

LA COMUNICACIÓN DE RIESGOS COMO UNA HERRAMIENTA PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN INFANTIL A PLOMO Y ARSÉNICO EN LA ZONA CONTAMINADA DE VILLA DE LA PAZ-MATEHUALA, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Citlalhit CORONADO-SALAS^{1*}, Fernando DÍAZ-BARRIGA², Ana Rosa MORENO-SÁNCHEZ³,
Leticia CARRIZALES-YÁÑEZ⁴, Rocío TORRES-NERIO⁵, Yei Jazmín RENTERÍA-GUZMÁN⁶,
Ana Cristina CUBILLAS-TEJEDA⁷.

¹ Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP. Ave. Dr. Manuel Nava #6 Zona Universitaria CP. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México

² Departamento de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la UASLP. Ave. Venustiano Carranza #2405, C.P. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México. Correo electrónico: fdia@uaslp.mx

³ Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Dirección postal: Calle 13 N° 167 Depto. 302 Col. Espartaco, México, D.F. C.P. 04870. Correo electrónico: ana_rosa_moreno@yahoo.com

⁴ Departamento de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la UASLP. Ave. Venustiano Carranza #2405 C.P. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México. Correo electrónico: letcay@uaslp.mx

⁵ Estudiante de Doctorado en el Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales (PMPCA) de la UASLP. Ave. Dr. Manuel Nava #6 Zona Universitaria, CP. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México. Correo electrónico: chiroinanerio@hotmail.com

⁶ Estudiante de Maestría en el PMPCA de la UASLP. Ave. Dr. Manuel Nava #6 Zona Universitaria, CP. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México. Correo electrónico: biol_yei@hotmail.com

⁷ Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP. Ave. Dr. Manuel Nava #6 Zona Universitaria CP. 78210, San Luis Potosí, S. L. P. México. Correo electrónico: acris@uaslp.mx

*Autor responsable; citlalhit@hotmail.com

(Recibido enero 2011, aceptado febrero 2012)

Palabras clave: salud ambiental, exposición a riesgos ambientales, comunicación de riesgos

RESUMEN

Se diseñó, implementó y evaluó un programa de comunicación de riesgos (CR) para disminuir la exposición infantil a plomo y arsénico en la zona minera de Villa de la Paz-Matehuala. Se diseñó el programa y se aplicó a 142 niños (5 a 12 años de edad) de la zona. La evaluación se realizó mediante análisis de dibujos, cuestionarios y monitoreo biológico para determinar los niveles de plomo en sangre (PbS) y arsénico en orina (AsO). Los dibujos y cuestionarios aplicados a los niños y padres de familia indicaron un aprendizaje, cambio en la percepción de riesgos y en conductas relacionadas con la contaminación. Los niveles de PbS en la mayoría de los niños disminuyeron ($p < 0.0001$), no así los niveles de AsO. Se logró disminuir la exposición al Pb y cambió la percepción hacia la contaminación de la zona. El presente trabajo establece las bases para el uso de este tipo de programas en sitios contaminados.

Key words: environmental health, exposure to environmental risks, risks communication

ABSTRACT

A risk communication program (RC) focused on children exposed to Pb and As in the mining area of Villa de la Paz-Matehuala, was designed, implemented and evaluated. The RC program was designed and applied to 142 children (5 to 12 years) of the mining area. The evaluation was done by using drawings, questionnaires and biological monitoring of lead in blood (PbB) and urinary arsenic (AsU). The drawings and questionnaires applied to the children and their parents showed learning and change in perception of risk and behavior with regard to contamination. There was a statistical significant decrease in the levels of PbB in most children ($p < 0.001$), but not in levels of AsU. The program partially reduced Pb exposure change and the people's perception to contamination was changed. This work establishes basis for using this kind of programs in contaminated sites.

INTRODUCCIÓN

En la zona minera de Villa de la Paz-Matehuala, San Luis Potosí, México, se han explotado por más de 200 años, yacimientos de sulfuros polimetálicos tipo skarn (Chávez *et al.* 1999). Como resultado, existen cinco presas de jales (residuos mineros) dentro y cerca de dicho poblado (Razo *et al.* 2004). Durante 2002 y 2003 se realizó una evaluación del impacto ambiental y se detectaron niveles elevados de arsénico (As), manganeso, cobre y plomo (Pb), en suelo, polvo y sedimentos (Razo *et al.* 2004, ATSDR 2007a, ATSDR 2007b). Además, desde 1997 se encontró que los niveles de Pb en sangre (PbS) y de As en orina (AsO) en niños menores de siete años de edad residentes de la zona, son superiores al límite permisible de 10 µg/dL y de 50 µg As/g creatinina, respectivamente (Carrizales *et al.* 1999, Mejía *et al.* 1999a). Se determinó que la principal ruta de exposición podría ser el suelo y su ingesta por vía oral (Mejía *et al.* 1999b). Las conductas de los niños que los ponen en riesgo son comer tierra contaminada con Pb y As, jugar con tierra y chupar sus juguetes o chuparse las manos, el gatear y chuparse las manos. Por lo anterior se definió a Villa de la Paz y Matehuala como áreas de alto riesgo para la salud de la población, principalmente para los niños (Mejía *et al.* 1999b).

Las concentraciones encontradas en los niños del lugar para ambos contaminantes producen efectos a la salud. El Pb en un rango de concentración de 10 a 30 µg/dL en sangre puede ocasionar disminución del coeficiente intelectual, disminución de la velocidad de la conducción nerviosa y disminución del metabolismo de la vitamina D (ATSDR 2007a). La exposición a Pb puede ocasionar daño neurológico, aún a concentraciones sanguíneas por debajo de 10 µg/dL (Canfield *et al.* 2003).

Concentraciones de As en orina superiores a 50

µg As/g creatinina, puede causar náusea, vómitos y diarrea, menor producción de eritrocitos y leucocitos, ritmo cardíaco anormal, daños a los vasos sanguíneos, alteraciones en el sistema nervioso, así como una sensación de hormigueo en las manos y los pies, y eventualmente la muerte (ATSDR 2007b). Las exposiciones crónicas al As en agua de consumo humano están relacionadas con un incremento en el riesgo de cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñón, enfermedades de la piel como hiperqueratosis y cambios de pigmentación (Woo y Chi 2001). Además, la exposición crónica al As en combinación con problemas de desnutrición podría ser la causa de ciertos efectos neurológicos identificados en niños (Calderón *et al.* 2001).

En comparación con los adultos, la susceptibilidad de los niños a estos contaminantes se incrementa por varios factores, entre los cuales destaca su fisiología, ya que al tener los órganos inmaduros los contaminantes actúan con mayor toxicidad; sus demandas para desarrollarse y crecer en cuanto a ingesta de agua y alimentos y su incapacidad para alejarse del peligro (OMS 2006).

Por las razones expuestas, se buscaron medidas de intervención para reducir el grado de riesgo y la exposición infantil a Pb y As en esta zona minera. Se encontraron reportes académicos y gubernamentales realizados principalmente en Canadá y Estados Unidos de América, que muestran la eficacia de programas de intervención ambiental basados en la educación para la salud. En dichos estudios las poblaciones estaban expuestas a Pb por fundidoras o recicladoras de baterías por varios años. La estrategia fue llevar a cabo diversas medidas, tales 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 analizados (Goulet *et al.* 1996, Langlois *et al.* 1996, Lanphear *et al.* 1996, EPA 1996, Hilts *et al.* 1998). Es importante resaltar que en estos trabajos la evaluación de los programas implementados sólo se realizó a través de monitoreo biológico, lo que pudiera ser una limitante de estos estudios, dado que no se valoró la ganancia de conocimientos sobre prevención a la exposición ni sobre la mitigación de los efectos, además no se evaluó la permanencia de los cambios de conducta que es finalmente lo que influye en la exposición en estos casos.

