

Implementación de una metodología para monitorear riesgos medioambientales y su impacto en la salud

IMPLEMENTATION OF A METHODOLOGY FOR MONITORING OF ENVIRONMENTAL RISKS AND THEIR IMPACT ON HEALTH

Asela del PUERTO RODRÍGUEZ, Liliam CUELLAR LUNA, Geominia MALDONADO CANTILLO, Manuel ROMERO PLACERES

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Avenida Infanta No. 1158 entre Llinás y Clavel. Municipio Centro Habana. La Habana, CP 10300. Cuba.
Correo-e: delpuerto@infomed.sld.cu

RESUMEN

Se implementó una metodología para monitorear riesgos medioambientales y su impacto en la salud, con la ejecución de un estudio ecológico y un estudio transversal. En el *estudio ecológico* se obtuvo el inventario general y la selección de las fuentes fijas contaminantes por territorios y se determinaron las tasas de mortalidad acumulada tipificada por enfermedades asociadas a metales pesados, para dar paso al *estudio transversal* a partir de la priorización de las fuentes fijas contaminantes objeto de estudio y la población expuesta. Se obtuvieron las concentraciones de los metales pesados en medios biológicos y en los diferentes medios ambientales (agua, suelo, sedimento). Se realizó la determinación de daño directo al DNA mediante el empleo del Ensayo Cometa como marcador de efecto en las muestras biológicas y en las muestras ambientales realizaron determinaciones toxicológicas mediante la prueba de la prolongación de la raíz de un vegetal como marcador de exposición. Se obtuvo además la distribución espacial de diferentes variables, como: fuentes fijas contaminantes según tipo de residual; área de influencia; tasas de mortalidad asociada a los metales por territorio; concentraciones de los metales según medio ambiental y biológico, entre otras, según el tipo de estudio efectuado.

Palabras clave: Riesgos medioambientales, evaluación de riesgos, impacto ambiental, metales pesados.

INTRODUCCIÓN

La generación de desechos peligrosos se ha convertido en un grave problema para la humanidad, creando una situación de alto riesgo para la salud de las personas y un incremento en la contaminación del medio ambiente ⁽¹⁾.

La contaminación ambiental puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos y socioculturales (fuentes antropogénicas) que conforman las actividades de la vida diaria ^(2,3).

La actividad industrial y minera arroja al ambiente metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, entre otros, muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de las formas de vida. Además, los metales originados en las fuentes de emisión (antropogénicas), incluyendo la

combustión de nafta con plomo, se encuentran en la atmósfera como material suspendido el cual inhalamos. Por otro lado, las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas y los tejidos orgánicos.

El establecimiento de prioridades en la toma de decisiones es uno de los desafíos más comunes en los sectores de salud y ambiente. El desafío no consiste solamente en asignar adecuadamente los limitados recursos; esta evaluación, en gran medida, depende de la capacidad para medir las consecuencias de la enfermedad y la pertinencia y robustez del indicador seleccionado ⁽⁴⁾.

En la organización de los sistemas de salud tienen una influencia determinante las formas de organiza-

ción social, de la familia, de la propiedad, de los sistemas políticos, espacios donde se transmite la vida cotidiana, porque en esos contextos se forman instructiva y educativamente los agentes que diseñan, hacen, dirigen las normativas, regulaciones, políticas que pautan los comportamientos sociales en una sociedad determinada⁽⁵⁾.

El aporte del enfoque de género o perspectiva de género a los estudios en salud, radica en que visualiza las inequidades que surgen entre hombres y mujeres como resultado de la desigual distribución de los roles de género, diferencias de status, acceso a los recursos y poder de toma de decisiones. Esta perspectiva analiza e interpreta la realidad social, en un proceso permanente de construcción y reconstrucción de los estereotipos socioculturales de los géneros⁽⁶⁾.

Muchas herramientas, conceptos y metodologías han sido propuestos en los últimos 10 años para la evaluación de los riesgos ambientales en el área de la salud ambiental. Muchos países en la región de las Américas han estado elaborando y utilizando metodologías con este fin.

