

Scientiae Naturaes 2: 5-28, 1999.

Efectos en Salud Asociados con la Exposición a Residuos Peligrosos



Leticia Carrizales, Lilia Batres,
María D. Ortiz, Jesús Mejía, Leticia Yáñez,
Edelmira García, Humberto Reyes
y Fernando Díaz - Barriga

Laboratorio de Toxicología Ambiental,
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
<http://www.uaslp.mx>

Correspondencia:
Av Venustiano Carranza No. 2405,
Col. Lomas los Filtros, 78210,
San Luis Potosí, SLP, México



Visita la página de la
Agenda Ambiental
de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
<http://ambiental.uaslp.mx/>

URL de este documento:
<http://ambiental.uaslp.mx/docs/FDB-ResPeligrosos.pdf>

Índice

RESUMEN.....	1
1. Sitios Peligrosos.....	1
2. Poblaciones expuestas	3
3. Equidad Ambiental	6
4. EFECTOS EN SALUD ASOCIADOS A SITIOS PELIGROSOS.....	8
5. RIESGOS ASOCIADOS A LA EXPOSICION OCUPACIONAL A SUSTANCIAS PELIGROSAS	14
6. RIESGOS ASOCIADOS A EMERGENCIAS AMBIENTALES.....	16
Bibliografía.....	17

RESUMEN

La exposición humana a los residuos peligrosos puede darse en tres escenarios: (A) en los sitios de su producción (exposición ocupacional o exposición durante accidentes); (B) durante el transporte de ellos (accidentes); y, (C) en los sitios donde se almacenan o se depositan para su tratamiento. En América Latina y el Caribe los residuos peligrosos, por lo general, se eliminan utilizando métodos inadecuados. Entre ellos podemos listar el depósito en sitios no controlados, la incineración en hornos de pobre tecnología y la disposición en cuerpos de agua. Los lugares donde los residuos peligrosos son manejados sin medidas de prevención ambiental, se convierten entonces en fuentes de contaminación (estos lugares son denominados en el presente capítulo *sitios peligrosos*) . En el escenario aquí expuesto, los contaminantes de los sitios peligrosos representarían para la mayoría de la población, el mayor riesgo en salud en cuanto a exposición a residuos peligrosos.

1. SITIOS PELIGROSOS

Un análisis de los efectos en salud de los residuos sólidos municipales y/o de los residuos peligrosos, necesariamente debe iniciar con el planteamiento de un escenario: “en América Latina se carece de instalaciones adecuadas y suficientes para el manejo de este tipo de residuos”. Por consiguiente, la exposición humana a los residuos se puede dar en cualquier lugar, ya que, ante la carencia de mecanismos adecuados, los residuos son incinerados en hornos artesanales (como es el caso de los hornos de las ladrilleras) o son depositados sin control alguno en: depósitos municipales, barrancos, minas abandonadas, terrenos baldíos en áreas industriales, ríos, lagos, costas, zonas desérticas, etc. De aquí surge entonces una primera definición: los sitios no controlados significan la principal fuente de contaminación de residuos peligrosos y por consiguiente, se constituyen como un riesgo en salud para las comunidades cercanas a ellos. A fin de precisar los riesgos en salud, se requiere ante todo, conocer la localización de los sitios contaminados con residuos.

La principal limitante para el estudio de sitios peligrosos en América Latina es la falta de información que existe sobre ellos. Las autoridades, los grupos civiles y los colectivos académicos, carecen de datos sobre su localización, tipos de contaminantes presentes, niveles de contaminación, puntos contaminados, etc. Esta escasez informativa impide la elaboración de políticas ambientales y dificulta el establecimiento de programas preventivos de salud. Al mismo tiempo, los tomadores de decisiones quedan supeditados a atender solo aquellos sitios que por su peligrosidad o “amarillismo periodístico” salen a la luz del dominio público. En este contexto, la hipótesis es simple: al identificar los sitios, se podrían realizar estudios ambientales que llevaran a establecer el nivel de riesgo en salud y en consecuencia podrían diseñarse estudios de intervención. Dicha hipótesis fue planteada por nuestro grupo y a fin de probarla, se diseñó un método para identificar sitios peligrosos. No obstante, como nuestra metodología inicia con datos no corroborados por análisis ambientales, se ha preferido utilizar el concepto de *sitio potencialmente peligroso*. Para generar una lista de sitios potencialmente peligrosos, lo primero que se propuso fue la organización de un grupo de individuos con experiencia en materia ambiental y con conocimiento de la región. Dicho grupo enriqueció sus conocimientos sobre localización de sitios peligrosos, con la información estadística y geográfica de la zona en estudio (en este caso, San Luis Potosí, México). A fin de facilitar el listado de sitios potencialmente peligrosos se partió de utilizar la información

sobre siete grandes grupos o sectores. Estos grupos, que fueron definidos considerando las principales fuentes de residuos peligrosos en México² y en Latinoamérica¹, se explican a continuación:

Minerometalurgia. Todas las minas y todas las fundiciones o electrolíticas metalúrgicas, fueron consideradas como sitios peligrosos. La minería genera residuos metálicos que pueden contaminar sobre todo el suelo y las fuentes de agua. Las fundiciones y las electrolíticas pueden contaminar los sitios vecinos a ellas por la generación de polvos metálicos.

Regiones Agrícolas. Todas las regiones agrícolas donde se aplican plaguicidas también se definieron como potencialmente peligrosas, por la posibilidad de la contaminación del suelo y de fuentes de agua potable. Para su estudio y priorización se consideraron como sitios peligrosos, regiones con un tamaño de hasta 600 mil hectáreas.

Zonas Industriales. Ante la escasez de mecanismos para el manejo adecuado de residuos industriales, los patios traseros de las industrias suelen tener almacenadas cantidades importantes de residuos peligrosos, y en algunos casos, los baldíos cercanos a las zonas industriales se convierten en auténticos depósitos no controlados de este tipo de residuos. Por ello, las zonas industriales de San Luis Potosí (región en estudio), fueron incluidas bajo el concepto de potencialmente peligrosas.

Industria Petrolera. La actividad industrial que gira alrededor del petróleo es altamente contaminante y generadora de residuos peligrosos, conteniendo sobre todo, compuestos orgánicos.

Microindustria. En la mayoría de los países, un porcentaje muy importante de la actividad industrial se genera en microindustrias. Considerando la dificultad de la vigilancia ambiental de este tipo de empresas, en muchas ocasiones ellas se convierten en importantes focos de contaminación. Dentro de los giros microindustriales que suelen causar problemas están: ladrilleras, curtidoras de piel, recicladoras de baterías, pequeñas fundiciones, etc.

Depósitos NO Controlados. En cuanto a residuos sólidos se tomaron en cuenta a los tiraderos clandestinos, a los confinamientos para residuos industriales y a los rellenos sanitarios (se incluyeron solamente ciudades con población mayor de 100 mil habitantes). En cuanto a residuos líquidos, se consideraron a los acuíferos contaminados y a las áreas a impactadas por las aguas residuales de industrias y/o ciudades (mayores a 100 mil habitantes).

Otros. Incluimos en este apartado sitios que no pudieron categorizarse en cualquiera de las clasificaciones anteriores. Tal fue el caso de sitios contaminados por actividad natural (acuíferos contaminados por flúor).