Con base en lo anterior, en el presente estudio se decidió utilizar la Comunicación de Riesgos (CR) como una medida de intervención en escuelas de Villa de la Paz y Matehuala. La CR puede definirse como un proceso de interacción e intercambio de información entre individuos, grupos o instituciones; relativo a amenazas para la salud, la seguridad o el ambiente, con el propósito de que la comunidad o población afectada, conozca los riesgos a los que está expuesta y participe en su mitigación (National Research Council 1989). Los elementos de un Programa de Comunicación de Riesgos (PCR) son: la fuente, la audiencia, el mensaje y los canales de comunicación (OPS 2004).

Se han propuesto ocho pasos básicos para el desarrollo de un PCR (Baker 1990): a) evaluación del riesgo para la salud, b) establecimiento de objetivos, c) evaluación de la audiencia blanco, d) evaluación del contexto sociocultural, e) selección del enfoque, f) construcción de las comunicaciones, g) puesta en operación del PCR, y h) evaluación de los efectos. Estos 8 pasos básicos provienen de un estudio de McGuire (1984) de comunicación pública como estrategia para inducir un comportamiento promotor de la salud. En general se pueden considerar como consecutivos, pero algunos se pueden realizar simultáneamente.

Antes de diseñar un PCR es necesario considerar la percepción de riesgos que tiene la audiencia que recibirá los mensajes. La percepción de los riesgos para la salud está enraizada en los distintos entornos económicos, sociales y culturales (Douglas 1982), por lo que la noción de riesgo no significa lo mismo para todas las personas. Cada sitio contaminado es distinto, pues está formado por personas distintas; cada cultura ve el mundo con su visión propia, por lo que cada programa debe ser diseñado bajo las particularidades del problema ambiental y de su contexto social para que sea exitoso (Baker 1990). Parte del éxito de la CR depende en gran medida de que se involucre a la comunidad desde un inicio, y una manera de involucrarla es analizando inicialmente la percepción que tienen frente a un riesgo para la

salud, así como sus preocupaciones, y considerarlas en el diseño del PCR que se aplicará en la comunidad (Briceño-León 1996, OMS 2002). Por lo anterior, los mensajes y las actividades deben ser diseñados considerando 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 contaminación (Díaz-Barriga y Hernández 2002).

Un PCR debe ser evaluado para conocer cuál fue el impacto que realmente tuvo y para determinar si se lograron los objetivos establecidos (Tinker 1997). La evaluación no implica que se realice al final ya que existe la evaluación formativa y de procesos que se realizan en el momento que se diseñan los mensajes y canales de comunicación, o en las actividades que se realicen con la comunidad.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue el diseñar e implementar un PCR como una medida de intervención para disminuir la exposición a Pb y As a través de la ingesta de suelo y polvo; evaluar el aprendizaje y el cambio de conductas relacionadas con la exposición a los contaminantes y, alertar tanto a los niños, como a los padres de familia y maestros en la zona de Villa de la Paz-Matehuala, de la importancia de disminuir la exposición a los contaminantes.

Es relevante señalar que para el diseño y la implementación del PCR se consideró, de acuerdo con Ausbel *et al.* (1976), si se logra el aprendizaje significativo, que se logra dar sentido a lo aprendido y se entiende su 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 (Ertmer y Newby 1993, Gimeno y Pérez 1994, Díaz-Barriga 2003).

METODOLOGÍA

1) Zona de estudio

En los municipios de Matehuala y Villa de la Paz del estado de San Luis Potosí, México, se encuentra el distrito minero de Santa María de la Paz aproximadamente a 192 km al noroeste de la ciudad de San Luis Potosí. Dicho distrito minero está situado en el margen oeste de la Sierra Madre Oriental, en las laderas de una pequeña serranía conocida como "El Fraile". Esta región tiene clima tipo semiárido templado (Castro-Larragoitia *et al.* 1997).

De acuerdo con los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en el Censo de Población y Vivienda 2010

(INEGI 2010a), la población total del municipio de Matehuala es de 91 522 habitantes y un total de 22 313 viviendas particulares. Para el municipio de Villa de la Paz la población total es de 5350 habitantes y 1283 viviendas. El Índice de Desarrollo Humano reportado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO 2000) para Matehuala es de 0.759 y para Villa de la Paz es de 0.782, ambos corresponden a un grado de desarrollo humano de medio alto. Con respecto al grado de marginación (CONAPO 2005), el total de la población del municipio de Villa de la Paz se encuentra en un grado medio de marginación. Para el caso de Matehuala, la mayoría de la población se encuentra en un grado bajo y un grado medio de marginación.

El INEGI en el año 2000 reportó que la población económicamente activa ocupada del municipio de Villa de la Paz fue de 1675 y de ésta, el 53.19 % se encuentra en el sector secundario (minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad). Específicamente el porcentaje de personas ocupadas en la minería fue del 14.9 %. Para el municipio de Matehuala, la población económicamente activa ocupada fue de 26 427, de la cual el 34.82 % lo está en el sector secundario y las personas dedicadas a la minería son el 0.4 %. (INEGI 2000). Actualmente los datos reportados indican que la población económicamente activa ocupada en el municipio de Villa de la Paz en el sector secundario es el 51.74 %; y en el municipio de Matehuala es del 28.51 % (INEGI 2010b). Estos datos son de importancia para tener una idea del nivel socioeconómico de la población, así como su principal ocupación y considerar esta información en el diseño del PCR.

2) Diseño e implementación del Programa de Comunicación de Riesgos

a) Diseño del Programa de Comunicación de Riesgos

Los elementos del programa de CR fueron los siguientes:

La fuente. Este papel lo llevó a cabo El Consorcio Académico: Niño, Casa, Ambiente y Salud (CANICAS), integrado por profesores-investigadores y estudiantes de posgrado y de licenciatura de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP, de septiembre de 2003 a octubre de 2005. El trabajo desarrollado por la fuente fue tanto el diseño y la implementación del PCR, como la evaluación del mismo.

La audiencia. Estuvo integrada por niños, niñas, padres de familia y maestros. La población infantil que participó en el PCR estuvo compuesta de 142 niños y niñas con un rango de edad de cinco a doce

años. Este rango de edad se consideró ya que por su etapa de desarrollo y por las actividades propias de los niños, los hace el grupo más susceptible a los efectos de los contaminantes.

El programa se aplicó durante dos ciclos escolares en diferentes escuelas que se encuentran en el área contaminada con Pb y As de la zona de Villa de la Paz y Matehuala. Entre estas escuelas se encuentra la “Escuela Primaria Benito Juárez” ubicada en la zona urbana de Villa de la Paz y muy cercana a la mina. Otro centro escolar seleccionado fue el “Jardín de Niños José Cerrillo”, el cual está ubicado frente a la quebradora, que es donde se lleva a cabo el proceso de trituración del mineral. También se seleccionaron escuelas ubicadas en la colonia Real de Minas y en la comunidad del Carmen, entre éstas el “Jardín de Niños David Alfaro Siqueiros” y la “Escuela Primaria Jaime Torres Bodet” respectivamente, ya que la primera se encuentra enfrente, y la segunda cercana a los residuos mineros llamados “jales”. En Matehuala también se seleccionó una escuela, la cual fue el “Jardín de Niños María de la Luz Castillo”, que se encuentra a las afueras de Matehuala rumbo a Villa de la Paz, cercana a los jales mineros.

La mayoría de las veces los programas preventivos se dirigen a los adultos quienes, se supone, protegerán a los niños. Sin embargo, los niños por sí mismos deben comprender el riesgo que implica para su salud el estar expuestos a este tipo de contaminantes, para que ellos mismos tomen las medidas que estén a su alcance para su propia protección. Por esta razón se trabajó con ambos grupos.