Estados Unidos de Norteamérica es el país que ha marcado la pauta en el diseño de metodologías para el estudio de sitios peligrosos. La metodología diseñada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) estima el riesgo en salud basándose en datos ambientales del sitio; y la originada por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública (ATSDR) evalúa el riesgo en salud, con fundamento en los datos ambientales y en los antecedentes de salud registrados en el área de influencia del sitio⁽⁷⁾.

En Cuba, existen diversos sectores de la economía generadores de desechos peligrosos, siendo los más importantes: la industria básica, la industria sideromecánica, la industria alimentaria, la industria ligera, el sector farmacéutico, el sector agrícola y de materiales de la construcción^(8,9).

Así mismo, se han ejecutado varias metodologías para la evaluación de riesgos para la salud por exposición a desechos peligrosos a nivel local⁽¹⁰⁾.

En el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) en colaboración con el Instituto Nacional de Salud Pública de Québec (INSPQ) desarrolló una estrategia de investigación-acción en salud ambiental que involucró a varios territorios de Cuba; con el objetivo de determinar la exposición de los metales pesados en los diferentes medios ambientales y el efecto que ejercen los mismos sobre la salud de las poblaciones más cercanas a las fuentes fijas contaminantes que los emiten.

El objetivo del presente trabajo fue presentar el proceso de diseño y puesta en práctica de la metodología empleada para llevar a cabo estudios epidemiológicos para monitorear riesgos medioambientales en varios territorios del país y la influencia que tienen los mismos sobre la salud de las personas que viven en el área de influencia de las fuentes contaminantes,

teniendo como base la metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados desarrollada por CEPIS/OPS⁽⁷⁾, adaptándola a las condiciones de nuestro país y del tipo de estudio a desarrollar.

DESARROLLO

Para la elaboración e implementación de la metodología se procedió a diseñar el estudio, el cual fue dividido en dos etapas, iniciando el mismo con una investigación epidemiológica del tipo ecológico y posteriormente el desarrollo de un estudio transversal.

El estudio ecológico permitió la obtención del inventario general de las fuentes fijas contaminantes en los territorios involucrados en el estudio y a partir de ellas se seleccionaron aquellas que generaban metales pesados en su proceso productivo, ya sea como materia prima o como obtención del producto final. En este momento se realizó una priorización de las fuentes fijas contaminantes objeto de estudio, que incluyó criterios como; la probabilidad de exposición humana a los contaminantes en el sitio y lejos de él, la población potencialmente bajo riesgo de contaminación según el tamaño y la distancia a la fuente contaminante, la preocupación social de la población alrededor de la fuente contaminante y la presencia de algún medio ambiental que facilitara el transporte de los contaminantes emitidos por dicha fuente, que permitió definir la población expuesta objeto de estudio y dar paso a la segunda etapa de la investigación, que fue realizar el estudio transversal⁽⁷⁾.

Así mismo se identificaron por cada territorio de estudio, las enfermedades asociadas a los metales pesados, con la obtención de las tasas de mortalidad acumulada tipificada por enfermedades asociadas a los metales pesados.

