

Diseño y aplicación de un Programa de Comunicación de Riesgos para la salud ambiental infantil en un sitio contaminado con plomo y arsénico

Designing and application of a Risk Communication Program for children environmental health on a lead and arsenic contaminated location

Ana Cristina Cubillas-Tejeda ¹

Rocío Torres-Nerio ²

Fernando Díaz-Barriga Martínez ³

Leticia Carrizales-Yáñez ⁴

Citlalhit Coronado-Salas ⁵

Luz María Nieto Caraveo ⁶

Ana Rosa Moreno Sánchez ⁷

Laura Barraza Lomeli ⁸

Abstract *A metallurgical industry in San Luis Potosí city, México, has contaminated the zone by lead (Pb) and arsenic (As). Since 1989 were reported by our group high concentrations of Pb in blood (PbB) and As in urine (AsU) in the local children. In present work, a Risk Communication Program (RCP) was generated to inform the children about the environmental risks of the site where they live, and to change conducts to diminish the exposure to Pb and As. We worked with 170 children (5 to 7 years) of the zone. The RCP was applied and the evaluation was realized by means of analysis of drawings, questionnaires and biological monitoring. In drawings of the children appeared toxic elements such as Pb, contaminated soil, cigarettes, among others. In the questionnaires applied to the children and family parents it was possible to estimate a change in the knowledge and in some conducts with regard to the pollutants, their effects and their exposure. There was not a decrease in the levels of PbB and in the levels of AsU. These were due probably because the principal route of exposure is not only the soil that had been contemplated previously.*
Key words *Environmental health, Exposure to environmental risks, Risks communication*

Resumen *Una industria metalúrgica en la ciudad de San Luis Potosí, México ha contaminado el sitio con plomo (Pb) y arsénico (As) principalmente. Desde 1989 se han reportado por nuestro grupo altas concentraciones de Pb en sangre (PbS) y As en orina (AsO) en los niños del lugar. En el presente estudio se generó un Programa de Comunicación Riesgos (PCR) para informar a los niños sobre los riesgos ambientales del sitio donde viven y que cambiaran conductas para disminuir la exposición al Pb y al As. Se trabajó con 170 niños (5 a 7 años) de la zona. Se aplicó el PCR y se realizó la evaluación mediante análisis de dibujos, cuestionarios y monitoreo biológico. En los dibujos de los niños se encontraron elementos tóxicos tales como el Pb, la tierra contaminada, entre otros. En los cuestionarios aplicados a los niños y a los padres de familia se pudo apreciar un cambio en los conocimientos y en algunas conductas respecto a los contaminantes, sus efectos y su exposición. No se encontró una disminución en los niveles de PbS ni de AsO. Esto quizás porque la principal ruta de exposición no es únicamente el suelo, como se había contemplado anteriormente.*
Palabras clave *Salud ambiental, Exposición a Riesgos Ambientales, Comunicación de Riesgos*

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Av. Dr. Manuel Nava 6, Zona Universitaria. 78210 San Luis Potosí S.L.P. México. acris@uaslp.mx

²Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, UASLP

³Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional

⁴Departamento de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina, UASLP

⁵Universidad Politécnica de San Luis Potosí

⁶Interinstitucional en Educación, Universidad Autónoma de Aguascalientes

⁷Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

⁸Department of Education, University of Cambridge

Introducción

En la ciudad de San Luis Potosí, México se encuentra una fundidora que tiene aproximadamente 115 años¹. A partir de 1988, la Unidad de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), ha demostrado que existe contaminación en la zona vecina a esta planta metalúrgica, conocida como Morales-Pirules. Se encontró contaminación por plomo (Pb) y arsénico (As) en aire, polvo doméstico y suelo. Desde 1989 se ha encontrado que la media de la concentración de Pb en sangre (PbS) y de As en orina (AsO) en niños menores de 8 años de edad es superior al límite permisible de 10 ug/dL y de 50 ugAs/g de creatinina respectivamente^{2,3}. Al realizarse una Evaluación de Riesgo en Salud, se encontró que la principal ruta de exposición en esta área podría ser el suelo, el cual contribuye con un 87% a la dosis de exposición diaria⁴.

La contaminación en esta zona pone en riesgo a la población, principalmente a los niños^{5,6}. Las concentraciones encontradas en los niños del lugar para ambos contaminantes, producen efectos a la salud^{7,8}. Nuestro grupo demostró la existencia de una asociación inversa estadísticamente significativa entre los niveles de AsO y el coeficiente intelectual verbal ($p < 0.001$) en niños residentes de esta zona. Se sugiere además que la exposición a Pb podría afectar el proceso de atención, aún a concentraciones sanguíneas por debajo de 10ug/dL⁹.

Desde que se reportó la contaminación de la zona, se han establecido medidas de intervención, como, la pavimentación de las principales calles, la reforestación de una amplia zona, en zonas deportivas se intercambió el suelo contaminado por tierra limpia, la fundidora instaló equipo para disminuir la contaminación, y hoy en día opera al 50% de su capacidad. Sin embargo no han sido suficientes, ya que los monitoreos biológicos que se han realizado de manera constante, muestran que el promedio de PbS y AsO en la población infantil continúan por arriba de los límites de intervención. Por esta razón se consideró necesario el implementar otras medidas de intervención ambiental que pudieran lograr la disminución de la exposición infantil a Pb y As.