El mensaje. Con base en estudios previos (Carrizales *et al.* 1999, Mejía *et al.* 1999a, b, Razo *et al.* 2004), se consideró el suelo como la principal ruta de exposición para la población infantil, de ahí la importancia de evitar la ingesta de suelo y polvo, por lo que los mensajes principales fueron *No comas tierra y Lávate las manos antes de comer, después de ir al baño y después de jugar con tierra*. Además se incluyó información sobre otras fuentes de exposición, principalmente al Pb, como el uso de ollas de barro vidriado para cocinar, así como información sobre medidas que pueden disminuir los efectos a la salud, por lo que otros mensajes fueron *No comas frijoles cocinados en olla de barro vidriado, No chupes lápices, Toma leche, come queso y yogurt*, entre otros. Para los padres de familia los mensajes fueron: *Limpia el polvo dentro de tu casa, Deja de cocinar con olla de barro vidriado, Ofrece productos lácteos a la familia*, entre otros. Los mensajes se validaron previamente por expertos en el área, por maestros y

además se probaron con un grupo pequeño de niños de la misma edad y nivel escolar. Los términos que se utilizaron en los mensajes fueron explicados con el apoyo de material didáctico, principalmente el uso de imágenes, para su total comprensión.

Los canales de comunicación. Los canales o medios de comunicación fueron seleccionados por ser adecuados en la población infantil para lograr un aprendizaje significativo. Se utilizaron por lo tanto, experimentos didácticos (Izquierdo *et al.* 1999), videos educativos (Bartolomé 1999), teatro guiñol (Rogozinski 1999), cuento (Jacob y Ramírez 2002), teatro (Jacob y Ramírez 2004) y juegos (Jacob y Janovitz 2004).

b) Implementación del Programa de Comunicación de Riesgos

El programa de CR se llevó a cabo de septiembre de 2003 a octubre de 2005. En el **cuadro I** se muestra el calendario que se siguió y se señalan las actividades realizadas, los canales utilizados, la población y el número de participantes de cada actividad. Todos los canales de comunicación utilizados se relacionaron

con la contaminación del lugar, con los efectos en la salud y con las medidas para reducir la exposición. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos.

a) Obras de teatro. *La Contaminación ¡Uy qué miedo!*, *Los Siete Viajes* y *El Planeta Azul*. 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 crearon las obras llamadas *Contaminex y el Señor Plomo*, y *¿Qué es el Arsénico?*. 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. En uno de los experimentos, se utilizó una reacción colorimétrica para la determinación de Pb, en la cual por medio de un agente oxidante como el cromato de potasio se oxida el Pb y se forma cromato de plomo, el cual es un pigmento de color amarillo visible para los niños. Esta reacción les permitió a los niños identificar el suelo o tierra que está conta-

CUADRO I. CALENDARIO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Fecha	Actividad	Población	Duración
4/09/2003	Presentación del PCR y autorización de los padres para participar en el mismo.	60 Padres de familia y 16 maestros.	1 hr
25/09/2003	Primer muestreo biológico de orina y sangre.	67 niños de preescolar y primaria.	Por la mañana.
9/03/2004	Plática y entrega de resultados del muestreo de Pb y As.	67 Padres de familia que asistieron al muestreo biológico.	30 min
6/05/2004	Evaluación por medio del dibujo previa al PCRSAI	110 niños, incluidos los del muestreo biológico.	1 hr
25/05/2004	1) Teatro <i>La Contaminación ¡Uy! Qué miedo</i> . 2) Experimentos didácticos. 3) Teatro Guiñol <i>Contaminex y el Señor Plomo</i> . 4) Taller padres de familia	142 niños. 58 padres de familia y 10 maestros.	4 hr
3/06/2004	1) Plática <i>Juanito y el Plomo</i> . 2) Presentación del video <i>Guerra a las toxinas</i> .	142 niños.	1 hr
17/06/2004	Juego de preguntas <i>Rally</i>	142 niños	1 hr.
29/06/2004	Segundo muestreo biológico de orina	67 niños de preescolar y primaria.	Por la mañana.
26/11/2004	1) Teatro <i>Los siete viajes</i> . 2) Experimentos didácticos. 3) Teatro guiñol <i>¿Qué es el Arsénico?</i>	142 niños.	4 hr
16/06/2005	1) Entrega de resultados del segundo monitoreo biológico de orina. 2) Tercer muestreo biológico de orina y segundo muestreo biológico de sangre.	67 niños de preescolar y primaria.	Durante la mañana
2/10/2005	1) Evaluación por medio del dibujo posterior al PCR. 2) Aplicación de cuestionarios a los padres de familia. 3) Entrega de resultados del tercer monitoreo biológico y plática a los padres de familia. 4) Obra de teatro <i>El Planeta Azul</i> .	44 niños de preescolar y primaria. 32 padres de familia.	2 hr

minado con Pb. La forma en la que se llevó a cabo la presentación de los experimentos fue mediante la organización de equipos de 10 niños, con el fin de cada equipo pasara a los diferentes experimentos. Esta actividad se realizó en dos partes, una al principio del programa el 25 de mayo de 2004, y la otra en la segunda etapa del programa el 26 de noviembre del 200. En cada fecha se realizaron 4 experimentos. Dichos experimentos fueron supervisados por uno o más adultos.

d) Videos educativos. De la colección de videos *Érase una vez el Cuerpo Humano*, Editorial Planeta-Agostini, se utilizó el video *Guerra a las toxinas*. Se seleccionó porque se relaciona con el problema de contaminación y los efectos en la salud de distintos contaminantes ambientales.

e) Pláticas informativas. Se impartió a los niños, en forma de cuento la plática de *Juanito y el Plomo* en la cual se les explicó las fuentes de exposición al Pb y As, los efectos en salud y la reducción de la exposición a dichos contaminantes. Además, se llevaron a cabo cuatro pláticas para los padres de familia y maestros y se les entregó un manual (elaborado por nuestro grupo) con la información de las distintas pláticas. Es importante señalar que los maestros estuvieron presentes en las actividades realizadas con los niños.

f) Juegos de preguntas. 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 "Rally". 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 (**Cuadro II**), realizaron una actividad que tenía un mensaje del PCR.

3) Evaluación del PCR:

a) Aprendizaje logrado y cambios de conducta

Para su evaluación se utilizaron dos herramientas diferentes, una de ellas fue la elaboración y análisis de dibujos y la otra, la aplicación y el análisis de un cuestionario aplicado a los niños y otro aplicado a los padres de familia.

Dibujos. La interpretación de dibujos realizados por los niños, se utilizó con la finalidad de comparar sus percepciones, preocupaciones y conocimientos acerca del ambiente donde viven. Existen estudios de Barraza (1999) y de Slusarska *et al.* (2004) que explican que el dibujo infantil es una herramienta útil y sistemática para evaluar la percepción de los

niños y sus actitudes hacia el ambiente, mostrando un modo de lenguaje artístico. Considerando que la técnica del dibujo se define como un instrumento proyectivo, es decir, que a través de la imagen el niño puede proyectar o expresar desde sensaciones, impresiones, emociones, hasta creencias y conocimientos, el tipo de dato que se genera a través de ella es eminentemente de carácter cualitativo. Su análisis e interpretación, no se reduce al manejo de las frecuencias y sus posibles correlaciones, sino que exige además de la observación del dibujo en sí mismo, el considerar elementos de referencia tanto del sujeto que lo realiza, como de su contexto circundante (Fabregat 1959).

En el presente estudio, esta actividad se realizó con 110 niños (5 a 12 años de edad) de los 142 participantes del PCR, antes de proporcionar cualquier tipo de información (los 32 faltantes no asistieron a la escuela el día que se llevó a cabo la actividad). Al final del programa de CR la actividad realizó con 44 niños de los 110 participantes al inicio. Esta segunda evaluación se realizó fuera del horario escolar, razón por la cual no se contó con el total de niños evaluados en un inicio. Es importante señalar que no hubo un grupo testigo ya que no se consideró ético el dejar fuera del PCR a algunos niños. Merece la pena señalar que una limitante del presente estudio fue que para el análisis realizado con dibujos, no se contó con el mismo número de niños antes y después del programa. Esta actividad fue voluntaria y no se logró convocar a todos los niños en la última evaluación. Esto quizás pueda originar un sesgo en los resultados, pues quizás los niños que participaron en la segunda evaluación son los más interesados.

