciones, actitudes y prácticas en torno a la contaminación? ¿En un escenario sociocultural es suficiente cambiar hábitos poblacionales para disminuir los riesgos por exposición? Estas y otras preguntas podrían dar lugar a otras investigaciones posteriores, ya que en el presente trabajo no se han abordado con profundidad para conocer cuál de las actividades que se realizaron fue la más efectiva para lograr el cambio conductual a corto plazo en los niños y en los padres de familia.

Finalmente consideramos que el presente trabajo sienta las bases para trabajos posteriores, en los cuales como medida de intervención en zonas contaminadas con metales, se pretenda establecer programas de comunicación de riesgos. Remarcando nuevamente que se deben de considerar desde un inicio todas las posibles fuentes y rutas de exposición para la población afectada. Por otro lado es importante decir que también se deben contar con las herramientas que nos permitan asegurar la evaluación del cambio conductual de los niños de manera directa, y no como se realizó en este trabajo que fue de modo indirecto a través de cuestionarios. Las herramientas que podrían tomarse en consideración pueden ser los registros observacionales, las entrevistas con los niños y realizar mesas de discusión con los niños contando con la participación de comunicólogos, psicólogos y pedagogos que tengan la experiencia en este tipo de actividades. Con los padres de familia se podrían llevar a cabo grupos focales, o bien, entrevistas a profundidad. También es muy importante remarcar que los programas de Comunicación de Riesgos tienen un mejor resultado si se llevan a cabo junto con medidas de remediación ambiental.

10. CONCLUSIONES

En este trabajo se concluye lo siguiente,

1. El PCR logró que en los niños se propiciara un cambio de conducta frente a la que se creía era la principal fuente de exposición, la tierra contaminada y el polvo de sus casas.
2. A pesar de no haber disminuido las concentraciones de PbS y AsO en los niños, sí se logró la disminución en la exposición a la tierra. Sin embargo con los resultados de este estudio se hace énfasis en la necesidad de realizar otras investigaciones sobre otras rutas de exposición que pudieran ser igual de relevantes que el suelo.
3. Una de las principales conclusiones a las que se llega con este trabajo es que las concentraciones de PbS y AsO varían de acuerdo a las diferentes condiciones climatológicas y épocas del año.
4. Otra conclusión de este trabajo es que los padres de familia, al estar informados acerca de los tóxicos que existen en el área, de cómo actúan y de los efectos en salud, pudieron aplicar las recomendaciones que se les proporcionaron en los seminarios y en el taller de limpieza del hogar. Además que con su apoyo los niños estuvieron mayormente vigilados en sus hábitos de limpieza.
5. A pesar de inferir que el aire tiene un aporte significativo en el aumento y la disminución de las concentraciones de PbS y AsO en los niños, no se debe dejar de lado la consideración de las otras rutas de exposición como lo sigue siendo el suelo, polvo exterior y polvo de interiores contaminados.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) GM, Grupo México, 2003. Historia de IMMSA. Disponible en: <http://www.grupomexico.com/gm21000.html> [consultado el día 28 de Octubre de 2003]
- 2) Carrizales L., Leal ME., Razo I., Tellez J., Torres-Nerio R., Batres L., Calderón J. y Díaz-Barriga F. *Evaluación del riesgo en salud por arsénico y plomo. Zona metalúrgica de Morales, Ciudad de San Luis Potosí, México.* 2003.
- 3) Díaz-Barriga F, Santos MA, Mejía JJ, Batres L, Yáñez L, Carrizales L, Vera E, del Razo LM, and Cebrián ME. *Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosí, México.* Environ Res., 62(2):242-50, 1993.
- 4) Batres L, Carrizales L, Calderón J and Díaz-Barriga F. *Participación del barro vidriado en la exposición infantil al plomo en una comunidad industrial expuesta ambientalmente a este metal.* In "Intoxicación por Plomo en México: Prevención y Control" (Mauricio Ávila Hernández and Eduardo Palazuelos Rincón, Eds.) 1st. Ed. Perspectivas en Salud Pública, 1995.
- 5) Yáñez L., Carrizales L., Batres L., Mejía J., Calderón J., Díaz-Barriga Fernando. "Evaluación de la exposición en sitios peligrosos. Zona metalúrgica Morales-Pirules", 2001.
- 6) USEPA (United States Environmental protection Agency A): 2001, 'Residential Lead Hazard Standards-TSCA Section 403'. Office of Pollution Prevention and Toxics. Environmental Protection Agency, U.S. www.epa.gov/lead/leadhaz.htm.
- 7) Torres Nerio R., "Exposición a plomo y arsénico y su relación con los niveles de porcentaje de saturación de transferían en niños de la colonia Morales en San Luis Potosí", Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias Químicas, 2002.