Existen trabajos que muestran la eficacia de programas de intervención ambiental. En estos estudios las poblaciones estaban expuestas a Pb por fundidoras o recicladoras de baterías. En Canadá (Québec, Toronto y Trail), se llevaron a cabo medidas de intervención como limpieza

doméstica y aspiración de polvos, junto con campañas educativas dirigidas tanto a los padres de familia, como a los niños. En todos los casos hubo disminución de las concentraciones promedio de PbS en los niños analizados¹⁰⁻¹². En Estados Unidos (Milwaukee y New Jersey City), los Departamentos de Salud de cada entidad implementaron campañas de limpieza junto con campañas educativas con el fin de reducir los niveles de PbS en niños expuestos. Se logró también que los niveles de PbS promedio en los niños disminuyeran hasta un 15%^{13,14}. En estos trabajos, la evaluación de los programas implementados sólo se realizó a través de monitoreos biológicos, lo que pudiera ser una limitante de estos estudios.

Estos trabajos dieron la pauta al presente estudio, para buscar distintas estrategias que pudieran lograr la disminución de la exposición infantil a metales. Una estrategia que ha ofrecido resultados positivos ha sido la Comunicación de Riesgos (CR) que se define como un proceso interactivo de intercambio de información y opiniones entre individuos, grupos e instituciones. Es un diálogo en el cual se discuten múltiples mensajes que expresan preocupaciones, opiniones o reacciones hacia el propio mensaje, o bien acuerdos legales o institucionales sobre el manejo del riesgo¹⁵.

Los elementos de un Programa de Comunicación de Riesgos (PCR) son: a) La fuente: Personas que van a transmitir el mensaje o la información, b) La audiencia: Grupo social al que está dirigido el mensaje, c) El mensaje: Aquello que se desea informar y d) Los medios o canales de comunicación: Mecanismos a través de los cuales llega el mensaje a la población¹⁶. Las actividades y los mensajes deben ser diseñados con la consideración de factores sociales y culturales de la audiencia, para que la información recibida logre generar cambios conceptuales en los sujetos que permitan ser la base de sus hábitos y conductas referidas a la contaminación¹⁷. Además un PCR debe ser evaluado para conocer cuál fue el impacto que realmente tuvo. Una forma de saberlo es a través del reconocimiento de cambios conceptuales y modificaciones de la conducta¹⁸.

Por lo tanto, nuestro principal objetivo fue el diseñar, implementar y evaluar un PCR como medida de intervención para disminuir la exposición infantil a Pb y As en la zona de Morales-Pirules. Con esta medida se buscó el lograr la adquisición de conocimientos y el cambio de conductas relacionadas con la exposición a los contaminantes, tanto en los niños, como en los padres de familia y maestros.

Metodología

Diseño del Programa de Comunicación de Riesgos

Fuente

La Unidad Pediátrica Ambiental de la UASLP, integrada por profesores-investigadores, estudiantes de posgrado y de licenciatura de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP.

Audiencia

. **Audiencia infantil:** Participaron 100 niños de tercer año de preescolar de la escuela "Miguel de Cervantes Saavedra" y 70 niños de primero de primaria de la escuela "Rosario Castellanos", ambas localizadas en las zonas de mayor y mediano riesgo respectivamente de acuerdo a las concentraciones de Pb y As encontradas en suelo. La población en estudio estuvo compuesta de niños y niñas con un rango de edad de 5 a 7 años.

. **Audiencia adulta:** Los padres de familia y maestros ya que ellos son los que pueden transmitir y reforzar en sus hijos o alumnos, los mensajes y patrones de conducta considerados dentro del PCR.

El mensaje

En estudios previos de evaluación de riesgos, fue establecido que el suelo podría contribuir con un 87% de la dosis de Pb en la población infantil expuesta⁴. Por lo tanto, el principal mensaje para los niños fue "No comas tierra", junto con mensajes para otras conductas preventivas al manipular la tierra, tales como "Debes lavarte las manos", "Después de jugar con tierra, lava tus juguetes", "No chupes juguetes". Además el PCR incluyó mensajes para otras rutas de exposición a Pb, como el uso de ollas de barro vidriado para cocinar, el chupar lápices y colores con pintura a base de plomo, entre éstos "No comas frijoles cocinados en ollas de barro vidriado", "No chupes lápices o colores". También se incluyeron mensajes relacionados con maneras de disminuir o contrarrestar los daños ocasionados por Pb y As, por lo que otros mensajes fueron, "Debes tomar leche", "Debes comer queso y yogurt". A los padres de familia se les dieron mensajes referidos a la prevención de la exposición a los contaminantes, tales como "Debes limpiar el polvo dentro de tu casa", "Debes evitar cocinar en ollas de barro vidriado", "Debes ofrecer productos lácteos a tu familia", "Debes tener cuidado con las actividades de recreación de tus hijos" y "Debes tomar agua purificada".

Canales de Comunicación

Se utilizaron diversos canales de comunicación, para que se lograra que los participantes integraran significativamente los conocimientos a sus conductas y percepciones sobre la contaminación del lugar donde viven. Los canales utilizados se eligieron por considerarse efectivos en la población infantil y fueron los siguientes:

. **Teatro:** Para los niños jugar a representar personajes es una actividad que les promueve la imaginación y la resolución de problemas o situaciones cotidianas, lo mismo el ver representados los problemas en personajes reales¹⁹.

. **Teatro guiñol:** Es una estrategia de enseñanza de gran valor para el fomento de conductas que propicien el cuidado de sí mismo y la promoción de la salud en la comunidad²⁰. A través de un títere se puede comunicar un mensaje con mayor facilidad²¹.