La actividad consistió en el planteamiento de una pregunta que contestaron mediante la elaboración de un dibujo: *¿Hay algo que no te gusta del lugar donde vives?*. A cada niño se le proporcionó una hoja de papel en blanco, lápices y colores. No se llevó a cabo ninguna discusión con los niños antes de la actividad, excepto la explicación del desarrollo de la misma. Se les permitió hasta un máximo de una hora en una sola sesión. Al término de la actividad se le preguntó a cada niño qué significaba cada elemento dentro del dibujo y se registraron las observaciones correspondientes.

Para el análisis de los dibujos se siguió la técnica propuesta por Barraza (1999) y el análisis de contenido (Hernández *et al.* 2010a). Cada uno de los dibujos realizados por los niños en respuesta a la pregunta (antes y después del PCR), fueron analizados por separado en cuanto a los elementos dibujados. Todos los dibujos fueron utilizados para construir las cate-

CUADRO II. CUESTIONARIOS REALIZADOS

Aplicado a los niños en el rally	Aplicado a los padres
1 ¿Puedes jugar con tierra?	Su hijo(a) ¿realiza la siguientes actividades?
2 ¿Qué debes hacer después de jugar con tierra?	¿Muerde o chupa lápices?
3 ¿Debes limpiar tus juguetes después de jugar en la tierra?	¿Muerde o chupa colores?
4 ¿Por qué se deben limpiar las orillas de las ventanas de tu casa?	¿Muerde o chupa cuentos o libros?
5 ¿Cómo se llama el héroe de la obra de teatro?	¿Come o chupa plastilina?
6 ¿La tierra puede tener cosas que te hagan daño?	¿Muerde o chupa crayolas?
7 ¿Qué puede haber en la tierra que te haga daño?	¿Muerde o chupa juguetes?
8 ¿Qué son los microbios?	¿Come tierra o lodo?
9 ¿Has escuchado hablar del veneno llamado plomo?	¿Come pintura de las paredes?
10 ¿Cómo se llama la bruja que sale en la obra de teatro y de títeres?	¿Se chupa las manos?
11 ¿Qué es el plomo?	¿Se chupa el dedo?
12 ¿Dónde puede haber plomo?	¿Se lava las manos después de jugar con la tierra?
13 ¿Cómo puede entrar el plomo a tu cuerpo?	¿Toma agua de la llave?
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.	¿Toma agua de lluvia?
16 ¿Cómo podemos saber si entró plomo a tu cuerpo?	¿Le pide que ya no cocine en ollas de barro?
17 ¿Qué daño puede causarte el plomo?	¿Le pide que lave sus frutas y verduras?
18 ¿Cómo puedo protegerme del plomo?	¿Le pide que le de leche, queso o yogurt?
19 ¿Cómo se llaman los órganos de nuestro cuerpo que sirven para respirar?	¿Le pide frutas y verduras para comer?
20 ¿Cómo se llama el gas que entra por nuestros pulmones y necesitamos para vivir?	¿Le pide que le limpie bien se cuarto?
21 ¿Qué agua es mejor para beber?	¿Limpia o lava sus juguetes?
22 ¿Por qué es mejor el agua de garrafón?	¿Recuerda o menciona los consejos de Contraveneno?
23 ¿Si no tienes agua de garrafón de qué agua tomas?	¿Recuerda o menciona a Contaminex?
24 ¿Por qué se enfermó el perrito que salió en la obra de títeres?	¿Con la información que usted ha recibido, ha realizado algún cambio en su hogar?
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 de 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 grupo al que pertenecemos nosotros?	

gorías temáticas, posteriormente los dibujos fueron clasificados y se obtuvieron las frecuencias en cada categoría. El análisis se llevó a cabo por dos investigadores de manera independiente y se obtuvieron los mismos resultados. A continuación se describen las categorías establecidas:

Familia. Dibujos que contenían elementos como hermanos, hermanas, casa o habitaciones de la casa, mamá, papá y abuelos.

Recreación. Dibujos con elementos del jardín de su casa o de la comunidad, patios, niños jugando, niños en bicicletas, niños en patinetas, y juguetes como pelotas, cochecitos y muñecas.

Animales. Dibujos de animales de cualquier tipo.

Hábitat. Con elementos como árboles, flores, cuerpos de agua, nubes, sol y cielo.

Elementos tóxicos relacionados con la mina.

Con elementos como tierra, los jales mineros, la quebradora y la mina.

Elementos tóxicos no relacionados con la mina.

Elementos como basura, excremento, cigarros, humo de chimeneas, entre otros.

Cuestionarios. Los cuestionarios se aplicaron por parte de los investigadores a los 142 niños durante el juego llamado “Rally” realizado en cada una de las escuelas, el cual se explicó anteriormente. Las preguntas estuvieron relacionadas con la contaminación con Pb y As, la prevención de la exposición y los efectos a la salud (**Cuadro II**). El análisis de este cuestionario consistió en determinar las preguntas que fueron contestadas acertadamente por los niños con base en la información proporcionada durante el

desarrollo del PCR.

Se aplicaron además cuestionarios a 67 padres de familia (antes y después del PCR) para conocer cambios en las conductas de sus hijos y de ellos mismos (**Cuadro II**). Este cuestionario se analizó determinando qué conductas fueron modificadas en cada niño, y la frecuencia de cambio en el total de niños o padres de familia.

b) Determinación de la exposición a Pb y As

Se tomaron muestras de sangre (60) y de orina (67) de niños y niñas del grupo infantil participante del programa de CR. El monitoreo biológico se realizó antes de iniciar, a la mitad y al final del programa de CR. Los criterios de selección fueron: 1) consentimiento informado, voluntario y firmado por los padres de cada niño, 2) dos años mínimo de residencia en la zona de Villa de la Paz-Matehuala. 3) que fueran participantes del programa de CR. 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 (3 mL) se tomaron por punción venosa, en ayuno, utilizando tubos Vacutainer® libres de Pb, con EDTA como anticoagulante. Se determinó el contenido de Pb siguiendo el método de Subramanian (1987). La concentración de As fue determinada en la primera orina de la mañana recolectada en frascos de polietileno lavados con HNO₃ al 10 % y enjuagados con agua desionizada. Se utilizó una alícuota de cada muestra para la cuantificación de creatinina para el ajuste del As. El As fue analizado siguiendo el método de Cox (1980). En ambos casos se utilizaron estándares de referencia como control de calidad y la recuperación fue del 98 %.

Es relevante resaltar que no se tomaron muestras de niños que no participaron en el programa porque el objetivo no fue comparar los resultados entre un grupo de niños que participó y otro que no participó, sino antes y después de la intervención. Es decir, cada niño fue su propio control. No se consideró ético dejar a un grupo de niños sin participar en el PCR.

4) Análisis estadístico

Se realizó una prueba de ji-cuadrada para comparar las proporciones de los elementos encontrados en los dibujos de los niños y en los cuestionarios a los padres de familia relacionados con las conductas de los niños, antes y después del PCR. Para el monitoreo biológico, la variable Pb siguió una distribución normal, no así el As por lo que se normalizaron los datos mediante una transformación logarítmica. De

esta manera se utilizó un análisis paramétrico para ambas variables. Se utilizó la T-pareada para comparar los valores promedio del primer al segundo muestreo biológico de sangre para la determinación de Pb. Para los tres muestreos de orina en la determinación de As se realizó una prueba de ANOVA de mediciones repetidas, para determinar si existió una disminución o aumento de las concentraciones de As en cada niño. Para este análisis se utilizó el software Statistica (2001).