- 8) USEPA (United States Environmental Protection Agency): 1990, Record of Decision (ROD) Abstract ROD Number: EPA/ROD/R08-90/028 ROD Date: 03/30/90 Site: WHITEWOOD CREEK. EPA ID Number: SDD980717136. Location: WHITEWOOD, SD. Operable Unit: 01 Environmental Protection Agency. United States.
- 9) Calderón J, Navarro ME, Jiménez-Capdeville ME, Santos-Díaz MA, Golden A, Rodríguez-Leyva I, Borja-Aburto V, and Díaz-Barriga F. *Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children*. Environ Res. 85(2):69-76, 2001.
- 10) Fondo Nacional para el fomento de las Artesanías, 2003. Disponible en: <http://www.fonart.com.mx> [Visitado el 19 de enero del 2005].
- 11) Casarett and Doull, "Manual de TOXICOLOGIA", Mc Graw Hill, 5ta ed. 2001.
- 12) ATSDR, "*Toxicological Profile for Lead*" Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA, 1999.
- 13) Goyer R., "Nutrition and metal toxicity", American Journal of Nutrition pp. 646s – 650s USA, 1995.
- 14) Santolaya R., "ARSÉNICO. Impacto sobre el hombre y su entorno". EMSERC. pp. 17 – 27, 1995
- 15) ATSDR, "*Toxicological Profile for Arsenic*" Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA, 2000.
- 16) Bernstam L., Nriagu J., "Molecular aspects of arsenic stress", Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 3:293-322, 2000.
- 17) International Agency for Research on Cancer, 2003. Cancer databases. Disponible en: <http://www.iarc.fr> [Visitado el 30 de Septiembre del 2003]

- 18) Diccionario de la Lengua Española, 2005. Disponible en: <http://buscon.rae.es/diccionario/drae.htm> [Visitado el 4 de mayo de 2005]
- 19) ITLP. Instituto Tecnológico de La Paz, 2005. Introducción a la Comunicación. Disponible en: <http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/comadmva/portada.htm> [Visitado el 29 de abril de 2005]
- 20) ELIES. Estudios de Lingüística Española, 2005. El funcionalismo francés. Disponible en: <http://elies.rediris.es/elies17/cap221.htm> [Visitado el 29 de abril de 2005]
- 21) SDE–OPS, Organización Panamericana de la Salud, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, (2005). Curso de autoinstrucción: Comunicación de Riesgos. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial6/e/index.html> [Consultado el día 2 de mayo del 2005]
- 22) U. A. S. L. P. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2004. Curso de Teoría de la Comunicación. Disponible en: <http://www.geocities.com/teodelacom/> [Consultado el día 17 de mayo del 2005]
- 23) Goulet L, Gaudreau J, and Messier A. *Results of a lead decontamination program*. Arch Environ Health, 51(1)68-72, 1996.
- 24) Langlois P, Smith L, Gould R, Goel V, Gibson B, and Flemming S. *Blood Lead Levels in Toronto Children and Abatement of Lead- Contamination Soil and House Dust*. Toronto, Canada. Achieves of Environmental Health, 59-67, 1996.
- 25) Hilts SR, Bock SE, Oke TL, Yates ChL, and Copes RA. *Effect of interventions on children's blood lead levels*. Environ Health Perspect, 106:79-83, 1998.
- 26) U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Effect of in-home educational intervention on children's blood lead levels in Milwaukee*. Washington, D.C: Office of Pollution Prevention and Toxics, U.S. EPA, April 1996; EPA-747-R-95-009. (This document is available by calling 1-800-424-LEAD).