. **Experimentos:** Experimentar consiste en ayudar al niño a desarrollar sus potencialidades para sentir, percibir, hablar, reflexionar, imaginar y construir^{22,23}. Experimentando, los niños aprenden a dar el sentido que dan los científicos a los hechos del mundo²⁴.

. **Video:** Es un medio que permite el manejo de tres tipos de lenguaje, el de las palabras, de los sonidos y el de la imagen. Por lo que puede generar mucha mayor información a la sola utilización de uno sólo de los lenguajes²⁵.

. **Cuento:** El cuento motiva al niño, le ayuda a conocer la vida. Los cuentos estimulan su imaginación, enriquecen su vocabulario y desarrollan su capacidad de expresar lo que siente y lo que piensa²⁶.

. **Juego:** La actividad lúdica contribuye al desarrollo físico y social del niño, mejora su capacidad de concentración, percepción y memoria, y como medio educativo, le ayuda a adaptarse a situaciones de la vida real^{20,27}.

Evaluación del Programa de Comunicación de Riesgos

Se llevó a cabo por medio de la determinación de adquisición de conocimientos y cambios de conductas; y por medio de la determinación de la exposición a los contaminantes ambientales.

Adquisición de conocimientos y cambios de conducta

* **Elaboración de dibujos:** Esta actividad se llevó a cabo por 25 de los 170 niños participantes en el PCR. Los dibujos se utilizaron para saber si existió un cambio de la percepción en los niños

sobre el riesgo por exposición a Pb y As en la zona donde viven²⁸. Se proporcionó una hoja a cada niño con una figura humana en el centro y se les indicó que de un lado de la figura dibujaran lo que cada uno de ellos consideraba que podría hacer bien al niño(a) para crecer sano y que del otro lado de la figura dibujaran lo que consideraban que podría impedir que creciera sano. Esta actividad fue totalmente libre y se les dieron 60 minutos en una sola sesión para llevarla a cabo.

* **Cuestionarios aplicados a los niños:** Las preguntas estuvieron relacionadas con la contaminación con Pb y As, la forma de prevenir la exposición y los efectos a la salud. La aplicación se realizó en forma de un juego denominado "Recorrido". Esta actividad se llevó a cabo por los 170 niños quienes fueron la audiencia en el PCR.

Grupo control infantil no participante del PCR: Para realizar análisis comparativos en la elaboración de dibujos y en el cuestionario aplicado a los niños, se incluyeron 24 niños de ambos sexos y con un rango de edad de 6 a 7 años, de primero de primaria de la escuela "Dr. José María Luis Mora". Fueron residentes de la misma zona contaminada de Morales y con el mismo nivel socioeconómico, pero no habían recibido en ese momento la información relacionada con la contaminación. Posteriormente se llevó a cabo el PCR con todos los niños de primero de primaria de dicha escuela, pues no se consideró ético no hacerlo. Los resultados obtenidos con estos niños después de la aplicación del PCR, no son parte del presente artículo.

* **Cuestionarios aplicados a los padres de familia:** Se aplicaron para conocer algunas conductas de cada niño en su casa. Al final del PCR se volvió a aplicar el cuestionario para poder comparar las conductas antes y después del PCR y conocer si la intervención había tenido éxito. Los cuestionarios fueron aplicados a los padres cuyos hijos participaron en el monitoreo biológico (25 antes y 23 después).

Exposición a Pb y As en los niños de la zona de Morales-Pirules

* **Monitoreo biológico:** Se tomaron muestras de sangre y orina de 13 niños y 12 niñas del grupo infantil que fue la audiencia del PCR, antes de iniciar, a la mitad y al final del PCR (septiembre del 2003, en febrero y junio del 2004). Los criterios de selección fueron: 1) Consentimiento informado, voluntario y firmado por los padres de cada niño para poder realizar la toma de la muestra. 2) Que el niño tuviera mínimo 2 años de residencia en la zona de Morales-Pirules, 3) Que los niños fueran

participantes del PCR. El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la UASLP y cumple con los principios éticos de la declaración de Helsinki de 1975.

Las muestras de sangre fueron obtenidas por punción venosa con tubos Vacutainer® libres de Pb, con EDTA como anticoagulante y se almacenaron a 4°C hasta su análisis. Se determinó el contenido de Pb con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 3110, con horno de grafito y se utilizó un modificador de matriz (difosfato de amonio-tritón X-100 en ácido nítrico al 2%) siguiendo el método de Subramanian²⁹. La concentración de As fue cuantificada en la primera orina colectada durante la mañana en frascos de polietileno, lavados previamente con HNO₃ al 10% y enjuagados con agua desionizada. De cada muestra se separaron alícuotas en tubos de polipropileno de 5 mL y fueron congeladas a -20°C hasta su análisis. En una de las alícuotas de cada niño se cuantificó la creatinina para ajustar los niveles de As. Otra alícuota se sometió a digestión con una mezcla de ácido nítrico, perclórico y sulfúrico³⁰. El As fue analizado por absorción atómica de flama mediante un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer Analyst 100, acoplado a un sistema generador de hidruros Perkin-Elmer FIAS 100.

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%.

El monitoreo biológico no se llevó a cabo en el grupo control de niños, pues no se consideró ético. Por lo tanto cada niño incluido en el monitoreo biológico fue su propio control, ya que la primera muestra se realizó cuando no se les había dado algún tipo de información relacionada con los contaminantes.

Análisis Estadístico

Dibujos y cuestionarios a los niños

Se realizó una prueba de Chi-cuadrada para conocer las proporciones de los elementos encontrados en los dibujos y de las respuestas correctas de los cuestionarios.

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.

Monitoreo biológico

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 Statistica³¹.