RESULTADOS

Evaluación del Programa de Comunicación de Riesgos

a) Aprendizaje logrado y cambios de conducta

Dibujos. Los dibujos de los niños realizados antes y después del PCR se compararon con la prueba ji-cuadrada. En las categorías de *Animales* y *Recreación* no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa. En las categorías de *Familia* y *Hábitat*, se halló una disminución estadísticamente significativa en la frecuencia de niños que dibujaron elementos en estas categorías después del programa ($p < 0.0001$, OR = 21.42; OR = 7.8, respectivamente). Por el contrario, en las categorías de *Elementos tóxicos relacionados con la mina* y *Elementos tóxicos no relacionados con la mina*, se encontró un aumento estadísticamente significativo ($p < 0.0001$, OR = 0.165; OR = 0.091, respectivamente) en la frecuencia de niños que dibujaron elementos en estas categorías después del PCR. Estos resultados indican que los niños relacionaron la mina o la actividad minera como algo que daña su salud o que no les gusta. Ejemplos de lo anterior se puede apreciar en la **figura 1**, en la cual se incluyen los dibujos de dos niños realizados antes y después del programa. Además, en la **figura 2** se muestran las seis categorías de los elementos encontrados y el porcentaje de niños que dibujó elementos en cada categoría.

Como puede apreciarse en los ejemplos de dibujos realizados por dos niños (**Fig. 1**), antes de la CR, los niños no dibujaron elementos relacionados con la actividad minera del lugar, ni los residuos mineros (para ellos llamados laderos). Sin embargo, después del programa, ambos niños dibujaron los laderos y la mina como algo que no les gusta del lugar donde viven. Lo anterior también se aprecia en la **figura 2**, antes del programa la mayoría de los niños dibujaron elementos en la categoría de *Familia* refiriendo, que no les gusta que sus padres o hermanos les peguen



Fig. 1. Comparación de los dibujos realizados por dos niños, antes y después del programa de comunicación de riesgos en Villa de la Paz-Matchuala, S.L.P.

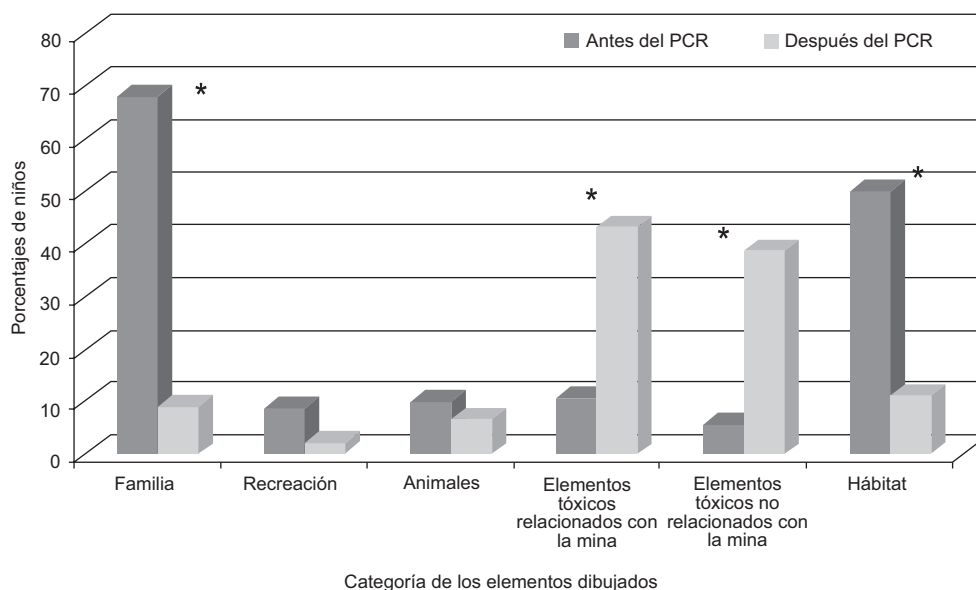


Fig. 2. Comparación del porcentaje de niños que dibujaron elementos en las distintas categorías, antes y después del programa de comunicación de riesgos en Villa de la Paz-Matchuala, SLP. *Estadísticamente significativo ($p < 0.0001$)

o los regañen. De igual forma la mayoría de los niños dibujó elementos en la categoría de *Hábitat*, y referían que no les gusta el aire, demasiado sol o el polvo que se levanta, lo anterior también puede apreciarse en la **figura 1**. Sin embargo, después del PCR la mayoría de los niños dibujaron elementos relacionados con la mina o la contaminación como algo que no les gusta.

Cuestionarios. De las 35 preguntas incluidas en

el cuestionario aplicado a los niños (**Cuadro II**), los resultados mostraron que el 90 % respondió correctamente a más del 85 % de las preguntas, que indica que la mayoría de los niños logró el aprendizaje de la información proporcionada durante el PCR. Las preguntas 3, 4, 23 y 25 a 35 fueron respondidas correctamente por el 100 % de los niños. Las preguntas que se les dificultaron un poco más fueron la 11 y la 14, que se refieren a la definición del plomo

CUADRO III. CAMBIOS DE CONDUCTA Y CONOCIMIENTOS EN LOS NIÑOS REPORTADOS POR LOS PADRES.

Actividad	Antes del PCR (% niños)	Después del PCR (% niños)	ji-cuadrada	p	OR	Intervalo de confianza (%)
Comer pintura de paredes	10	0	5.42	0.0198	16.73	0.93 – 299.4
Chupar colores	25	4	9.93	0.0016	7.25	2.012 – 26.14
Chupar crayolas	41	0	32.91	< 0.0001	97.405	5.78 – 1640.9
Chupar juguetes	23	2	10.84	0.001	10.196	2.24 – 46.4
Chuparse las manos o dedos	26	5	9.19	0.0024	5.78	1.83 – 18.20
Chupar lápices	24	5	7.11	0.0077	4.94	1.55 – 15.70
Jugar con tierra	42	24	4.09	0.043	2.28	1.089 – 4.80
Lavarse las manos después de jugar con tierra	39	38	0.03166	0.858	1.06	0.53 – 2.14
Limpiar o lavar sus juguetes	20	38	4.44	0.035	0.404	0.185 – 0.884
Conoce el origen de la contaminación	16	47	12.51	0.0004	0.228	0.101 – 0.5104
Está enterado de los problemas que ocasiona la contaminación ambiental	19	48	10.84	0.001	0.263	0.121 – 0.5701

y al color que se forma en la reacción colorimétrica para la identificación del Pb; estas preguntas fueron respondidas correctamente por el 65 %. Con relación a la pregunta 1 *¿Puedes jugar con tierra?*, la respuesta correcta era sí, ya que no se les prohibió jugar con tierra, sólo que tuvieran cuidado de no comerla, de lavarse las manos o limpiar sus juguetes después de jugar. Esta pregunta solo fue respondida correctamente por el 18 % de los niños. El resto de las preguntas fue respondida correctamente por el 90 % de los niños.

En los cuestionarios aplicados a los padres de familia se encontró que sí hubo cambios en la mayoría de las conductas de los niños, que se muestran en el **cuadro III**. Por otro lado, los padres de familia también tuvieron al menos un cambio en su conducta, ya que de 18 madres de familia que utilizaban la olla de barro para cocinar frijoles (26.86 %), después del programa de CR sólo ocho la continuaban utilizando (11.94 %) ($p < 0.05$, OR = 2.7).

b) Determinación de la exposición a Pb y As mediante el monitoreo biológico

Los resultados mostraron una disminución estadísticamente significativa en la concentración del PbS en la mayoría de los niños analizados ($p < 0.0001$); una disminución en la media de la concentración de PbS de 2.94 $\mu\text{g/dL}$ y una disminución en el rango de las concentraciones encontradas. De los 60 niños analizados, en el 70 % bajaron los niveles de Pb, en el 25 % subieron y en el 5 % permanecieron igual después del PCR. En la **figura 3** se muestran los resultados obtenidos para PbS, en donde cada línea representa a un niño. Con relación a la concentración de AsO se encontró un ligero aumento no significa-

tivo en la media en los tres muestreos. La media de los tres muestreos estuvo por debajo del límite de intervención para AsO (50 $\mu\text{gAs/g}$ de creatinina). En el **cuadro IV** se muestra la estadística descriptiva para PbS y AsO.