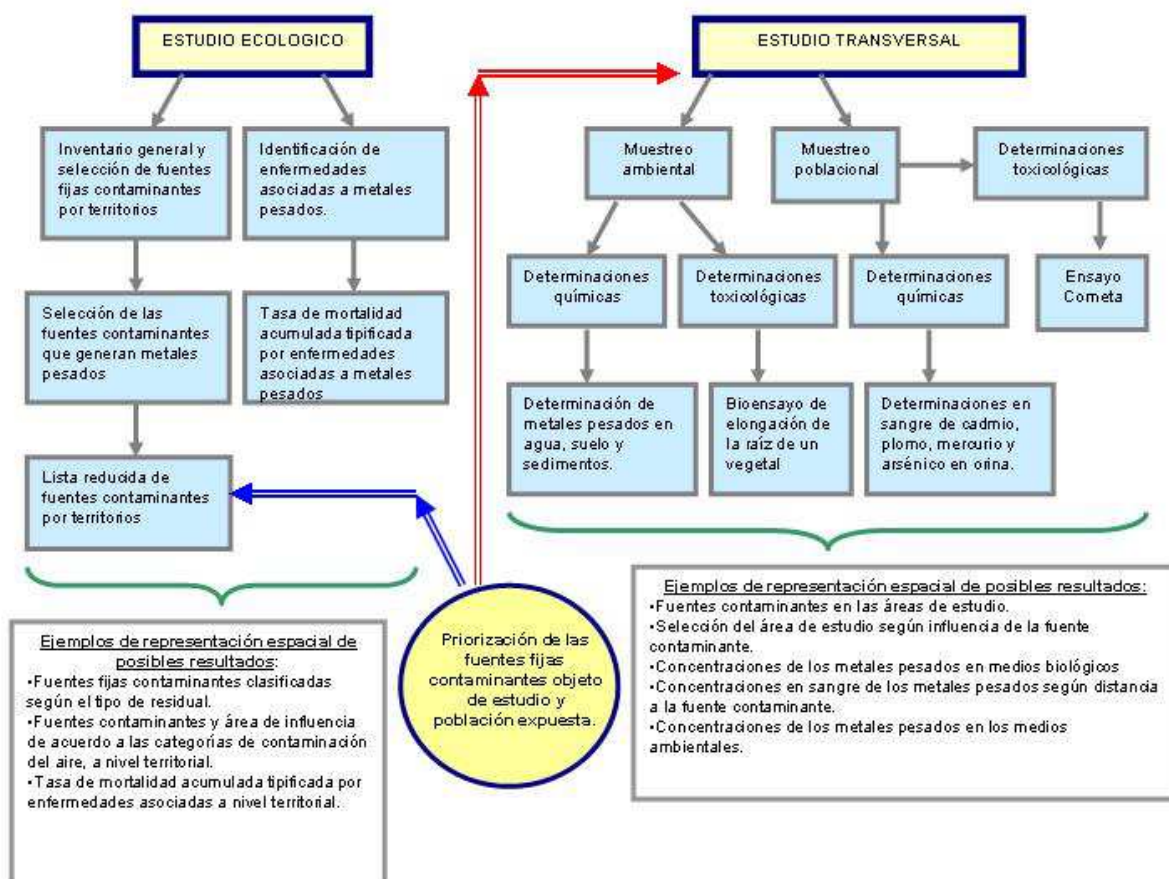
En el estudio transversal se realizó el muestreo de los diferentes medios ambientales y biológicos en las poblaciones expuestas y seleccionadas a partir del estudio ecológico, con la realización de las determinaciones químicas y toxicológicas correspondientes, la obtención de biomarcadores de efecto y de exposición y las concentraciones de los metales en los medios ambientales y biológicos.

En ambos estudios epidemiológicos se hicieron las representaciones espaciales, donde se obtuvieron mapas representativos de los principales resultados en cada etapa investigativa.

En la Figura 1 se presenta el esquema general de la secuencia de la investigación que se llevó a cabo, mostrando las dos etapas del proceso de estudio, algunos resultados y salidas que se obtuvieron.

ESTUDIO ECOLÓGICO

Figura 1. Etapas del proceso de estudio.



Los territorios a estudiar se seleccionaron basado en el juicio de su alto desarrollo industrial y las elevadas tasas de mortalidad de enfermedades relacionadas con los metales objeto de estudio. Los territorios seleccionados fueron La Habana, Matanzas, Villa Clara, Holguín, Granma y Santiago de Cuba.

A partir del inventario general de las fuentes fijas contaminantes existente en el país, se seleccionaron por criterios de expertos del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente y del Ministerio de Salud Pública (CITMA/MINSAP) y según norma cubana de calidad de aire las principales fuentes contaminantes por territorios⁽¹¹⁾. Se confeccionó una base de datos que incluyó nombre de la fuente fija contaminante, la categoría de acuerdo al radio mínimo admisible de las industrias respecto a los límites de las zonas habitables, tipo de residuos que generaban, las coordenadas geográficas donde están enclavadas; así como el territorio y el organismo del estado a que pertenecen.