Considerando los indicadores básicos de bienestar, San Luis Potosí (SLP) es un estado marginado, ya que ocupa el lugar 29 entre las 32 entidades mexicanas³. Además, en cuanto al PIB per cápita ocupa un lugar 25 poco favorable³. Los datos anteriores no ubicarían a SLP como una región altamente contaminada. Sin embargo, después de realizar el ejercicio de listado de sitios potencialmente peligrosos, se obtuvo para SLP, una lista estatal de 47 sitios. En la Tabla 1 se muestra como los depósitos no controlados representan una cuarta parte del

total de sitios en SLP, seguidos muy de cerca por las regiones agrícolas. Es importante hacer notar que en el total de los depósitos no controlados, sumamos los sitios con residuos sólidos y los sitios contaminados con residuos líquidos, siendo más los primeros. El sector petrolero es muy pobre en SLP y por ello, ocupó un último lugar. Este hecho nos permite una reflexión. La participación de los sectores en el listado de sitios peligrosos será una característica local. Es decir, con los datos de SLP no podemos inferir el comportamiento de otras entidades mexicanas y mucho menos de otros países. Así por ejemplo, en el sureste mexicano, que es la región donde se concentra el sector petrolero del país, los sitios de este sector tendrían mayor relevancia.

Tabla 1. SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON RESIDUOS EN SAN LUIS POTOSI (MEXICO). PARTICIPACION DE LOS SECTORES.

1. Depósitos No Controlados	25.5 %
2. Sector Agrícola	23.5 %
3. Sector Minero	19.1 %
4. Sector Industria	19.1 %
5. Sector Microindustria	8.6 %
6. Contaminación Natural	2.1 %
7. Sector Petrolero	2.1 %

2. POBLACIONES EXPUESTAS

El listado de la Tabla 1 demostró que en cuanto a residuos, toda la población debe ser considerada como susceptible de exposición. Sin embargo, por particularidades que a continuación describimos en breve, los niños y las mujeres deben ser tomados en todos los casos como grupos de alto riesgo.

Niños. En este grupo englobamos a los lactantes (aquejlos cuya única fuente nutricional es la leche materna), a los infantes (en nuestra definición son todos aquellos que ya no se encuentran en la etapa de lactancia pero son menores a 24 meses de edad) y a los niños (de 2 a 12 años). Los lactantes y los infantes todavía tienen algunos tejidos inmaduros que le confieren distinciones sobre los niños y los adultos, por ejemplo: la barrera hematoencefálica todavía no se encuentra del todo formada, tienen diferencias en la absorción intestinal y también en la excreción renal, etc. Por consiguiente, no es raro que algunos elementos como el plomo sean absorbidos con mayor eficiencia en los pequeños que en los adultos⁴, o que pueda postularse una mayor distribución al sistema nervioso de los contaminantes precisamente por la inmadurez de la barrera hematoencefálica.

Pero no solo por sus características fisiológicas los niños deben ser considerados como un grupo de riesgo. También por sus hábitos, los niños tienen riesgos que no se presentan en la población adulta. Así, por las actividades propias de la niñez la ingesta diaria de suelo es hasta siete veces mayor en el niño que en el adulto^{5,6}. Este dato es relevante, ya que si el suelo estuviere contaminado, el niño expuesto estaría en un grave problema. Por sus hábitos (jugar con tierra), ingeriría gran cantidad de suelo contaminado y por sus características fisiológicas a nivel intestinal, absorbería mayor cantidad de contaminantes que los adultos. Este tipo de riesgo se ejemplifica con claridad en las Tablas 2 y 3, que muestran los resultados de la exposición al arsénico y al plomo en niños de una comunidad metalúrgica de la Ciudad de El Alto en Bolivia. En dicho sitio peligroso se registró al suelo como la principal ruta de exposición a los metales⁷.

En las Tablas 2 y 3 se aprecia una correlación inversa entre edad y exposición para ambos metales. Es decir, en este caso, los niños de 5 a 7 años de edad presentaron niveles elevados de arsénico en orina y de plomo en sangre. Hecho con merecimientos para tomarse en cuenta dado que los dos metales son neurotóxicos^{8,9}.

Tabla 2. ARSENICO EN ORINA EN NIÑOS POR GRUPOS DE EDAD (µg/g creatinina). ESTUDIO EN UNA COMUNIDAD METALURGICA DE EL ALTO, BOLIVIA.

Grupos por Edad (años)	n	Media Geométrica	Error Estandar	% > 50	% > 100
5 - 7	35	70.6	1.1	71.4	25.7
8 - 9	31	55.4	1.1	61.3	9.7
10 - 11	27	42.1	1.7	33.3	3.7

Para efectos neurológicos ha sido definido como nivel de riesgo : 50 µg/g creatinina¹⁰. En tanto, 100 µg/g creatinina se ha definido como un valor de exposición reciente⁸. Datos tomados de Díaz-Barriga, et al., 1997⁷.

Tabla 3. PLOMO EN SANGRE EN NIÑOS POR GRUPOS DE EDAD (µg/dl) ESTUDIO EN UNA COMUNIDAD METALURGICA DE EL ALTO, BOLIVIA.

Grupos por Edad (años)	n	Media Geométrica	Error Estandar	% > 10	% > 15
5 - 7	25	8.7	1.1	44.1	16.0
8 - 9	26	6.9	1.1	19.2	11.5
10 - 11	28	6.9	1.1	25.0	0

10.0 µg/dl es el valor de intervención de la CDC⁴. Datos tomados de Díaz-Barriga, et al., 1997⁷.

Mujeres. Las mujeres son otro grupo de alto riesgo y al igual que en los niños, se toman en cuenta tanto por sus características fisiológicas como por sus hábitos. En cuanto a las primeras, es claro que debemos considerar estados tan importantes como irregularidades menstruales que pueden originar deficiencias en hierro y la menopausia que se correlaciona con alteraciones en el metabolismo de calcio. En cuanto a sus hábitos hay que incluir al trabajo doméstico y a la inequidad alimenticia que en algunos países se presenta entre las mujeres como resultado de la discriminación¹¹. Como ejemplo de la importancia de estos factores presentamos dos casos: (1) El cadmio asociado a la desnutrición y sobre todo a una menor cantidad de calcio en hueso origina un cuadro de osteomalacia, osteoporosis y fracturas óseas espontáneas. Este cuadro, que en el Japón fue denominado *itai-itai*, no es exclusivo de las mujeres pero por lo apuntado en líneas superiores, ellas representan el grupo de mayor riesgo¹². (2) El trabajo doméstico en interiores residenciales, que es práctica generalizada de las mujeres en países en vías de desarrollo, es un factor de riesgo cuando se considera la cocción de alimentos. Así, se ha demostrado una asociación de algunas enfermedades con la exposición a emisiones de combustibles durante la cocción en interiores, entre ellas apuntamos: cáncer pulmonar, pneumoconiosis y bronquitis crónica¹¹. Las mujeres también deben considerarse como un grupo susceptible de riesgo durante la etapa del embarazo. En sitios agrícolas las mujeres son un grupo de riesgo reproductivo; por ejemplo, en Colombia solo para el cultivo de flores, se utilizan 127 diferentes tipos de plaguicidas¹³. En este país se han detectado riesgos significativos de abortos, partos prematuros y algunos tipos de malformaciones¹³. En sitios industriales con actividad metalúrgica, la exposición de las mujeres a metales es alta (ver Tabla 4) e importante, por los riesgos reproductivos que han sido asociados con los metales en diferentes condiciones ambientales y ocupacionales¹⁴.

Tabla 4. NIVELES DE METALES PESADOS EN PLACENTA DE MUJERES PROVENIENTES DE DOS DIFERENTES TIPOS DE CIUDADES ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

METAL	TIPO DE CIUDAD	n	PROMEDIO	E. S.	RANGO
ARSENICO	Industrial	20	5.8	0.6	2.2 - 14.9
	Agrícola	16	2.5	0.4	0.5 - 6.0
CADMIO	Industrial	21	10.9	2.0	nd - 33.5
	Agrícola	16	1.3	0.5	nd - 7.1
PLOMO	Industrial	21	122.5	19.9	23.2 - 384
	Agrícola	16	58.5	8.3	27.1 - 137

Las diferencias entre las dos ciudades fueron significativas en los tres casos. Para arsénico y cadmio $p < 0.001$, para plomo $p < 0.01$. Los datos de esta Tabla fueron tomados de Díaz-Barriga et al., 1995¹⁴. (E.S.) Error Standard. (nd) no detectado.