DISCUSIÓN

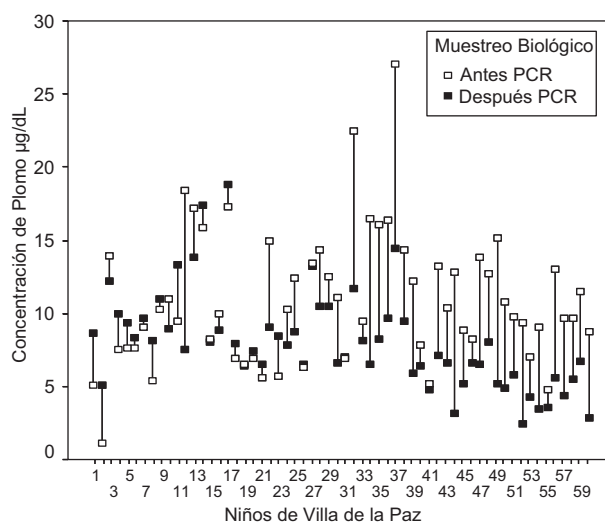


Fig. 3. Concentraciones de plomo en sangre de los niños antes (primer muestreo) y después (segundo muestreo) del programa de comunicación de riesgos en Villa de la Paz-Matehuala, SLP

El presente estudio se basó en información relacionada con la contaminación existente en una zona minera (Razo *et al.* 2004), con el riesgo por la exposición a los contaminantes y con sus posibles efectos en salud (Canfield *et al.* 2003, ATDSR 2007a, b). Otra premisa en la cual se basó el trabajo fue que la disminución

CUADRO VI. ESTADÍSTICA COMPARATIVA DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y ARSÉNICO EN ORINA DE LOS MUESTREOS BIOLÓGICOS REALIZADOS A LOS NIÑOS QUE PARTICIPARON EN EL PROGRAMA DE CR EN VILLA DE LA PAZ-MATEHUALA, SLP

Plomo en Sangre					
Mes del muestreo	n	Media aritmética ± D.E (µg/dL)	Rango (µg/dL)	% > 10 (µg/dL) (Límite de intervención)	% > 5 (µg/dL)
Septiembre de 2003	60	10.91 ± 4.55	1.15 – 27.05	50	98
Junio de 2005	60	7.97 ± 3.30	2.4 – 18.85	18.3	83
Arsénico en orina					
Mes del muestreo	n	Media geométrica* ± D.E.* (µg As/g creat)	Rango (µg As/g creat)	% > 50 (µg As/g creat) (Límite de intervención)	
Septiembre de 2003	67	16.65 ± 10.04	2.83 – 61.31	1.47	
Junio de 2004	67	16.86 ± 12.83	3.11 – 94.50	1.47	
Junio de 2005	67	19.03 ± 17.33	2.83 – 93.82	7.35	

* Datos transformados logarítmicamente al no seguir una distribución normal

de la exposición al suelo contaminado, posiblemente disminuiría las concentraciones de Pb y As en los niños de la zona (Mejía *et al.* 1999b). Con base en lo anterior se diseñó un PCR como una estrategia de intervención para disminuir la exposición infantil a Pb y As. Estamos de acuerdo con otros autores (Sandman 1991, Resnik 2009), en que la responsabilidad de los investigadores en el área de evaluación de riesgos a la salud no termina al demostrar que en un determinado sitio existen riesgos a la salud por contaminación ambiental, sino que en ese momento la responsabilidad se hace más grande, pues se tiene que ayudar a la población a mitigar los efectos y a buscar soluciones al problema. Una estrategia para lograrlo es la utilización de la comunicación de riesgos a la salud (Baker 1990, Lum 1997, Covello 2004).

Como parte de la estrategia, en el diseño del PCR se analizó la percepción de riesgos y los conocimientos relacionados con la contaminación, tanto en la población infantil como en la población adulta de la zona contaminada. Como ya ha sido señalado por otros autores (Covello 2004, Williams 2004, Fitzpatrick-Lewis *et al.* 2010, Moreno-Sánchez *et al.* 2010), es de vital importancia conocer la percepción de la población en cuanto a riesgos ambientales, además de sus preocupaciones, para planear programas de CR que desde un inicio favorezcan la participación comunitaria y que efectivamente permitan lograr cambios de comportamiento de la población. Estos cambios de comportamiento deberán tener como consecuencia la disminución de la exposición a los riesgos ambientales y por lo tanto una repercusión benéfica en la salud de las poblaciones expuestas.

En el diseño del PCR también se consideró, como

estrategia para que los mensajes llegaran a la mayoría de los individuos, el utilizar diferentes medios o canales de comunicación. En el presente estudio para la población infantil se utilizaron principalmente medios audiovisuales, como el teatro, teatro guiñol, pláticas informativas a manera de cuento, entre otros. Para la población adulta se utilizaron tanto medios escritos, como medios visuales y audiovisuales. Esta estrategia también ya se ha discutido por varios autores y se ha visto que los PCR que han sido efectivos han utilizado diversos canales de comunicación (Lum 1997; Fitzpatrick-Lewis *et al.* 2010; Moreno-Sánchez 2010).

Un aspecto medular en el diseño del PCR fue el buscar estrategias de evaluación del mismo, las cuales nos permitieran conocer los logros alcanzados en el programa, tales como los cambios de hábitos en la población participante, la ganancia de conocimientos y la disminución de la exposición a los contaminantes en la población infantil. Al realizar la evaluación del PCR se encontró que después de la CR los niños tienen una idea más clara sobre el problema de contaminación originada por la actividad minera, y perciben el riesgo que existe para su salud. Además, se logró que la mayoría de los niños cambiaran hábitos que favorecen la disminución de la exposición a los contaminantes, tales como no chupar objetos, no chuparse las manos, limpiar o lavar sus juguetes, entre otras (**Cuadro III**). Estos hábitos pueden afectar las concentraciones de Pb y As en los niños, ya que algunos objetos como son los lápices, crayolas, colores y juguetes, están recubiertos con pintura a base de Pb, o bien, éstos pudieran tener tierra contaminada con ambos elementos. Aunado a

lo anterior, también se observaron cambios en los hábitos de los padres, entre ellos, el que las madres utilicen menos las ollas de barro para cocinar. 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. Se considera que esto es una limitante del estudio, ya que se confió en lo reportado por los padres.

Además de lograr cambios de hábitos, ganancia de conocimientos y percepción de riesgos, un hecho relevante es que se logró bajar las concentraciones de PbS en la mayoría de los niños ($p < 0.0001$). Lo anterior se puede atribuir a que existió una disminución en la exposición al suelo contaminado, aunque no en todos los casos, ya que aún existen niños con niveles superiores al límite de intervención. En cuanto a las concentraciones de AsO, no se logró una disminución en los niveles encontrados pero las medias de las concentraciones en los tres muestreos fueron inferiores al límite de intervención. Sin embargo, el 7 % de los niños analizados superan el límite de intervención. Consideramos que estos resultados pueden deberse a que no se logró controlar la exposición al polvo contaminado.