- 27) Lanphear BP, Winter NL, Apetz L, Eberly S, and Weitzman M. *A randomized trial of the effect of dust control on children's blood lead levels*. *Pediatric*, 98(1):35-40, 1996.
- 28) Landrigan PhJ, Schechter CB, Lipton JM, Fahs MC, and Schwartz J. *Environmental pollutants and disease in American children: Estimates of morbidity, mortality and costs for lead poisoning, asthma, cancer and developmental disabilities*. *Environ Health Perspect*, 110:721-728, 2002.
- 29) INE. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. *Comunicación de Riesgos, para el manejo de sustancias peligrosas con énfasis en residuos peligrosos*.
- 30) Covello V. y Sandmand P., 2004. "Risk Communication: Evolution and Revolution". Disponible en: <http://www.psandman.com/articles/covello.htm> [Consultado el día 17 de mayo del 2005]
- 31) Chartier J., "Risk Communication and Government". Canadian Food Inspection Agency. Public and Regulatory Affairs Branch. 2001.
- 32) ATSDR. "Fundamentos de Principios y Prácticas para la Comunicación sobre Riesgos para la Salud". Departamento de salud y servicios humanos de los Estados Unidos, 1997.
- 33) Covello V. y Allen F. "Seven Cardinal Rules of Risk Communication". Environmental Protection Agency, Washington, 1988.
- 34) Díaz-Barriga A. F. y Hernández R.G., (2002). "Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista." Ed. McGraw Hill, México.
- 35) Gimeno, J.; Pérez, A. I., "Comprender y transformar la enseñanza". Ed. Morata España, 1992.
- 36) García, N., "Quiero aprender, dame una oportunidad". Ed. Gedisa, 1ª ed. España, 2000.

- 37) Tinker T. "Fundamentos de Evaluación para los Programas de Comunicación de Riesgos a la Salud y sus Resultados". Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. 1997.
- 38) Planeta Agostini, Serie de videos "Érase una vez: El Cuerpo Humano"
- 39) National Institute of Environmental Health Sciences, (2003) "Bradley and the bad Pb". Disponible en: <http://www.niehs.nih.gov/kids/story.htm> [Visitado el 9 de Octubre del 2003]
- 40) Barraza L., "Children's drawings about the environment", Environmental Research; 5, 1999.
- 41) Díaz de León G., Reyes I. y Montenegro MC. "Una década de la ciudad de México a través de la percepción y dibujo de escolares capitalinos". Universidad Nacional Autónoma de México, La Psicología Social en México; v VI, 104 – 109, 1996.
- 42) Barraza L. y Ceja-Adame P. "Los niños de la comunidad: su conocimiento ambiental y su percepción sobre Naturaleza". Dieciséis. 371 – 398.
- 43) Pérez, G. "Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. II. Técnicas y análisis de datos". Ed. Muralla S. A. Madrid, 1994.
- 44) Leung R., Koenig J., Simcox N., Belle G., Fenske R. and Gilbert S., "Behavioral Changes Following Participation in a Home Health Promotional Program in King Country, Washington", Environmental Health Perspectives; 105, 10, 1132 – 1135, 1997.
- 45) Subramanian, K. S., Determination of lead in blood: Comparison of two GFAAS methods. Atomic Spectrosc. 8 p. 7 – 14, 1987.
- 46) Cox, H. D. Arsine evolution-electrothermal atomic absorption method for the determination of nanogram levels of total arsenic in urine and water. J. Anal. Toxicol. 4, 207 – 211, 1980.

- 47) Standar methods for examination of water and wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, D.C., 1998.
- 48) Fabregat E., "El Dibujo Infantil, el dibujo y la psicología", Fernandez Editores, S. A., México, 1966.
- 49) Aragón, A.; Torres, G.; Monroy, M.; Luszczewski, A. y Leyva, R., "Scanning electrón microscope and statistical analysis of suspended heavy metal particles in San Luis Potosí, México". Atmospheric Environment, vol. 34, pp 4103 – 4112, 2000.
- 50) Aragón, A.; Torres, G.; Santiago, P. y Monroy, M., "Scanning and transmisión electrón microscope of suspended lead – rich particles in the air of San Luis Potosí, Mexico". Atmospheric Environment, vol. 34, pp. 5235 – 5243, 2002.
- 51) Laidlaw M., Mielke H., Filippelli G., Jonhson D. y Gonzáles C. "Seasonality and Children's Blood Lead Levels: Developing a Predictive Model Using Climatic Variables and Blood Lead Data from Indianapolis, Indiana, Syracuse, and New Orleans, Louisiana (USA)" Environmental Health Perspectives; 113, 6, 793 – 800, 2005.

Colaboraciones

- M. en C. Ana Rosa Moreno Sánchez, Coordinador del programa de Salud Ambiental, de la Fundación México – Estados Unidos para la Ciencia.
- Dra. Laura Barraza Lomelí, profesora investigadora del Centro de Investigaciones Ecológicas de la UNAM Campus Morelia.
- Dr. José Francisco Martínez Licona, profesor investigador de la UASLP – Facultad de Psicología/ICE.
- Q.F.B. Leticia Carrizales Yáñez, profesora investigadora de la UASLP – Facultad de Medicina.
- I.Q. Alejandro Martínez Anguiano, profesor de la UASLP – Facultad de Ciencias Químicas.