3. EQUIDAD AMBIENTAL

Cuando se toca el tema de poblaciones expuestas, no puede dejarse de lado el tópico de equidad ambiental. Este concepto establece que la pobreza y la marginación son factores que favorecen la exposición a las sustancias químicas y posiblemente, también posibilitan un mayor efecto tóxico de ellas. El concepto de equidad ambiental ganó fama en los Estados Unidos, donde en algunas regiones existe evidencia de que las instalaciones adaptadas para el manejo de residuos peligrosos se encuentran en comunidades cuya población está conformada mayoritariamente por algún grupo minoritario¹⁵. Además, también se ha demostrado que aún en los mismos grupos minoritarios, la pobreza es un factor que incide en la exposición. Por ejemplo, dentro de la comunidad de hispanos-americanos, los niveles de plomo en sangre entre los pobres es de 11.6 µg/dl, en tanto entre los no-pobres es de 9.6 µg/dl¹⁶. Pero la pobreza también está relacionada con la desnutrición y ésta se relaciona con mayor susceptibilidad a los efectos tóxicos de los contaminantes. En la Tabla 5 se presentan datos de los contaminantes cuyos efectos se ven potenciados por deficiencias en micronutrientes.

Tabla 5. DEFICIENCIAS NUTRICIONALES Y RIESGOS EN SALUD

nutriente deficiente	ejemplos de contaminantes para los cuales la deficiencia nutricional representa mayor riesgo
VITAMINA A	aflatoxina hidrocarburos carcinógenos bifenilos policlorados
VITAMINA C	arsénico, cadmio, cromo, plomo, dieldrin, DDT, mercurio monóxido de carbono, ozono, nitritos
VITAMINA E	plomo nitritos dióxido de nitrógeno, ozono
CALCIO	cadmio flúor plomo
HIERRO	cadmio, manganeso plomo hidrocarburos carcinógenos
PROTEINA	DDT plaguicidas diversos solventes industriales

Adaptado de Ríos et al., 1995¹⁷.

En comunidades hispánicas de los Estados Unidos, la prevalencia de deficiencias en hierro y vitamina A es mayor entre los pobres en un 50 %¹⁶. En estudios realizados por nuestro grupo en zonas metalúrgicas hemos llegado a registrar deficiencias de hierro hasta en un 40 % entre la población infantil expuesta (datos no publicados); además, dichas deficiencias correlacionan con mayor exposición al plomo, tal y como ha sido descrito en la literatura⁴. Otro factor que también está asociado a la pobreza y que consideramos debe tomarse en cuenta para la evaluación del riesgo, es la prevalencia de infecciones. Es común encontrar en zonas marginadas mayores índices de infecciones gastrointestinales y respiratorias. Ello se debe principalmente a la falta de acceso a agua potable, pero también podría deberse a un menor acceso a servicios médicos y a un estado nutricional deficiente. Cualquiera que fuere la causa, es importante definir que algunos contaminantes son inmunosupresores^{18,19}, lo cual facilitaría aún más la aparición de infecciones. Pero también, debemos establecer la posibilidad contraria, es decir, el que una infección afectara la toxicidad del contaminante. Como ejemplo de una hipótesis de trabajo apuntaríamos la posibilidad de que las infecciones hepáticas cambiaren el metabolismo y por consiguiente, la detoxificación de compuestos orgánicos, tal y como sucede con el alcoholismo, que por cierto, también es frecuente entre los grupos marginados. En la Tabla 6 presentamos datos que demuestran la exposición simultánea a contaminantes biológicos (parásitos) y a contaminantes químicos (arsénico), en niños de una zona metalúrgica.

Tabla 6. NIVELES DE ARSENICO EN ORINA EN NIÑOS CON PARASITOSIS POSITIVA Y NEGATIVA ($\mu\text{g/g}$ creatinina).

PARASITOSIS	n	PROMEDIO	D. S.
POSITIVA	25	224.5	110.6
NEGATIVA	50	176.2	90.3

La diferencia fue significativa $p = 0.05$. (D.S.) Desviación Standard. Tomado de Díaz-Barriga et al., 1992²⁰.

Resulta evidente entonces, que en los sitios peligrosos no solamente deberemos considerar a los grupos de riesgo en cuanto a si son mujeres o niños, sino también en cuanto a su pobreza, estado nutricional y prevalencia de infecciones. En este sentido resalta que de los 47 sitios peligrosos que hemos identificado en nuestra región, el 75 % tiene como vecinos a comunidades marginadas.

4. EFECTOS EN SALUD ASOCIADOS A SITIOS PELIGROSOS

Para establecer una relación causa - efecto entre contaminación y efectos en salud, es necesario definir la ruta de exposición; esto es, el camino que siguen los contaminantes desde su fuente de emisión hasta el individuo expuesto. Según la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades perteneciente al Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos (ATSDR)⁶, las rutas de exposición se componen de cinco elementos: fuente de contaminación, medios contaminados (medios de transporte), puntos de exposición, vías de exposición y población receptora.

Fuentes. En cuanto a las fuentes de contaminación, en este capítulo ya se han presentado datos sobre los sitios peligrosos y cuales podrían ser los sectores que tendrían el mayor número de fuentes contaminantes. Baste recordar que dichos sectores son mineros, petroleros, industriales (macro y micro), agrícolas, depósitos no controlados (incluyendo depósitos municipales) y la contaminación de origen natural.

Medios. Los medios ambientales de mayor importancia para el transporte de los contaminantes son: aire, agua, sedimento, suelo, polvo residencial y alimentos. El aire no solo es importante para las emisiones de chimeneas sino también para el transporte de compuestos orgánicos volátiles derramados en cuerpos de agua o en áreas de suelo. En lo referente al agua deben contemplarse tanto los cuerpos superficiales (ríos, lagos, etc.), como los profundos (acuíferos confinados y no confinados), y los primeros en conjunto con los sedimentos. El suelo y el polvo siempre se toman juntos. Suelos importantes son aquellos de las áreas recreativas o de los patios residenciales. Finalmente, sobre los alimentos deben contemplarse tanto los de origen vegetal como los de origen animal, pero siempre teniendo en cuenta los hábitos alimenticios de la población afectada. La información sobre los medios debe ser completada con información geográfica (geología, meteorología, etc.). Por ejemplo, un sitio frío puede ser de alto riesgo para el caso de contaminantes volátiles provenientes del suelo, ya que entonces la concentración de estos contaminantes podría ser muy alta en los interiores de las residencias poco ventiladas. Otro caso sería en zonas tropicales con fuentes de agua contaminadas. Los individuos al ingerir mayores cantidades de agua por efecto de la temperatura, estarían ingiriendo mayores cantidades de contaminante.

Puntos de Exposición. Son aquellos lugares donde ocurre el contacto del hombre con el contaminante. Por ejemplo, los grifos residenciales serían el punto de exposición para un acuífero contaminado y los campos de recreación en centros escolares podrían ser el punto de exposición para suelos impactados por contaminantes. La concentración del contaminante en el punto de exposición es la concentración que realmente importa, ya que representa la concentración real a la cual se encuentra expuesta la población.