Los resultados de AsO contrastan con estudios previos de nuestro grupo, en los cuales se reportó que los niños de esta zona minera sobrepasaban el límite de la OMS ($50 \mu\text{gAs/g}$ creatinina). Las diferencias se pueden atribuir a la época del año en que fueron colectadas las muestras, ya que en 1999 se tomaron entre los meses de enero y marzo (épocas de vientos) y en el presente trabajo, se tomaron en los meses de septiembre y junio (épocas de lluvia y menos polvo) (Mejía *et al.* 1999a, b). Estos hallazgos permiten deducir que quizás no sólo el suelo es una fuente de exposición para ambos contaminantes, sino que también se debe considerar al aire, ya que el polvo contaminado transportado por viento, puede representar una importante fuente de exposición para la población. Esta aparente contradicción puede ser explicada con el argumento de que el suelo sí es la fuente de exposición, pero la inhalación de partículas, además de la ingesta, son la principal ruta. Investigaciones relativamente recientes coinciden en que las concentraciones en el organismo de ciertos contaminantes ambientales, entre éstas PbS y AsO, cambian dependiendo de la estación en la cual se toma la muestra y dependiendo de las características meteorológicas del lugar (Laidlaw *et al.* 2005). Lo anterior también concuerda con un estudio realizado por nuestro grupo en una zona aledaña a un complejo metalúrgico, llamado Morales-Pirules

(Cubillas-Tejeda *et al.* 2011). En este estudio también se observó que influye la época del año en los niveles de PbS y AsO en niños residentes de la zona.

La evaluación de riesgos es una estrategia que implica el manejo de incertidumbres. En el caso del presente trabajo, la mayor incertidumbre fue la ruta de exposición. El PCR se centró en la ingesta y no en la inhalación. 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). Consideramos que este trabajo establece las bases para investigaciones posteriores, en los cuales como medida de intervención en zonas contaminadas con metales, se busque establecer un PCR, teniendo en mente que se tendrán mejores resultados si se realiza junto con otras medidas de remediación ambiental (Goulet *et al.* 1996, Langlois *et al.* 1996, Lanphear *et al.* 1996, EPA 1996, Hilts *et al.* 1998).

Un aspecto relevante de esta investigación es que al analizar los resultados obtenidos se puede concluir que el dibujo infantil es una herramienta útil para analizar la percepción de riesgos, ya que los dibujos realizados por los niños nos permitieron conocer la percepción o no percepción de los niños de la zona, con relación a la actividad minera y los residuos que genera y definirlo como algo que no les gusta y que implica un riesgo para la salud. Esta técnica ha sido recientemente utilizada por nuestro grupo en comunidades con distintos problemas ambientales (Torres-Nerio *et al.* 2010) y permite además encontrar elementos para sustentar el diseño adecuado de un PCR para cada comunidad. Esta técnica tiene como ventajas que es poco costosa, permite reunir información de y sobre los niños, y ellos tienden a disfrutar la actividad de dibujar sin mostrar ninguna señal de tensión (King 1995), que podría presentarse con otros métodos como la entrevista.

Por otro lado, merece la pena resaltar que una aportación del presente trabajo fue que se siguió un método mixto de investigación y se utilizaron tres métodos diferentes para evaluar los efectos del programa (cuantitativos y cualitativos) y con los resultados obtenidos de los tres métodos se realizó una triangulación de la información (Hernández 2010b). Por lo que, además de los resultados obtenidos con los dibujos, se debe tomar en consideración los resultados que se consiguieron tanto con la aplicación de los cuestionarios, como con el monitoreo biológico.

Finalmente es necesario que la información relacionada con la contaminación de la zona se incluya como parte de los programas educativos de las escuelas, es decir, que se contextualice la enseñanza

y el aprendizaje (Ruiz-Mallen 2010). Lo anterior, para que mientras no se tomen otras medidas de intervención o restauración en la zona, la población esté enterada de forma permanente sobre los riesgos a los que está expuesta y reduzca su exposición. Este tipo de estrategias pueden utilizarse para otras comunidades expuestas a distintos riesgos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico otorgado a través del proyecto FMSLP-2002-4266. Al E.B.C. Juan Manuel Vargas, al EBC. Fidel Martínez y a la QFB 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 la Dra. Laura Barraza Lomeli por su asesoría en la técnica del dibujo. A los profesores y estudiantes de CANICAS por su apoyo en las actividades del PCR. A la Profra. María Romana Salas Luna, por su apoyo en la organización de los eventos realizados en Matehuala y Villa de la Paz.

REFERENCIAS

- ATSDR (2007a). Toxicological Profile for Lead. United States Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA. 582 pp.
- ATSDR (2007b). Toxicological Profile for Arsenic. United States Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry., Atlanta, GA. 559 pp.
- Ausubel D. P., Novak J. D. y Hanesian, H. (1998). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2ª ed. Editorial Trillas, México. 623 pp.
- Baker F. (1990). Communication about Environmental Hazards. J. Public. Health. Pol. 2, 341-359.
- Barraza L. (1999). Children's drawings about the environment. Environ. Education Res. 5, 49-66.
- Bartolomé A. R. (1999). *Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia*. Universidad de Barcelona, Instituto de Ciencias de la Educación. Barcelona, España. Graó. 217 pp.
- Briceño-León R. (1996). Siete tesis sobre la educación sanitaria para la participación comunitaria. Cad. Saúde Pública. 12, 7-30.
- Calderón J., Navarro M. E., Jiménez-Capdeville M. E., Santos-Díaz M. A., Golden A., I. Rodríguez-Leyva, V. Borja-Aburto, Díaz-Barriga F. (2001). Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children. Environ. Research 85, 69-76.
- Canfield R. L., Henderson Ch. R., Cory-Slechta D. A., Cox Ch., Jusko T. A. and Lanphear B. P. (2003). Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. N. Engl. J. Med. 348, 1517-1526.
- Carrizales L., Batres L., Ortiz M. D., Mejía J. J., Yáñez L., García E., Reyes H., Díaz-Barriga F. (1999). Efecto en salud asociados con la exposición a residuos peligrosos. Scientiae Naturae. 2, 5-28.
- Castro-Larragoitia, J., Kramar U. Y. Puchelt H. (1997). 200 years of mining activities at La Paz/San Luis Potosí/México: Consequences for environment and geochemical exploration. J. Geochem. Exp. 58, 81- 91.
- Cohen L. and Manion L. (1994) Research methods in education (London, Routledge).
- CONAPO (2000). Índices de Desarrollo Humano por Municipio 2000 [en línea]. http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=195 14/09/ 2011.
- CONAPO (2005). Índices de Marginación 2005 [en línea]. http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/marg_local05/xls/IM2005-SLP.xls, 20/09/ 2011
- Covello V., Sandmand P. (2004). Risk Communication: Evolution and Revolution in *Solutions to an Environment in Peril*. (A. Wolbarst Ed.). John Hopkins University Press, Baltimore, pp 164-178.
- Cox H. D. (1980). 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.
- Cubillas-Tejeda A.C., Torres-Nerio R., Díaz-Barriga F., Carrizales-Yáñez L., Coronado-Salas C., Nieto-Caraveo L.M., Moreno-Sánchez A.R., Barraza-Lomeli L. (2011). Diseño y aplicación de un Programa de Comunicación de Riesgos para la salud ambiental infantil en un sitio contaminado con plomo y arsénico. Cienc Saude Coletiva. 16, 4115-4126.
- Chávez L., Alarcón F., Parga J. (1999). *Mining exploration potential of VMS and carbonatehosted polymetallic deposits in Central Mexico. VMS and Carbonatehosted Polymetallic Deposits of Central Mexico, British Columbia and Yukon Chamber of Mines*. Editorial Jambor, Canadá. 13 pp.
- Díaz-Barriga A. F., Hernández R. G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. 2ª ed. Mc.Graw Hill, México. 465 pp.
- Díaz-Barriga A. F. (2003) Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. Revista Electrónica de Investigación Educativa 5(2):1-13 [en línea]. <http://redie.uabc.mx/contenido/vol5no2/contenido-arceo>.