Se identificaron las fuentes contaminantes que tuvieran en su proceso productivo, la presencia, al menos, de uno de los metales objeto de estudio, para lo cual se aplicó una guía para la recogida de información sobre cada una de las fuentes contami-

nantes. Con el objetivo de establecer prioridades en cuanto a las fuentes contaminantes y a las posibles poblaciones expuestas factibles de incluir en el estudio transversal, se empleó el documento "Metodología para la identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados", de OPS/CEPIS⁽⁷⁾ (Anexo 1).

Se realizó una selección de algunas enfermedades crónicas que pudieran estar condicionadas por la presencia de metales pesados en el medio ambiente a partir de revisiones bibliográficas confrontadas en la literatura nacional e internacional, seleccionándose los tumores malignos, las malformaciones congénitas, la insuficiencia renal crónica y la enfermedad hipertensiva.

Se confeccionaron diversos mapas donde se representaron espacialmente las principales fuentes contaminantes según tipo de residual, el área de influencia de las mismas de acuerdo a las categorías de contaminación del aire, así como las enfermedades crónicas seleccionadas en los territorios objeto de estudio, para lo cual se calcularon las tasas de mortalidad acumulada y tipificada a partir de la información disponible en la Dirección Nacional de Estadística (DNE).

Para el procesamiento y análisis espacial de la información se empleó el Sistema de Información Geográfica MapInfo Professional v.9.0 y el software libre Sig Epi v.1.0.4, de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

ESTUDIO TRANSVERSAL

Para la selección del área de estudio en cada uno de los tres escenarios seleccionados (municipio Cerro, Municipio San Miguel del Padrón en La Habana y municipio Matanzas, en la provincia del mismo nombre), se tuvo en cuenta el tipo y dimensiones de la fuente contaminante, volumen de emisión de cada fuente fija contaminante seleccionada, impacto ambiental que provocan (rutas de exposición de los metales), el área de localización y la población potencialmente en riesgo, que conllevó que las áreas a estudiar en cada escenario según distancia a la fuente, fueran diferentes.

La fuente contaminante del territorio Cerro (provincia La Habana), es una fuente pequeña, enclavada en un complejo poblacional urbano compacto, carente de una zona de protección sanitaria, clasifica en la categoría III, según la norma cubana de calidad del aire ⁽¹¹⁾. De acuerdo a estos criterios se definieron tres áreas de influencia, según la distancia a la fuente contaminante, siendo de 0 – 50 metros; de 50 – 100 metros y de 100 – 150 metros.

La fuente contaminante del territorio San Miguel del Padrón (provincia La Habana), es una fuente grande, enclavada en un complejo poblacional sub-urbano carente de una zona de protección sanitaria, clasifica en la categoría II, según la norma cubana de calidad del aire ⁽¹¹⁾. Se definieron tres áreas de influencia, de acuerdo a la distancia a la fuente contaminante, siendo de 0 – 100 metros; de 100 – 300 metros y de 300 – 500 metros.

La fuente contaminante del territorio Matanzas (provincia Matanzas), es una fuente de grandes dimensiones localizada en el complejo industrial de la bahía de Matanzas, en la terraza baja de dicho territorio con gran influencia de los vientos del noreste que facilita la dispersión de los contaminantes hacia la zona urbana mas cercana, situada en la parte alta de la región. Presenta zona de protección sanitaria y clasifica en la categoría I, según la norma cubana de calidad del aire ⁽¹¹⁾. Estos criterios definieron tres áreas de influencia, según la distancia a la fuente contaminante, siendo de 0 – 1000 metros; de 1000 – 2000 metros y de 2000 – 3000 metros.

En cada área de influencia de las tres fuentes fijas contaminantes se seleccionó una muestra de población estratificada aleatoriamente por sexo y grupo de edad, a partir de las fichas familiares de los consultorios médicos de la familia ubicados en cada una de las áreas de estudio. Se constituyeron estratos internamente homogéneos y diferentes entre sí en las áreas de los territorios Cerro y San Miguel del Padrón (SMP) y en el municipio de Matanzas. Los indivi-

duos se seleccionaron por un procedimiento equiprobabilístico con asignación proporcional del tamaño del estrato.