Vías de Exposición. La vía de exposición para el aire es la inhalatoria. La vía para agua, suelo, polvo y alimento es la oral. Pequeñas partículas de suelo y polvo podrían ser inhaladas. Algunos contaminantes orgánicos y metalorgánicos pueden entrar al cuerpo humano a través de la piel (vía dérmica). La exposición a la radiactividad es total, lo cual significa que todas las vías pueden participar.

Población Receptora. Se ha señalado ya que las mujeres (sobre todo aquella en edad reproductiva) y los niños serían los sectores de la población en mayor riesgo. No obstante, en una generalización, todos los individuos pueden sufrir daño por la exposición a los residuos. Para que los residuos peligrosos generen efectos en salud es necesaria la exposición de la población a concentraciones tóxicas por un tiempo determinado. Tiempo y cantidad son los factores que mas influyen en la dosis y por ende en el efecto. Entonces el efecto en salud puede hacerse evidente en cualquiera de los siguientes dos escenarios de exposición: (1) exposición corta o aguda, a concentraciones altas de contaminante; ó (2) exposiciones prolongadas o crónicas a menores concentraciones de contaminante. Por lo tanto, al estudiar un sitio peligroso se requiere establecer los niveles de contaminación y el tiempo durante el cual la población pudo haber estado expuesta a dicha contaminación. En cuanto a los niveles, la proximidad de residencia al sitio contaminado es un factor a destacar; y en cuanto a la duración de la exposición, el tiempo de residencia podría aportar datos de importancia para el análisis de riesgo.

En conclusión, si bien los niños y las mujeres merecen siempre una atención especial, dependiendo del sitio, de los hábitos, de los niveles de contaminación, de la duración de la exposición y de la susceptibilidad, otros sectores de la población como los jóvenes ó los ancianos, podrían ser tan importantes como aquellos.

Una vez establecida la ruta de exposición, se requiere conocer a los contaminantes que pudieran estar asociados a los efectos en salud. En un análisis preliminar de los sitios peligrosos que identificamos en San Luis Potosí, la proporción de sitios con presencia de contaminantes orgánicos fue superior a la de los sitios con contaminantes inorgánicos. En Estados Unidos se obtuvo un resultado semejante al analizar los tipos de contaminantes de los sitios peligrosos que conforman la Lista de Prioridades Nacionales²¹. En este caso, los Compuestos Orgánicos Volátiles se encontraron en el 66 % de los sitios, los inorgánicos en el 65 % de los sitios y los orgánicos halogenados (plaguicidas y bifenilos policlorados) en el 34 % de los sitios²¹. Estos resultados son por familia y poco dicen del verdadero riesgo.

En el total de los sitios prioritarios de Estados Unidos se han encontrado mas de 2000 diferentes contaminantes²² y este dato nos lleva a una conclusión, el problema de la contaminación por residuos peligrosos es un problema de contaminación por mezclas complejas. Se han reportado sitios hasta con 47 contaminantes en el aire, sitios hasta con 70 contaminantes en el suelo y sitios hasta con 56 contaminantes en el agua²³. ¿Cuál es la toxicidad de un sitio contaminado con mezclas? ¿Qué efectos en salud pueden esperarse entre los individuos expuestos de manera simultánea a varios contaminantes? Responder ambas preguntas es el objetivo de algunos grupos de investigación, pero por desgracia, todavía los estudios sobre toxicidad de mezclas han concluído en resultados muy preliminares. Para acercarnos aun más a este problema analicemos las siguientes dos Tablas. En la primera de ellas (Tabla 7) se listan las sustancias que con mayor frecuencia han aparecido en los sitios peligrosos prioritarios de Estados Unidos. En la segunda de ellas (Tabla 8) se listan las sustancias según su frecuencia de aparición en los diferentes medios del ambiente.

Tabla 7. DIEZ CONTAMINANTES PRIORITARIOS SEGUN SU FRECUENCIA DE APARICION EN SITIOS PELIGROSOS DE ESTADOS UNIDOS

lugar	contaminante	porcentaje de sitios
1	tricloroetileno	48
2	plomo	36
3	tetracloroetileno	33
4	tricloroetano	25
5	1,2 dicloroetileno	24
6	benceno	23
7	cromo	21
8	arsénico	20
9	cadmio	18
10	1,1 dicloroetileno	18

Adaptada de ATSDR. Biennial Report to Congress 1991 and 1992²¹.

Tabla 8. TRES CONTAMINANTES PRIORITARIOS SEGUN SU FRECUENCIA DE APARICION EN LOS MEDIOS AMBIENTALES DE SITIOS PELIGROSOS DE ESTADOS UNIDOS

medios del ambiente	contaminantes
aire	benceno, tolueno, tricloroetileno
suelo	plomo, cromo, arsénico
agua	tricloroetileno, plomo, tetracloroetileno

Adaptada de Fay, 1994²³.

La lista de la Tabla 7 aporta datos para establecer que en numerosos sitios debe haber mezclas de compuestos inorgánicos y orgánicos. En tanto, la tabla 8 nos refiere que efectivamente dichas mezclas aparecen pero que lo hacen de acuerdo al medio. En el aire, se encontrarán compuestos orgánicos volátiles y en el suelo, aparecerán sobre todo los metales pesados. Pero en el agua, podremos encontrar ambos tipos de contaminantes. Si se tiene como objetivo establecer los efectos en salud asociados a los contaminantes presentes en un sitio, habrá que tener la precaución de considerar todos los medios y todos los contaminantes. Un individuo se expone simultáneamente al aire, al agua, al suelo y a los alimentos. Por consiguiente, se encuentra expuesto al mismo tiempo, a todos los contaminantes presentes en ellos. El efecto en salud será entonces, la resultante de los efectos interactivos entre los contaminantes y esta es la razón por la cual, en algunos casos los efectos en salud no correlacionan con los tipos de contaminantes encontrados.

En cuanto a Latinoamérica sería muy aventurado establecer “la lista” de sustancias peligrosas, pero podemos acercarnos a ella si tomamos en cuenta las primeras conclusiones del proyecto “Epidemiología Ambiental para América Latina y el Caribe” iniciado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) a través de su Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud²⁴. Según el documento y dejando a un lado la contaminación atmosférica, existen tres grupos de contaminantes que requieren especial atención: los metales, los plaguicidas y los disolventes.

En el apartado de los metales podemos establecer tres fuentes de importancia: la minería, la metalurgia (incluyendo la refinación del plomo) y las fuentes naturales (de importancia extrema para los casos del arsénico y del flúor). Según el estudio citado de la OPS para la Región, serían prioritarios el arsénico, el plomo y el mercurio²⁴. No obstante, a esta lista habría que añadirle metales como el níquel (minas en Cuba y República Dominicana), como el cromo (cromadoras, curtiembres, etc.) y como el cadmio (asociado a minería de zinc) o minerales no metálicos como el flúor (México, Bolivia, Argentina, Brasil y Chile cuentan con áreas de hidrofluorosis endémica por contaminación natural).

En lo referente a los plaguicidas, la generación del listado se vuelve mas complicado por el gran número de productos que son empleados en la Región. Pero hay una serie de plaguicidas que no podrían ser excluidos de cualquier listado, entre ellos apuntamos a los siguientes: endosulfán, lindano, DDT (y metabolitos), paratón, metil paratón, paraquat, 2,4 D, metamidofós, organometálicos (sobre todo de arsénico y mercurio), pentaclorofenol y permetrina. Los efectos en salud de los plaguicidas, como resultado de la exposición directa o de la contaminación ambiental, han sido reportados en numerosos países de América Latina y el Caribe²⁵.