Resultados

Implementación del Programa de Comunicación de Riesgos

El PCR se llevó a cabo durante el ciclo escolar agosto 2003- junio 2004. En el Cuadro 1 se muestra el cronograma de actividades realizadas y los participantes. A continuación se describe brevemente cada una de ellas:

a) Teatro: La Contaminación ¡Uy qué miedo y Los Siete Viajes. En estas obras con personajes como *Contraveneno* y *Contaminex* se les informó a los niños en dónde se localiza la contaminación y cómo pueden evitarla.

b) Teatro Guiñol: Se creó la obra llamada *Contaminex y el Señor Plomo*. A través de títeres se les dieron los mensajes a los niños. Los niños participaron e interactuaron con los títeres, expresando sus dudas e inquietudes.

c) Experimentos Didácticos: Se relacionaron con la contaminación ambiental y los efectos a la salud del Pb y As. Un ejemplo de estos experimentos fue la determinación colorimétrica de Pb presente en tierra contaminada. Los niños pudieron apreciar por sí mismos la presencia del contaminante.

d) Videos Educativos: De la colección de videos *Érase una vez el Cuerpo Humano*, Editorial Planeta-Agostini, se utilizaron los videos *Guerra a las toxinas* y *El Cerebro*. Se seleccionaron porque se relacionan con el problema de contaminación y los efectos en la salud del Pb y del As.

e) Pláticas Informativas: Se impartió a los niños, en forma de cuento las pláticas de *Juanito y el Plomo* y *El Cerebro es el Jefe*, en las cuales 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.

f) Juegos y concursos: Esta actividad se realizó para reforzar los conceptos sobre riesgos a la salud y además permitió evaluar los conocimientos adquiridos por los niños. Se realizó el juego al que llamamos “Recorrido”. Se organizó a los niños por equipos, cada equipo tuvo que visitar 7 pistas distribuidas por el patio de su escuela, en las cuales además de que cada niño tuvo que contestar alguna pregunta relacionada con la información que se proporcionó en el PCR, realizaron una actividad que tenía un mensaje del PCR.

g) Pláticas para los padres de familia y maestros: Se llevaron a cabo 4 pláticas para informarlos sobre los problemas de contaminación con Pb y As en la zona, los efectos en la salud y cómo poder disminuirlos. 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 el cual se resume lo explicado en las distintas pláticas. En el Cuadro 1 se señala la fecha en las que se realizaron y el número de padres y maestros participantes. Es importante señalar que los maestros además estuvieron presentes en las actividades realizadas con los niños.

Evaluación del PCR

Adquisición de conocimientos y cambios de conducta

*** Elaboración de dibujos:** Los dibujos fueron analizados en cuanto a los elementos encontrados y con base a ellos, posteriormente se clasificaron dentro de tres categorías.

Elementos Tóxicos: Dibujos con elementos como la tierra contaminada, cigarros, agua de la llave contaminada, barro vidriado (por contenedor Pb), As, Pb, microbios, humo, entre otros.

Alimentos: Dibujos que contenían elementos como comida chatarra (frituras, bebidas gaseosas y dulces), o alimentos saludables (fruta, verduras, leche, etc.)

Bienestar: Dibujos con algún elemento alusivo a la naturaleza, algún juego o alguna actividad social o lúdica.

Los dibujos de los niños que participaron en el PCR fueron comparados con los del grupo control de niños. La prueba de Chi-Cuadrada mostró una diferencia estadísticamente significativa

Cuadro 1. Cronograma de Actividades del Programa de Comunicación de Riesgos.

Fecha	Actividad	Población/(n)
27 y 28/08/2003	Presentación del PCR y autorización de los padres.	Padres de familia (120), Maestros (8)
4 y 5/09/2003	Primer muestreo biológico Aplicación cuestionario a padres de familia antes del PCR	Niños pertenecientes al PCR (25) Padres de familia (25)
12/09/2003 15, 17 y 22/10/2003 11 y 14/11/2003 12 y 13/11/2003 3 y 4/12/2003 21, 22 y 23/01/2004	Obra de teatro " <i>La Contaminación ¡Uy! Qué miedo</i> " Experimentos didácticos (4 diferentes) Presentación de video " <i>Guerra a las toxinas</i> " Obra de teatro guiñol " <i>Contaminex y el Señor Plomo</i> " Cuento " <i>Juanito y el Plomo</i> " Juego de preguntas " <i>Recorrido</i> "	Niños pertenecientes al PCR (170) Maestros (6)
29 y 30/01/2004	Plática y entrega de resultados del monitoreo biológico	Padres de familia (51), Maestros (6)
12 y 13/02/2004	Segundo muestreo biológico	Niños pertenecientes al PCR (25)
30 y 31/03/2004	Taller para padres de familia y maestros. Entrega de resultados del segundo monitoreo biológico	Padres de familia de niños pertenecientes al PCR (54) Maestros (6)
18 y 19/03/2004 12 y 13/05/2004 1 y 2/06/2004 14 y 20/06/2004	Video y plática " <i>El Cerebro</i> " y " <i>El cerebro es el jefe</i> " Experimentos didácticos (4 diferentes) Obra de teatro " <i>Los Siete Viajes</i> " Evaluación en los niños a través de dibujos	Niños perteneciente al PCR (170) Maestros (6)
22 y 23/06/2004	Tercer muestreo biológico Aplicación cuestionario a padres de familia después PCR	Niños pertenecientes al PCR (25) Padres de familia (23)
29 y 30/08/2004	Entrega de resultados del tercer monitoreo biológico Plática sobre los resultados del proyecto	Padres de familia de niños pertenecientes al PCR (80) Maestros (8)

en la categoría de elementos tóxicos y en la categoría de alimentos ($p < 0.001$, $OR = 14$ y $p < 0.001$, $OR = 0.05$ respectivamente), es decir, los niños que participaron en el PCR dibujaron más elementos tóxicos, y por otro lado los niños que no participaron en el PCR dibujaron más alimentos. En la categoría de bienestar no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 1.