- pdf 16/02/2012
- Douglas M, Wildavsky A. (1982). *Risk and culture: An essay on the selection of technical and environmental dangers*. Berkeley: University of California Press, 222 pp.
- EPA (1996). EPA-747-R-95-009. Effect of in-home educational intervention on children's blood lead levels in Milwaukee. Office of Pollution Prevention and Toxics, United States Environmental Protection Agency. Manual. Washington, DC. 27 pp.
- Ertmer P. A., Newby T. J. Traducción: Ferstadt N., Szczurek M. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly* 6(4):50-72 [en línea]. http://ares.unimet.edu.ve/programacion/psfase3/modII/biblio/CONDUCTISMO_%20COGNITIVISMO_%20CONSTRUCTIVISMO.pdf 15/02/ 2012.
- Fabregat E. (1959). *El dibujo infantil: El dibujo y la psicología*. Luis Fernández Editores, México. 202 pp.
- Fitzpatrick-Lewis D., Yost J., Ciliska D., Krishnaratne S. (2010). Communication about environmental health risks: A systematic review. *Environmental Health*. 9, 1-15.
- Gimeno J., Pérez A. I. (1994). *Comprender y transformar la enseñanza*. Ediciones Morata, S.L. Madrid, España. 334-397 pp.
- Goulet L., Gaudreau J., Messier A. (1996). Results of a lead decontamination program. *Arch Environ. Health*. 51(1), 68-72.
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio P. (2010a). Recolección de los datos cuantitativos. En: *Metodología de la Investigación*. 5ª Ed. Mc Graw Hill. Distrito Federal, México, pp. 196-275.
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio P. (2010b). Los Métodos Mixtos. En: *Metodología de la Investigación*. 5ª Ed. Mc Graw Hill. Distrito Federal, México, pp. 544-599.
- Hilts S. R., Bock S. E., Oke T. L., Yates Ch. L., Copes R. A. (1998). Effect of interventions on children's blood lead levels. *Environ. Health Perspect.* 106, 79-83.
- INEGI (2000). XII Censo de Población y Vivienda 2000. Población ocupada por municipio, sexo y ocupación principal. *Tabulados básicos*. Estados Unidos Mexicanos [en línea]. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=16852&s=est13/09/2011>.
- INEGI (2010a). Censo de Población y Vivienda 2010". *Tabulados básicos*. Estados Unidos Mexicanos [en línea]. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&ent=24> 13/09/2011.
- INEGI (2010b). Censo de Población y Vivienda 2010". Población ocupada por municipio, sexo y ocupación principal. *Tabulados básicos*. Estados Unidos Mexicanos [en línea]. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27303&s=est13/09/2011>.
- Izquierdo M., Sanmartí N., Espinet M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias* 17, 45-59 [en línea]. <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n1p45.pdf>. 15/02/2012
- Jacob E., y Ramírez A. (2002). *¿Te lo cuento otra vez...?*. Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 15a. edición. Dirección de Medios y Publicaciones, México. 48 pp.
- Jacob E., Ramírez A. (2004). *Circo, maroma y brinco*. Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 15ª. edición. Dirección de Medios y Publicaciones, México. 88 pp.
- Jacob E., Janovitz E. (2004). *Aprender jugando*. Consejo Nacional de Fomento Educativo CONAFE. 18a. edición. Dirección de Medios y Publicaciones, México. 80 pp.
- King D. L. (1995). *Doing their share to save the planet: Children and environmental crisis*. Rutgers University Press, New Jersey, United States of America. 134 pp.
- Laidlaw M., Mielke H., Filippelli G., Jonhson D., Gonzáles C. (2005). 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). *Environ. Health Perspect.* 13, 793-800.
- Langlois P., Smith L., Gould R., Goel V., Gibson B., Fleming S. (1996). Blood lead levels in Toronto children and abatement of lead-contamination soil and house dust. *Arch. Environ. Health* 51, 59-67.
- Lanphear B. P., Winter N. L., Apetz L., Eberly S., Weitzman M. (1996). A randomized trial of the effect of dust control on children's blood lead levels. *Pediatric*. 98, 35-40.
- Lum M.R., Tinker T.L. (1997). *Fundamentos de Principios y Prácticas para la Comunicación sobre Riesgos para la Salud*. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades División de Educación y Promoción a la Salud. Atlanta, GA. 40 pp.
- McGuire W.J. (1984). Public Communication as a Strategy for Inducing Health-promoting Behavioral Change. *Prev Med.* 3, 299-319.
- Mejía J. J., Carrizales L., Rodríguez V. M., Jiménez-Capdeville, M. E., Díaz-Barriga F. (1999a). Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud Pública Méx.* 41, 132-140.
- Mejía J. J., Carrizales L., Díaz-Barriga F. (1999b). Met-

- odología de identificación y evaluación de riesgo para la salud en sitios contaminados: Inspección de sitios peligrosos Zona Minera de Villa de la Paz-Matehuala. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria [en línea]. <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/metoiden/metane03.html> 15/02/2012.
- Moreno-Sánchez A.R., Cubillas-Tejeda A.C., Guerra-García A., Peres F. (2010). Comunicación de Riesgos en América Latina en: *Determinantes ambientales y sociales de la Salud*. (L. A. Galvao L, J. Finkelman, S. Henao Ed). Organización Panamericana de la Salud. McGraw-Hill Interamericana. Distrito Federal, México, pp 279-300.
- National Research Council (1989). Improving risk communication. Washington, DC: National Academy Press [en línea]. <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309039436> 15/02/2012.
- OMS (2002). Percepción de los Riesgos. En: Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Ginebra, OMS, 31-50 [en línea]. <http://www.who.int/whr/2002/en/Chapter3S.pdf> 15/02/2012.
- OMS (2006). Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals (Environmental health criteria 237). First drafts prepared by Louis G., Damstra T., Díaz-Barriga F., Faustman E., Hass U., Kavlock R., Kimmel C., Kimmel G., Krishnan K., Luderer U., Sheldon L. Organización Mundial de la Salud, Geneva, Switzerland, 329 pp.
- OPS (2004). Curso de autoinstrucción en comunicación de riesgos. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización Panamericana de la Salud [en línea]. <http://www.opas.org.br/ambiente/risco/tutorial6/e/temas.html> 15/02/2012
- Razo I., Carrizales L., Castro J., Díaz-Barriga F., Monroy M. (2004). Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediments in a semi-arid climate mining area in Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*. 152, 129-152.
- Resnik B.D. (2009). Environmental Health Research and the Observer's Dilemma. *Environ. Health Perspect.* 117, 1191-1194.
- Rogozinski V. (1999). El juego con títeres: Un taller laboratorio. En: *El juego: Debate y aportes a la didáctica*. Novedades Educativas. Argentina, pp 78-95.
- Ruiz-Mallen I., Barraza L., Bodenhorn B., Ceja-Adame M. P., Reyes-García V. (2010). Contextualising learning through the participatory construction of an environmental education programme. *Int. J. Science Education* 32, 1755-1770.
- Sandman P.M. (1991). Emerging Communication Responsibilities of Epidemiologists. *J. Clin. Epidemiol.* 44, 41-50.
- Slusarska B., Krajewska-Kutak E., Zarzycka D. (2004). Children's perception of the nursing profession in Poland. *Nurse Educ. Today* 24, 521-529.
- Statistica (data analysis software system) version 6. (2001). StatSoft Inc.
- Subramanian K. S. (1987). Determination of lead in blood: Comparison of two GFAAS methods. *Atomic Spectrosc.* 8, 7-14.
- Tinker T., Silberberg P. G. (1997). 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 [en línea]. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/riesgo/evaluacion/tranevalprimer.pdf> 15/02/2012.
- Torres-Nerio R., Domínguez-Cortinas G., van't Hooft A., Díaz-Barriga F., y Cubillas-Tejeda A.C. (2010). Análisis de la percepción de exposición a riesgos ambientales a la salud, en dos poblaciones infantiles mediante la elaboración de dibujos. *Salud Colect.* 6, 65-81.
- Williams P.R.D. (2004). Health risk communication using comparative risk analyses. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 14, 498-515.
- Woo N. C. y Chi M. J. (2001). Arsenic and metal contamination of water resources from mining wastes in Korea. *Environ. Geol.* 40, 305-311.