Finalmente, en cuanto a disolventes, el grupo de la OPS²⁴, apuntó entre otros, al benceno, tolueno, glicol éteres, tricloroetileno, tetracloroetileno, disulfuro de carbono, hexano, formaldehído, tetracloruro de carbono, etc. A la lista se añade el xileno por su amplia presencia en disolventes industriales como el thiner y en formulaciones comerciales de plaguicidas²⁶.

La lista de contaminantes prioritarios para América Latina y el Caribe, finalmente debería de incluir sustancias de reconocida toxicidad y que se han utilizado de manera amplia en las distintas naciones del planeta, entre ellas pueden apuntarse a los bifenilos policlorados, los ftalatos y el cloruro de vinilo. Además, podríamos incluir en dicha lista, a los contaminantes biológicos (no olvidemos que bajo la definición moderna de residuo peligroso se incluye el concepto de infecto-contagioso).

En la Tabla 9 se resumen los datos. Al analizar esta lista preliminar de contaminantes para América Latina y el Caribe (Tabla 9) se puede advertir que en ella se engloban todos los contaminantes prioritarios listados para Estados Unidos (Tabla 7). No obstante, habrá que realizar estudios para verificar la prioridad de los contaminantes en los sitios Latinoamericanos.

**Tabla 9. ALGUNOS CONTAMINANTES PRIORITARIOS
PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE QUE PUDIERAN
ESTAR ASOCIADOS CON SITIOS PELIGROSOS**

PLAGUICIDAS	endosulfán lindano DDT paratión metil paratión, metamidofós permetrina paraquat 2,4 D, organometálicos pentaclorofenol	DISOLVENTES	benceno tolueno glicol éteres tricloroetileno tetracloroetileno disulfuro de carbono hexano formaldehído tetracloruro de carbono cloruro de vinilo xileno
METALES	plomo arsénico mercurio cadmio cromo níquel flúor	OTROS	PCBs* Dioxinas ftalatos contaminantes biológicos

(PCBs) bifenilos policlorados.

La lista en la Tabla 9 se encuentra compuesta por sustancias de reconocida toxicidad. Considerando los efectos de cada una de ellas, prácticamente todos los órganos y sistemas del cuerpo humano estarían implicados como potencialmente a ser afectados en un sitio contaminado con residuos peligrosos. No obstante, para la ATSDR la siguiente es la lista de las siete condiciones de salud mayormente asociadas a las sustancias contaminantes en sitios peligrosos (se listan en orden alfabético)²¹:

1. Anomalías inmunológicas
2. Cáncer
3. Daño reproductivo y defectos del nacimiento
4. Enfermedades respiratorias y del pulmón
5. Problemas de Funcionamiento Hepático
6. Problemas de Funcionamiento Neurológico
7. Problemas de Funcionamiento Renal

Este listado también puede organizarse de acuerdo a la preocupación de la comunidad. Así , las tres condiciones de salud que mas preocupación generan entre las poblaciones afectadas por los residuos peligrosos son: cáncer (53% del total de las preocupaciones declaradas), efectos neurotóxicos (19%) y defectos del nacimiento (11%)²².

Cáncer. Las mezclas complejas de los efluentes industriales han sido descritas como las que tienen mayor actividad mutagénica en los bioensayos, aun más que la presente en las emisiones de los incineradores o en las emisiones de los automotores de diesel²⁷. Por consiguiente, no es raro que los residuos peligrosos estén asociados a la generación de cáncer. En Estados Unidos, que es un país con amplias estadísticas en materia de salud, un estudio ecológico realizado en municipios donde se localizan 593 sitios contaminados con residuos peligrosos, demostró una mayor incidencia de cáncer cuando fueron comparados contra municipios controles. Los cánceres encontrados con una diferencia significativa fueron: pulmón, vejiga, esófago, estómago, intestino, recto y mama²⁸. Entre las variables que se asocian a la aparición del cáncer gastrointestinal están: densidad poblacional, grado de urbanización y presencia de sitios peligrosos²². En el área de metales, en Chile y México²⁴, se ha demostrado mayor prevalencia de cáncer de la piel; en tanto en Chile, también se ha demostrado mayor prevalencia de cáncer en vejiga, riñón e hígado; en ambos países el agente común es la exposición al arsénico en zonas con agua contaminada por fuentes naturales. Más adelante se tocará el punto de los cánceres asociados a la exposición ocupacional a plaguicidas.

Defectos en el Nacimiento. Algunos elementos presentes en las mezclas de los residuos peligrosos tienen la capacidad de generar efectos teratogénicos y/o del desarrollo fetal (efectos embriotóxicos y/o fetotóxicos). Esta posibilidad se origina por la exposición de una mujer embarazada a sustancias químicas que son capaces de afectar directa o indirectamente al producto que la madre lleva en su vientre. En Minamata, Japón, la contaminación por mercurio orgánico causó daños irreversibles en el desarrollo del sistema nervioso central y quizás sea el caso mejor estudiado de un efecto teratogénico asociado a un contaminante ambiental²⁹. Sin embargo, Minamata no es el único ejemplo. En el Estado de Iowa, en los Estados Unidos, se ha reportado un incremento de malformaciones tales como paladar hendido, defectos cardíacos y defectos urogenitales, en aquellos municipios con sitios peligrosos contaminados con arsénico, plomo y mercurio²². En New Jersey, también en EUA, se encontró una relación entre los plaguicidas y el bajo peso al nacer²², así como defectos orales y del sistema nervioso central asociados a los dicloroetileno, tricloroetileno, tetracloroetileno y tetracloruro de carbono²². En el Estado de Nueva York, un estudio efectuado en 590 sitios peligrosos de 20 municipios, concluyó que la proximidad de la madre a los sitios peligrosos incrementa en un 12 % el riesgo adicional de tener hijos con malformaciones³⁰. Este último dato no pudo ser corroborado en otro trabajo que utilizó estadísticas nacionales³¹.

Aunado a los datos anteriores, un hecho que ha adquirido relevancia en fechas recientes es la exposición fetal a interruptores endocrinos, entre los cuales destacan los xenoestrógenos³²⁻³⁴. La exposición al dietiletilbestrol (DES) es el modelo de estos efectos. Algunos estudios han mostrado cambios reproductivos en la etapa adulta entre mujeres y hombres nacidos de madres que durante su embarazo recibieron DES³⁴. Este resultado indica que el efecto nocivo puede aparecer mucho tiempo después de la exposición a la sustancia tóxica; pero además, el DES es un xenoestrógeno, como lo son algunos plastificantes y algunos plaguicidas organoclorados³²⁻³⁴. Sustancias que por cierto se encuentran entre las que más frecuentemente aparecen como contaminantes de sitios peligrosos. En este momento los xenoestrógenos están recibiendo una gran atención por parte de la comunidad científica y

habrá que esperar nuevos conocimientos para definir con certidumbre el nivel real de riesgo asociado con ellos.

Efectos Neurológicos. Estos en principio pueden aparecer por daño tóxico a nivel central, pero también se ha descrito el daño a nivel periférico. Quizá el contaminante más representativo de neurotoxicidad a nivel central sea el plomo. Por diversos mecanismos el plomo ocasiona déficits en el aprendizaje^{4,9}. Lo trascendente de este efecto es que ocurre a concentraciones relativamente bajas, lo cual además resulta relevante por el hecho de que el plomo es uno de los principales contaminantes de los sitios peligrosos, tanto en los Estados Unidos como en la América Latina y el Caribe^{22,24}. En México, entre niños de una zona metalúrgica se han demostrado alteraciones en los potenciales evocados auditivos y motores, asociados a los niveles de plomo en sangre y arsénico en orina³⁵, en este sitio metalúrgico se han reportado altos niveles de ambos metales^{36,37}. Algunos disolventes y la mayoría de los plaguicidas también tienen capacidad neurotóxica²⁴. Inclusive para los disolventes industriales, se ha postulado un interesante mecanismo para su neurotoxicidad periférica: los disolventes industriales estimularían la aparición de anticuerpos contra las proteínas de la mielina que protege a los nervios³⁸.