* **Cuestionarios:** Los resultados mostraron que el 76% de los niños que participaron en el PCR respondieron correctamente a más del 60% de las preguntas, mientras que pocos niños del grupo control respondieron correctamente (Datos no mostrados). Se aplicaron además cuestionarios a los padres de familia, y se encontró que un año después de la aplicación del PCR, por

lo menos una conducta en los niños cambió. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en algunas de las conductas que fueron cambiadas por los niños. Por otro lado, los padres de familia también tuvieron al menos un cambio en su conducta, como producto del taller que se realizó dentro del PCR. De 12 madres de familia que utilizaban la olla de barro para cocinar frijoles (48%), después del PCR sólo una la continuaba utilizando (4%) ($p < 0.001$, $OR = 20.3$).

Monitoreo biológico

Contrario a lo esperado, se encontró una disminución de los niveles de PbS y AsO en los niños analizados. Los resultados sobre las concentraciones encontradas en PbS y AsO en los tres muestreos realizados se presentan en las Tablas

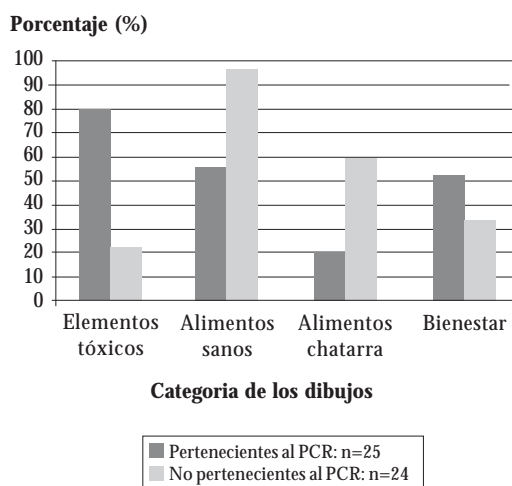


Figura 1. Comparación del porcentaje de elementos encontrados en los dibujos de los niños pertenecientes y no pertenecientes al PCR.

2a y 2b. Con estos datos se realizó una prueba de ANOVA de mediciones repetidas, para determinar alguna diferencia entre cada individuo y sus mediciones. En el caso de PbS hubo un aumento estadísticamente significativo entre el primer y segundo muestreo y, un decremento entre el segundo y el tercer muestreo ($p < 0.005$). Para el AsO la diferencia entre los tres muestreos fue estadísticamente significativa. Del primer al segundo muestreo y del primer al tercer muestreo hubo un aumento; pero del segundo al tercer muestreo hubo una disminución ($p < 0.005$).

Discusión

El presente trabajo se sustentó en información relacionada con la contaminación generada por una industria metalúrgica, con el riesgo por la

Tabla 1. Cambios de conducta en los niños antes y después del PCR.

Actividad	Antes del PCR (% de niños que realizan la actividad)	Después del PCR (% de niños que realizan la actividad)	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

Tabla 2a. Estadística comparativa de los niveles de Plomo en Sangre de los tres muestreos biológicos realizados a los niños que participaron en el PCR

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

Tabla 2b. Estadística comparativa de los niveles de Arsénico en orina de los tres muestreos biológicos realizados a los niños que participaron en el PCR.

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

* Datos transformados logarítmicamente al no seguir una distribución normal.

exposición a los contaminantes y con sus posibles efectos en salud. Otro contexto en el cual se basó el trabajo fue que la disminución de la exposición al suelo contaminado, posiblemente disminuiría las concentraciones de los metales en los niños de la zona. Con base a lo anterior, se propuso un proyecto de intervención para tratar de lograr una serie de cambios conceptuales y de conductas relacionadas con la problemática ambiental, principalmente en los niños de la zona contaminada. Este trabajo consistió por lo tanto en tres acciones principales: 1) En el diseño del PCR como una medida de intervención, 2) en la implementación del mismo, seleccionando dentro del área de la pedagogía, los elementos y procedimientos más adecuados para ser adaptados al tipo de información que se quería proporcionar, en este caso enfocada a disminuir la ingesta de suelo contaminado, y a las características socio-culturales de la población afectada, y 3) en la evaluación de los resultados obtenidos después de aplicar el PCR en niños de la zona contaminada.

Para el diseño y la implementación se consideró que el aprendizaje debe comprenderse como un proceso multidimensional de apropiación cultural, ya que se trata de una experiencia que involucra el pensamiento, la afectividad y la acción. De acuerdo con David Ausubel, si se logra el aprendizaje significativo, se trasciende la repetición memorística de contenidos inconexos y se logra construir significado, dar sentido a lo aprendido, y entender su ámbito de aplicación y relevancia en situaciones académicas y cotidianas. Si no se logra un aprendizaje significativo, la ganancia de conocimientos no garantiza un cambio de conducta^{17,18,32,33}. Por lo tanto, para analizar si se logró un aprendizaje significativo en los niños, se evaluó por un lado la adquisición de conocimientos y la percepción de riesgos, y por otro lado, el cambio en las conductas relacionadas con la exposición a los contaminantes de la zona de Morales.

Nuestros resultados indican que después de aplicado el PCR se logró que los niños adquirieran conocimientos y cambiaran su percepción en cuanto a la contaminación del lugar y la forma de disminuir su exposición. Lo anterior se constató con la evaluación del PCR por medio de la elaboración de dibujos y la aplicación de cuestionarios. Se encontraron diferencias entre los porcentajes y el tipo de elementos encontrados en los dibujos de los niños que participaron en el PCR en comparación con los dibujos de los niños que no participaron en él (Figura 1). Por otro lado, el grupo de niños que no participaron en el PCR, a pesar de ser una población con las mis-

mas condiciones ambientales por vivir en la misma zona de Morales-Pirules, mostró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los conocimientos relacionados con los contaminantes de la zona, Pb y As, y en la manera en que se pueden exponer a ellos. Aparentemente el PCR también permitió que los niños cambiaran al menos una conducta que favoreciera la disminución de la exposición a los contaminantes de la zona, tales como no comer tierra, no chuparse la manos, no jugar con tierra, entre otras. Esto se constató con los cuestionarios aplicados a los padres de familia, los cuales permitieron llevar a cabo la comparación entre las conductas de los niños en sus hogares, antes y después de aplicar al PCR (Tabla 1). Es importante señalar que la evaluación sobre cambios de conducta sólo se llevó a cabo por los cuestionarios aplicados a los padres de familia, lo cual se debería haber comprobado por un estudio observacional. Consideramos que esto es una limitante del estudio, ya que confiamos en lo reportado por los padres.

En el presente estudio no se buscó evaluar cada uno de los canales de comunicación utilizados, por lo que no podemos concluir si alguno contribuyó más que los otros para que los niños participantes del PCR adquirieran conocimientos y cambiaran conductas. Sin embargo, en un estudio realizado con niños de 6 y 7 años de edad del municipio de Zapopan, Jalisco, México³⁴, se comprobó que el teatro guiñol es una estrategia efectiva en la ganancia de conocimientos relacionados con la salud oral. Consideramos que sería relevante realizar estudios posteriores en los cuales se buscara conocer si alguno o algunos de los canales de comunicación utilizados son más adecuados que los otros, o bien, si la combinación de todos es más efectiva.

A pesar de que los resultados obtenidos con relación a los cambios de conductas, percepción del riesgo y conocimientos adquiridos por los niños, indican que el PCR fue adecuado, no se logró disminuir la concentración de PbS y AsO en la población estudiada (Tabla 2a y 2b). Una posible explicación, es que los cambios de conducta reportados por los padres de familia no sean reales, y que los niños no hayan disminuido su exposición al suelo contaminado. Otra posible explicación es que el suelo podría no ser la principal ruta de exposición para los niños y que quizás exista otra ruta igualmente importante. El aire podría ser considerado como esta posible ruta de exposición, por lo que se obtuvo información de la estación de monitoreo del aire de Morales. Esta estación forma parte de una red de monitoreo

medioambiental de la compañía Industrial Minera México, S.A. (IMMSA). Con los datos obtenidos se relacionaron las concentraciones promedio encontradas para PbS y AsO en los niños analizados y se observó que existe una tendencia a la correlación, sin embargo no fueron estadísticamente significativas (Figuras 2a y 2b).

Investigaciones relativamente recientes coinciden en que la concentración de PBS en los niños cambia dependiendo de la estación en la cual se toma la muestra y dependiendo de las características meteorológicas del lugar. En un estudio realizado por el grupo de Laidlaw³⁵, se propuso un modelo en el cual se observó que al incrementar la temperatura del lugar, se disminuye la humedad del suelo, lo cual hace que las partículas de polvo se desprendan del suelo. Si estas partículas llevan una carga importante de Pb, son fácilmente transportadas por el aire, lo que las hace respirables e ingeribles. Con base a lo anterior, se sugiere que el aumento de las concentraciones promedio de PbS y AsO del mes de septiembre del 2003 con relación al mes de febrero del 2004 se pudiera deber no sólo a la presencia de los contaminantes en aire, sino que también pudiera ser el resultado de las condiciones meteorológicas del lugar.

En el presente trabajo fuimos capaces de demostrar que después del PCR los niños ganaron conocimientos y cambiaron hábitos (Figura 1 y Tabla 1) pero no se encontró una reducción de la exposición (Tablas 2a y 2b y Figuras 2a y 2b). Esta aparente contradicción puede ser explicada con el argumento de que el suelo sí es la fuente de exposición, pero la inhalación de partículas y no la ingesta sería la principal ruta. A favor de la inhalación está el hecho de que al incrementar la concentración de los contaminantes en el aire, se aumentó el nivel de exposición (Figuras 2a y 2b). Por otro lado, la evaluación de riesgos es una estrategia que define probabilidades de encontrar algún efecto en la salud, pero ésta implica el manejo de las incertidumbres. En el caso del presente trabajo, la mayor incertidumbre era la ruta de exposición. Nuestro PCR se centró en la ingesta y no en la inhalación. De acuerdo con lo anterior, los datos son un buen ejemplo de las limitantes que tiene la evaluación de riesgos. No obstante, el haber realizado el presente estudio, nos permitió definir con mayor claridad el camino que siguen los contaminantes desde la fuente (el suelo) hasta el receptor (los niños), y esto finalmente ha servido para rediseñar el PCR. En un futuro trabajo se ejercerá énfasis en la inhalación de polvo y en la necesidad de realizar limpieza de calles y viviendas.