Sin embargo, los efectos neurológicos pueden aparecer por mecanismos más sutiles. Según dos estudios efectuados entre comunidades vecinas a sitios peligrosos en California^{39,40}, algunos síntomas como dolor de cabeza, náusea, irritación de ojos e irritación de vías respiratorias superiores, correlacionaron con la percepción de olores provenientes de los sitios peligrosos y con el nivel de preocupación por vivir cerca de ellos. Es decir, el estrés, puede ser suficiente para generar condiciones de salud que realmente pueden llegar a un cuadro de enfermedad. Baste recordar la asociación tan clara que existe entre el estrés y la inmunodeficiencia⁴¹.

Otros Efectos. A pesar de que el número de sustancias asociadas a sitios peligrosos es grande, algunos efectos como los inmunológicos, los reproductivos e inclusive los neurológicos, pudieran no haberse registrado en los estudios epidemiológicos que hasta la fecha se han realizado entre las comunidades vecinas a estos sitios, por la simple razón de que la literatura científica en relación a estos efectos es escasa para un gran número de dichos contaminantes. Esto por ejemplo es cierto para 38 de las sustancias que más comúnmente se presentan en los sitios peligrosos de EUA²¹.

5. RIESGOS ASOCIADOS A LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A SUSTANCIAS PELIGROSAS

Los estudios a nivel ocupacional en materia de sustancias peligrosas son amplios a nivel agrícola pero aún son raros en sitios que manejan residuos peligrosos. En esta sección nos enfocaremos a tres casos que pretenden ser ejemplificativos de los riesgos en el ambiente laboral.

Guadalcázar. El trabajo se desarrolló en una estación receptora de residuos industriales, que operó de noviembre de 1990 a julio de 1991. Durante tal lapso se recibieron más de 20 mil toneladas de residuos, los cuales se depositaron al aire libre en tambos y en material a granel. El calor y la lluvia ocasional provocaron derrames del material por lo cual fue necesario

establecer un programa emergente de confinación. En el sitio laboraban 78 trabajadores pero solo 22 fueron considerados para el estudio, dado que ellos fueron los individuos mas expuestos, al ser los encargados de transportar los tambos de residuos a las celdas de confinamiento. El estudio demostró una ligera exposición al arsénico⁴² y exposición a compuestos orgánicos^{42,43}. No se encontró daño hepático o daño renal⁴². Sin embargo, el daño genotóxico medido como frecuencia de aberraciones cromosómicas fue mas significativo entre los trabajadores cuando se comparó contra una población control y también fue mas significativo entre los trabajadores que laboraron mayor tiempo en el sitio⁴³. Los trabajadores no contaban con equipo de protección y al ser de origen humilde, poca conciencia tenían del riesgo al que se encontraban expuestos. El sitio ahora está clausurado pero deja por lección los riesgos en salud que pueden generarse por una mala administración (depósito al aire libre de tambos y material a granel) y por la carencia de medidas preventivas para el manejo de sustancias peligrosas.

Flúor. El segundo ejemplo que presentamos se refiere al caso de trabajadores expuestos al flúor tanto a nivel ocupacional (por laborar en una industria que produce ácido flúorhídrico), como a nivel ambiental (por vivir en la Ciudad de San Luis Potosí cuyo acuífero está contaminado por fuentes naturales de flúor). En la población adulta, el flúor puede ocasionar daños óseos que llevan a un padecimiento denominado fluorosis esquelética⁴⁴. En este padecimiento, los huesos se vuelven más densos y al mismo tiempo se estimula la producción ósea en sitios anómalos, como en las cercanías de las articulaciones. La hiperdensidad ósea y la neoformación de hueso, generan dolores y pueden causar la invalidez a nivel de extremidades. No obstante que la fluorosis dental en los niños de la Ciudad de San Luis Potosí es un problema grave⁴⁵, que ha provocado la difusión de los efectos dentales del flúor entre el grueso de la población, los trabajadores carecían del conocimiento sobre la magnitud del riesgo asociado a una sobreexposición al flúor (recordemos que ellos no solo estaban expuestos a nivel laboral sino también a nivel ambiental -inhalación de flúor por exposición al aire de la industria e ingesta de flúor por el agua contaminada de sus casas-). El resultado, presencia de casos de fluorosis esquelética entre los trabajadores⁴⁶. Simples medidas de educación ambiental hubieren bastado para disminuir la exposición al flúor y por consiguiente el riesgo asociado con este mineral.

Exposición Agrícola. Son numerosos los casos de exposición ocupacional a los plaguicidas durante las actividades agrícolas. También numerosos son los ejemplos de daño neurológico entre los trabajadores expuestos^{24,25,47} y menos frecuentes, pero igual de importantes son los casos de daño reproductivo⁴⁸. Sin embargo, probablemente de mayor impacto para el futuro regulatorio de los plaguicidas sean las evidencias que de manera paulatina se han venido acumulando en relación con los diferentes tipos de cáncer asociados a su uso. Una reciente revisión lista los tipos de cáncer mas frecuentes, entre ellos: mieloma múltiple, linfomas, estómago, próstata, vejiga y cerebro⁴⁸. Este último destaca porque también se ha correlacionado con el uso de insecticidas domésticos⁴⁸. En general, estos padecimientos no se encuentran asociados al tabaquismo y si a la inmunodeficiencia, por lo cual se abre una área de investigación de sumo interés, el efecto inmunsupresor de las formulaciones comerciales de plaguicidas⁴⁸. Pero un punto merece anotación aparte, se ha encontrado alguna evidencia de que el sarcoma óseo en niños pudiera estar correlacionado con el trabajo agrícola de los padres⁴⁸. De confirmarse estos datos, el riesgo ocupacional sería hereditario y por lo tanto, entre los trabajadores agrícolas habría que aplicar mayores medidas de

protección ocupacional y quizá habría que instrumentar un programa de vigilancia preconcepcional. La herencia del riesgo ocupacional es un concepto novedoso que también podría aplicarse a mujeres de fundiciones expuestas al plomo. Se sabe que estas mujeres tienen mayores niveles óseos de plomo⁴⁹ y se sabe que durante el embarazo ocurre una movilización del plomo óseo materno a la corriente sanguínea materna y a la corriente sanguínea fetal, dado que el plomo traspasa la barrera placentaria⁵⁰. Es decir, mujeres que durante su etapa pre-reproductiva estuvieran expuestas ocupacionalmente al plomo, después, durante la fase reproductiva, podrían traspasar este contaminante vía cordón umbilical a su hijo. Quizá este tipo de traspaso del riesgo de una madre a su hijo no sea estrictamente hereditario porque no involucra al material genético, pero el concepto es el mismo: el traspaso al hijo de un riesgo adquirido por el padre o la madre durante su trabajo ¿Habrá entonces que regular con mayor exigencia la exposición ocupacional?

Los efectos en salud, en el ambiente ocupacional, requieren la participación del responsable de la empresa, la participación de los trabajadores, e inclusive la participación de la familia de los trabajadores. En este nuevo escenario, el personal médico deberá estar atento de los riesgos ocupacionales, a nivel empresa, pero también, a nivel familia de los trabajadores.

6. RIESGOS ASOCIADOS A EMERGENCIAS AMBIENTALES.

Los escenarios de emergencias ambientales son completamente diferentes a los escenarios de la contaminación en sitios peligrosos. En las emergencias ambientales por lo general se presenta la exposición a una sola sustancia y no a mezclas complejas como en el caso de los lugares contaminados con residuos. La exposición es aguda y no crónica; y las concentraciones ambientales pueden llegar a ser muy altas.

En un reporte de la ATSDR sobre 1249 eventos, se encontró que en el 72 % de los casos participaron fuentes fijas y solo el restante 28 % de los eventos ocurrieron por accidentes de transporte²². En el 80 % de estos eventos solo una sustancia estuvo involucrada. Los herbicidas, los ácidos y los compuestos orgánicos volátiles estuvieron entre los químicos que con mayor frecuencia se fugaron como resultado del evento⁵¹. En el caso de los accidentes ambientales poco puede concluirse sobre la cantidad de individuos en riesgo; Chernobyl en la entonces Unión Soviética y Bhopal en India son típicos casos de exposición masiva. Pero en el 71 % de los eventos registrados por ATSDR durante dos años, el número de víctimas en promedio fueron dos o menos⁵¹. Otro punto importante es que del total de víctimas registradas por ATSDR en estos eventos, el 65 % eran empleados del sitio afectado o del transporte accidentado⁵¹. Las víctimas de la población civil durante emergencias en fuentes fijas representaron alrededor del 20 % del total de víctimas, y este porcentaje disminuyó a la mitad en el caso de los accidentes en fuentes móviles (transporte de sustancias químicas)⁵¹. Queda claro entonces que dos programas deben establecerse, por un lado un programa para atender a la población civil y otro, quizás con mayor prioridad, para los trabajadores involucrados en el manejo de sustancias peligrosas.

Los accidentes que involucran la fuga de material químico pueden ser muy graves pero su atención se facilita porque de inmediato se puede tener la identificación de la sustancia fugada y por ende, en el corto plazo pueden establecerse las medidas adecuadas de atención médica. Sin embargo, los accidentes que involucran contaminación por alimentos, por lo

general son masivos, ya que el tiempo de identificación del tóxico no es rápido. En el caso del “síndrome del aceite tóxico” en España, el tiempo que transcurrió entre la muerte de la primera víctima y la instrumentación de las medidas que abatieron el uso del aceite contaminado fue de dos meses; este evento causó la muerte de 340 individuos y hubo más de 20 mil afectados⁵². En el caso del grano envenenado con mercurio ocurrido en Irak, transcurrieron casi tres meses entre la llegada de los primeros casos de intoxicación a los hospitales y la intervención de las autoridades para advertir sobre el consumo del grano contaminado. Cuando menos 459 personas murieron en este evento y 6,900 individuos merecieron hospitalización⁵². Los ejemplos de España e Irak nos hacen notar sobre la necesidad de contar en todos los países, con grupos de emergencia que necesariamente tendrían que estar constituidos por epidemiólogos, por toxicólogos y por químicos analíticos.

En los eventos estadounidenses reportados por la ATSDR para el periodo 1990-1991, se encontró que entre el personal responsable de atender las emergencias hubo 121 víctimas, lo cual representó el 14 % del total de víctimas para dicho periodo⁵¹. Estos datos provienen de un país con tecnología y experiencia suficientes para el manejo de emergencias ambientales. En México, durante un incendio ocurrido en una planta de plaguicidas, que involucró la combustión de pentaclorofenol, los bomberos que atendieron la emergencia carecían del equipo adecuado y por lo que pudo observarse en material videografiado, las autoridades tampoco tenían conocimiento del riesgo asociado (producción de dioxinas), ya que no hubo medidas adecuadas para evacuar a la población civil del lugar. Es decir, este incendio fue manejado como cualquiera otro. Queda en evidencia la urgente necesidad de instrumentar programas de capacitación y equipamiento entre aquellos grupos que tienen la responsabilidad de atender las emergencias. Asimismo, es urgente el establecimiento de centros de información toxicológica.

BIBLIOGRAFÍA.

1. OPS (1994) Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe. (de Koning H, Cantanhede A y Benavides L; eds). Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C.
2. SEDESOL (1993) Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1991-1992. Secretaría de Desarrollo Social. México. pp. 193-206.
3. Guzmán A. y Loyola J.A. (1994) Diseño de oportunidades: un dilema para el futuro. Análisis y perspectivas del desarrollo del Estado de San Luis Potosí. ITESM-Campus San Luis. Primera edición.
4. CDC (1991) Preventing lead poisoning in young children. Centers for Disease Control US Department of Health and Human Services. Atlanta, Georgia.

5. Yáñez L, Calderón J, Carrizales L y Díaz-Barriga F (1997) Evaluación del Riesgo en Sitios Contaminados con Plomo Aplicando un Modelo de Exposición Integral (IEUBK). En : Evaluación de Riesgos para la Salud en la Población Expuesta a Metales en Bolivia (Díaz-Barriga F, ed.) Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS. pp. A-1 a A-17.
6. ATSDR (1992) Public Health Assessment Guidance Manual. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta Georgia. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.
7. Díaz-Barriga F, Hamel J, Paz E, Carrizales L, Batres L, Calderón J, Galvao L, Caldas LQ, y McConnell R (1997) Evaluación del Riesgo en Salud en la Zona Metalúrgica de El Alto Lima II, Ciudad del El Alto Bolivia. En : Evaluación de Riesgos para la Salud en la Población Expuesta a Metales en Bolivia (Díaz-Barriga F, ed.), Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS. pp. 1-1 a 1-52
8. ATSDR (1993) Toxicological Profile for Arsenic. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services. Atlanta, Georgia.
9. ATSDR (1993) Toxicological Profile for Lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services. Atlanta, Georgia.
10. Olivo T (1994) Evaluación de la exposición y del posible daño neurológico en niños expuestos a arsénico, plomo y cadmio en la Ciudad de San Luis Potosí. Trabajo recepcional de maestría. CINVESTAV-IPN. Manuscrito en preparación.
11. OMS (1994) Women, Health & Environment (Sims J, compilador) World Health Organization. Geneva.
12. ATSDR (1993). Toxicological profile for cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, Georgia.
13. Restrepo M, Muñoz N, Day N, Parra J, de Romero L, Nguyen-Dinh X (1990) Prevalence of adverse reproductive outcomes in a population occupationally exposed to pesticides in Colombia. Scand. J. Work. Environ. Health 16: 232-238.
14. Diaz-Barriga F, Carrizales L, Calderón J, Batres L, Yáñez L, Tabor M y Castelo J (1995) Measurement of placental levels of arsenic, lead and cadmium as a biomarker of exposure to mixtures. En: Biomonitoring and Biomarkers as Indicators of Environmental Change : a Handbook (Butterworth F, Corkum L y Guzmán-Rincón J; eds.). Plenum Publishing Corp. pp. 139-148.
15. Soliman M, Derosa C, Mielke H y Bota K (1993) Hazardous wastes, hazardous materials and environmental health inequity. Toxicol. Ind. Health 9: 901-912.
16. Montgomery L y Carter-Pokras O (1993) Health status by social class and/or minority status: implications for environmental equity research. Toxicol. Ind. Health 9: 729-773.