Otro punto que merece ser comentado es el hecho de trabajar con poblaciones numéricamente pequeñas. En nuestro trabajo lo pequeño de la muestra se debió a cuestiones éticas de trabajar solamente con aquellos niños cuyos padres autorizaran el realizar tres muestreos en sus hijos. Siempre los números pequeños implican una limitante estadística, pero en muchos casos, como el nuestro, esto no es grave si consideramos que la variabilidad de los datos no fue alta (Tablas 2a y 2b).

Consideramos que el presente trabajo establece las bases para trabajos posteriores, en los cuales como medida de intervención en zonas

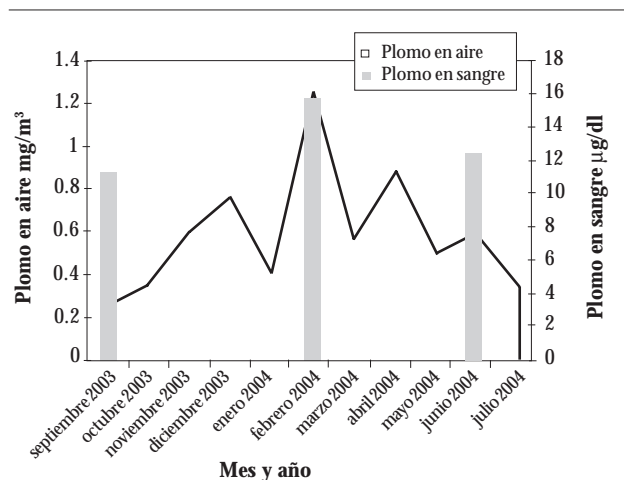


Figura 2a. Niveles de plomo en sangre con respecto a los niveles de plomo en aire

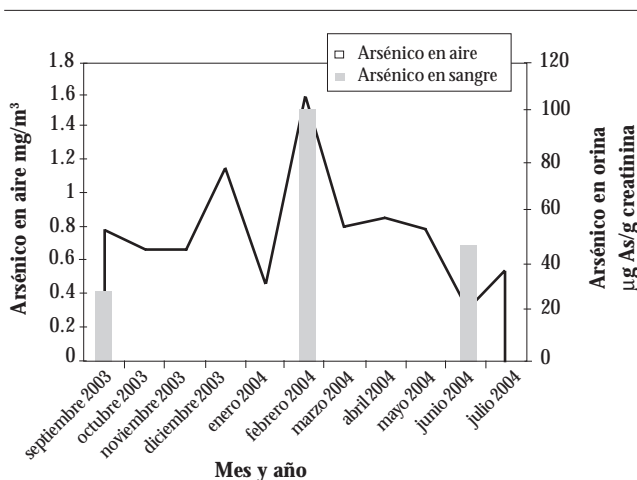


Figura 2b. Niveles de arsénico en orina con respecto a la concentración de arsénico en aire

contaminadas con metales, se busque establecer un PCR. Remarcando que desde un inicio deben considerarse todas las posibles fuentes y rutas de exposición para la población afectada; y teniendo en mente que un PCR podrá tener mejores resultados si se lleva a cabo con otras medidas de remediación ambiental¹⁰⁻¹⁴.

Colaboradores

AC Cubillas-Tejeda tuvo participación en el diseño del proyecto, Metodología de Comunicación de Riesgos, asesoría y escritura del artículo. R Torres-Nerio ha participado de la escritura del artículo, FDB Martínez ha participado de la investigación, metodología, asesoría y escritura del artículo, L Carrizales-Yáñez ha participado de la metodología y asesoría en la cuantificación de Pb y As, C Coronado-Salas ha participado de la metodología e implementación del Programa de Comunicación de Riesgos, LMN Caraveo ha participado de la asesoría en educación ambiental, ARM Sánchez ha participado de la metodología de Comunicación de Riesgos, escritura del artículo, LB Lomelí ha participado de la metodología de elaboración de dibujos, AC Cubillas-Tejeda ha participado del diseño del proyecto, metodología de comunicación de Riesgos, asesoría y escritura del artículo.

Agradecimientos

Por el apoyo económico brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y por el Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología (Fondos Mixtos) a través del proyecto Clave FMSLP-2002-4266. Al Q.F.B. esp. B.C. Juan Manuel Vargas, al Q.F.B. esp. B.C. Fidel Martínez y a la Q.F.B. Juana María Tovar Oviedo, profesores de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP por el apoyo en la toma de muestras de sangre. A los profesores y estudiantes de la Unidad Pediátrica Ambiental: (CANICAS) por su apoyo en la realización de las diferentes herramientas utilizadas para llevar a cabo el PCR.