17. Rios R, Poje G y Detels R (1993) Susceptibility to environmental pollutants among minorities. *Toxicol. Ind. Health* 9: 797-820.
18. Burns LA, Sikorski EE, Saady JJ y Munson AE (1991) Evidence for arsenic as the immunosuppressive component of gallium arsenide. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 110 : 157-69.
19. Straight JM, Kipen HM, Vogt RF y Amler RW (1994) Immune function test batteries for use in environmental health field studies. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health & Human Services. Atlanta, Georgia.
20. Díaz-Barriga F, Santos MA, Mejía JJ, Batres L, Yáñez L, Carrizales L, Vera E, Del Razo LM y Cebrian ME (1992) Health effects in children exposed to arsenic. The San Luis Potosi case. International Seminar Proceedings. Arsenic in the Environment and its Incidence on Health, pp. 47-49.
21. ATSDR (1996) Biennial Report to Congress 1991 and 1992. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia. El resumen ejecutivo de esta publicación puede ser consultado en internet : <http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/atsdrhome.html>
22. Lichtveld MY y Johnson BL. (1994) Public health implications of hazardous waste sites in the United States. En : Hazardous Waste and Public Health: International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste (Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch y Bucsela JA; eds.). Princeton Sci. Publ., New Jersey. pp. 14-32.
23. Fay M (1994) Frequencies of top binary-pair mixtures in major media, based on HazDat data from all National Priorities List Sites. En : Hazardous Waste and Public Health: International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste (Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch y Bucsela JA; eds.). Princeton Sci. Publ., New Jersey. pp. 659-671.
24. ECO (1994) Epidemiología Ambiental: Un Proyecto para América Latina y el Caribe. (Finkelman J, Corey G y Calderón R; eds.). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS. México.
25. ECO (1993) Pesticides and Health in the Americas. (Henao S, Finkelman J, Albert L y de Koning HW; eds.). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS. México.
26. Ortíz D, Yáñez L, Gómez H, Martínez-Salazar JA, y Díaz-Barriga F (1995) Acute toxicological effects in rats treated with a mixture of commercially formulated products containing Methyl Parathion and Permethrin. *Ecotox. Environ. Safety* 32: 154-158.
27. Houk VS (1992) The genotoxicity of industrial wastes and effluents. *Mutation Res.* 277: 91-138.

28. Griffith J, Duncan RC, Riggan WB y Pellom AC (1989) Cancer mortality in U.S. counties with hazardous waste sites and ground water pollution. Arch. Environ. Health 44: 69-74.
29. Harada M (1995) Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Crit.Rev.Toxicol. 25: 1-24.
30. Geschwind S, Stolwijk J, Bracken M, Fitzgerald E, Stark A, Olsen C y Melius J (1992) Risk of congenital malformations associated with proximity to hazardous waste sites. Am.J.Epidemiol. 135: 1197-1207.
31. Sosniak W, Kaye W y Gomez T (1994) Data linkage to explore the risk of low birthweight associated with maternal proximity to hazardous waste sites from the National Priorities List. Arch. Environ. Health 49: 251-255.
32. Colborn T, Vom Saal F y Soto A (1993) Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. Environ. Health Perspect. 101: 378-384.
33. Soto AM, Sonnenschein C, Chung K, Fernandez M, Olea N y Serrano F (1995) The E-Screen Assay as a tool to identify estrogens: an update on estrogenic environmental pollutants. Environ. Health Perspect. 103 (Suppl 7): 113 - 122.
34. Newbold R (1995) Cellular and molecular effects of developmental exposure to diethylstilbestrol: implications for other environmental estrogens. Environ. Health Perspect. 103 (Suppl 7): 83-87.
35. Olivo T, Sierra A, Cebrian M, Díaz-Barriga F, Rodríguez I, Santos MA, Carrizales L, Rojas M. Neurologic alterations in children exposed to arsenic, lead and cadmium in San Luis Potosí, Mexico. International Congress on Hazardous Waste: Impact on Human and Ecological Health. Atlanta, EUA, 1995.
36. Díaz-Barriga F., Santos MA, Mejía JJ, Batres L, Yáñez L, Carrizales L, Vera E, Del Razo LM, Cebrian ME. Arsenic and cadmium absorption in children living near a smelter complex in San Luis Potosí, Mexico. Environ Res 1993; 62: 242-250.
37. Batres L, Carrizales L, Calderón J y Díaz-Barriga F (1995) Participación del barro vidriado en la exposición infantil al plomo en una comunidad industrial expuesta ambientalmente a este metal. En: Intoxicación por plomo en México: prevención y control (Hernández M. y Palazuelos E. eds). Instituto Nacional de Salud Pública y Departamento de Distrito Federal. pp. 175-185.
38. Brautbar N, Vojdani A y Campbell A (1994) Industrial exposure to solvents and immune system dysfunction. En : Hazardous Waste and Public Health: International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste (Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch y Bucsela JA; eds.). Princeton Sci. Publ., New Jersey. pp. 556-565.

39. Shusterman D, Lipscomb J, Neutra R y Satin K (1991) Symptom prevalence and odor-worry interaction near hazardous waste sites. Env. Health Perspect. 94: 25-30.
40. Neutra R, Lipscomb J, Satin K y Shusterman D (1991) Hypotheses to explain the higher symptom rates observed around hazardous waste sites. Env. Health Perspect. 94: 31-38.
41. Black P (1995) Psychoneuroimmunology: brain and immunity. Sci. Am. Nov/Dec: 16- 25. Ver también: Fuchs B y Sanders V (1994) The role of brain-immune interactions in immunotoxicology. Crit. Rev. Toxicol. 24: 151-176.
42. Díaz-Barriga F, Santos MA, Yáñez L, Cuéllar JA, Gómez H, García A, Ostrosky-Wegman P, Montero R, Pérez A y Ruíz E (1993) Biological monitoring of workers at a recently opened hazardous waste disposal site. J. Exp. Anal. Environ. Epidemiol. 3: 63-71.
43. Gonsebatt ME, Salazar AM, Montero R, Díaz-Barriga F, Yáñez L, Gómez H y Ostrosky-Wegman P (1995) Genotoxic monitoring of workers at a hazardous waste disposal site in Mexico. Environ. Health Perspect. 103 (Suppl 1): 111-113.
44. DHHS (1991) Review of flúoride: Benefits and risks: Report of the ad hoc subcommittee on flúoride of the committee to coordinate environmental health and related programs. Washington, DC: Department of Health and Human Services, Public Health Service.
45. Grimaldo M, Borja V, Ramírez AL, Ponce M, Rosas M y Díaz-Barriga F (1995) Endemic fluorosis in San Luis Potosí, Mexico. I. Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride. Environ. Res. 68: 25-30.
46. Calderón J, Romieu I, Grimaldo M, Hernández H y Díaz-Barriga F (1995) Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México. II. Identification of risk factors associated with occupational exposure to fluoride. Fluoride 28: 203-208
47. Moses M, Johnson E, Anger Kent, Burse V, Horstman S, Jackson R, Lewis R, Maddy K, McConnell R, Meggs W y Zahm S (1993) Environmental equity and pesticide exposure. Toxicol. Ind. Health 9: 913-959.
48. Davis D y Miller L (1994) Policy issues in environmental epidemiology: making the connection between exposure and human disease. En : Hazardous Waste and Public Health: International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste (Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch y Bucsela JA; eds.). Princeton Sci. Publ., New Jersey. pp. 33-42.
49. Lee V, Kaye W, Rolka D y McNeill FE (1995) Body burden of lead in a cohort of women formerly employed at a lead smelter. Resumen en: International Congress on Hazardous Waste: Impact on human and ecological health. p.62.

50. Hu H (1995) Revisión de los efectos de la exposición a plomo sobre la salud. En: Intoxicación por plomo en México: prevención y control (Hernández M. y Palazuelos E. eds). Instituto Nacional de Salud Pública y Departamento de Distrito Federal. pp. 25 - 45.
51. Hall I, Dhara R, Kaye W y Price-Green P (1994) Public health consequences of hazardous substance releases. En : Hazardous Waste and Public Health: International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste (Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch y Bucsela JA; eds.). Princeton Sci. Publ., New Jersey. pp. 867-871.
52. WHO (1994) Major poisoning episodes from environmental chemicals. Environmental occupational epidemiology series. World Health Organization, Geneva.