Referencias

- Grupo México. *Historia de IMMSA*; 2003 [Fecha de acceso 2003 oct 28]. Disponible en: <http://www.grupomexico.com/gm21000.html>
- Díaz-Barriga F, Santos MA, Mejía JJ, Batres L, Yáñez L, Carrizalez L, Vera E, Delraza LM, Cebrian ME. Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosí, México. *Environmental Research* 1993; 62(2):242-250.
- 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. En: Hernández M, Palazuelos E, editores. *Intoxicación por Plomo en México*. Prevención y Control. 1 ed. México: Perspectivas en Salud Pública; 1995. p. 175-185
- Carrizales L, Razo I, Téllez-Hernández J, Torres-Nerio R, Torres A, Batres LE, Cubillas-Tejeda AC, Díaz-Barriga F. Exposure to arsenic and lead of children living near a copper-smelter in San Luis Potosi, Mexico: Importance of soil contamination for exposure of children. *Environmental Research*. 2006;110(1):1-10.
- Environmental Protection Agency. 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]. 1990; US EPA, Washington, DC. [fecha de acceso 2011 sep 6]. URL disponible en: <http://www.epa.gov/superfund/sites/rods/fulltext/r0890028.pdf>
- Environmental Protection Agency. Residential Lead Hazard Standards-TSCA Section 403. *Office of Pollution Prevention and Toxics* US EPA, Federal Register, January 5; 2001. [Fecha de acceso 2003 oct 28]. Disponible en: <http://www.epa.gov/lead/pubs/403risk.htm>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Lead; 2007. U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. [Fecha de acceso 2011 sep 6]. URL disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic; 2007. US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. [Fecha de acceso 2011 sep 6]. URL disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2-p.pdf>
- Calderón J, Navarro ME, Jiménez-Capdeville ME, Santos-Díaz MA, Golden A, Rodríguez-Leyvaa I, Borja-Aburto V, Díaz-Barriga F. Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children. *Environmental Research* 2001; 85(2):69-76.
- Goulet L, Gaudreau J, Messier A. Results of a lead decontamination program. *Arch Environmental Health* 1996; 51(1):68-72.
- Langlois P, Smith L, Gould R, Goel V, Gibson B, Flemming S. Blood lead levels in Toronto children and abatement of lead-contamination soil and house dust. *Achieves of Environmental Health* 1996; 51(1):59-67.
- Hilts SR, Bock SE, Oke TL, Yates ChL, Copes RA. Effect of interventions on children's blood lead levels. *Environmental Health Perspectives* 1998; 106(2): 79-83.
- Environmental Protection Agency. *Effect of in-home educational intervention on children's blood lead levels in Milwaukee*. 1996. Washington, DC, Office of Pollution Prevention and Toxics, U.S. EPA; EPA-747-R-95-009. [This document is available by calling 1-800-424-LEAD].
- 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* 1996; 98(1):35-40.
- National Research Council. Improving risk communication. Washington, DC: National Academy Press; 1989. pg. 21. [Fecha de acceso 2003 ago 4] Disponible en: <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309039436>
- Organización Panamericana de la Salud. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. *Curso de autoinstrucción*. Comunicación de Riesgos. [Fecha de acceso 2005 may 2]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/tutorial6/e/temas.html>
- Díaz-Barriga AF, Hernández RG. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. una interpretación constructivista. 2ª ed. México: McGraw Hill/ Interamericana Editores; 2002.
- Gimeno J, Pérez AI. *Comprender y transformar la enseñanza*. 1ª. ed. Madrid: Ediciones Morata, S.L.; 1994.
- Jacob E, Ramírez A. *Circo, maroma y brinco*. Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 15ª ed. México: Dirección de Medios y Publicaciones; 2004.
- Díaz Plaja A. *Teatro infantil y dramatización escolar*. La Mancha Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla; 1997.
- Rogozinski V. El juego con títeres. Un taller laboratorio. En: *La educación en los primeros años*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Novedades Educativas; 1999. p. 78-95
- Alonso L. Piaget en la educación preescolar venezolana. *Educere artículos* 2000; 3(9):20-24.
- Yaglis D. *La educación natural y el medio*. México: Trillas, 1989 (reimpresión 2001). [Fecha de acceso 2003 ago 8]. Disponible en: <http://www.cnep.org.mx/Informacion/teorica/educadores/montessori.htm>
- Izquierdo M, Sanmartí N, Espinet M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias* 1999; 17(1):45-59. [Fecha de acceso 2003 ago 8]. Disponible en: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n1p45.pdf>
- Bartolome AR. *Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia*. Barcelona: Grao, Universidad de Barcelona, Instituto de Ciencias de la Educación; 1999.
- Jacob E, Ramírez A. *¿Te lo cuento otra vez...?* Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 15ª ed. México: Dirección de Medios y Publicaciones; 2002.

27. Jacob E, Janovitz E. *Aprender jugando*. Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 18ª ed. México: Dirección de Medios y Publicaciones; 2004.
28. Barraza L. Children's drawings about the environment. *Environmental Education Research* 1999; 5(1): 49-66.
29. Subramanian KS. Determination of lead in blood: Comparison of two GFAAS methods. *Atomic Spectrosc* 1987; 8(1):7-14.
30. Cox HD. Arsine evolution-electrothermal atomic absorption method for the determination of nanogram levels of total arsenic in urine and water. *J Anal Toxicol* 1980; 4(1):207-211.
31. Statistica (data analysis software system) [computer program]. Version 6. Tulsa (OK): StatSoft Inc.; 2001. [Fecha de acceso 2003 oct 28]. Disponible en: www.statsoft.com
32. Díaz-Barriga F. Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 2003; 5(2):1-13. [Fecha de acceso 2009 ene 30]. Disponible en: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>
33. Ertmer PA, Newby TJ. Traducción: Ferstadt N, Szczurek M. Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly* 1993; 6(4):50-72. [Fecha de acceso 2009 Enero 30]. Disponible en: http://ares.unimet.edu.ve/programacion/psfase3/modII/biblio/CONDUCTISMO_%20COGNITIVISMO_%20CONSTRUCTIVISMO.pdf
34. Aldrete G, Mendoza PL, Aranda C, Pérez MB, Galván MG. Promoción de la salud oral a través del teatro guiñol. *Revista de Educación y Desarrollo* 2007; (7):51-56.
35. Laidlaw M, Mielke H, Filippelli G, Johnson D, González 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* 2005; 13(6): 793-800.

Artigo apresentado em 23/04/2009

Aprovado em 27/08/2009

Versão final apresentada em 10/09/2009