Se confeccionaron dos tipos de cuestionarios; uno dirigido a recoger información acerca del desarrollo general de los niños y adolescentes y otro cuestionario para los adultos, incluyendo las gestantes, con el objetivo de obtener información necesaria para realizar las comparaciones pertinentes con los resultados de las determinaciones químicas y toxicológicas de los metales pesados en los medios ambientales y biológicos. Los mismos fueron validados a través de una prueba piloto, que fue aplicada en un territorio de la provincia La Habana. Para su realización se obtuvo el consentimiento informado verbal y escrito de las personas implicadas. A los individuos encuestados se le tomaron muestras biológicas de sangre y de orina para determinar las concentraciones de los metales pesados (Anexo 2).

Para el cálculo de las muestras biológicas se tuvo en cuenta las estimaciones de las concentraciones de plomo en sangre, en investigaciones anteriores en nuestro país ⁽¹²⁾.

En cada área de influencia de las fuentes fijas contaminantes seleccionadas se determinaron muestras ambientales de agua, suelo y sedimento. Con el objetivo de estimar la media de la concentración de los metales en los diferentes medios impactados (agua, suelo y sedimento) se utilizó el programa Epidat versión 3.1, tomando como referencia las estimaciones obtenidas en un estudio del río Almendares realizado por Lima y colaboradores y otro ejecutado por el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, donde se estimaron las fracciones biodisponibles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en sedimentos de corrientes superficiales seleccionadas ^(13,14).

La zona a muestrear y el número de muestras ambientales (agua, suelo y sedimento) se estableció a partir del área de influencia según distancia a la fuente contaminante, la cual varía de acuerdo al tipo de fuente y su capacidad de producción.

El muestreo de agua de consumo se realizó tomando muestras de agua de la red de suministro público en la viviendas de las personas incluidas en el estudio y en cuerpos de agua superficial (ríos o embalses), si se corresponde con alguna de las áreas estudiadas ^(14,15).

Para realizar el muestreo en suelo se tuvo en cuenta la topografía del territorio, así como las áreas verdes (parques, patios de casas o dependencias públicas, canteros públicos, etc.). Se tomaron muestras de barraduras en la calle frente a las viviendas de las personas estudiadas, en las escuelas primarias, círculos infantiles, parques de recreación y los patios de las casas ⁽¹⁶⁾.

En las muestras biológicas se realizó la determinación de daño directo al DNA mediante el empleo del Ensayo Cometa como marcador de efecto ⁽¹⁷⁾, técnica novedosa que se utiliza ampliamente para

detectar en células individuales, el daño *in vitro* o *in vivo* causado al ADN por agentes genotóxicos (químicos o físicos), cuantificando las lesiones primarias del ADN.

En las muestras ambientales de agua y suelo se realizaron determinaciones toxicológicas mediante la prueba de la prolongación de la raíz de un vegetal como marcador de exposición con *Lactuca sativa* L. var. BSS (lechuga) propuesta por Dutka (1989)⁽¹⁸⁾.

Los métodos de ensayos empleados para la determinación de los metales pesados fueron las metodologías recomendadas en APHA, 1998 (Standard methods for the examination of water and wastewater)⁽¹⁹⁾.

Las mediciones de los metales se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) y los métodos y técnicas para la determinación de los metales, estuvieron en correspondencia al tipo de metal y al medio ambiental a investigar.

En el procesamiento estadístico se realizaron medidas de resumen de las determinaciones efectuadas, tales como: media aritmética, desviación estándar, mínimos y máximos de los valores de los metales incluidos en el estudio en los medios ambientales y biológicos, en cada territorio estudiado. Se realizaron comparaciones de medias (ANOVA de una vía) entre las variables obtenidas con la aplicación de los cuestionarios, ej: diferentes grupos de edades, distancia de la población a la fuente contaminante, ocupación, etc., y comparaciones de media (test de student) cuando la variable estuvo dividida en dos categorías, ej: sexo, hábito de fumar, etc. Los resultados se presentaron en mapas, tablas y gráficos estadísticos, estos dos últimos en correspondencia con la cantidad y tipo de variable.

CONCLUSIONES

Para llevar a cabo esta investigación, se elaboró e implementó una metodología que fue adecuada para desarrollar los objetivos de trabajo propuestos y la misma se ajustó a nuestras condiciones, permitiéndonos estudiar con pocos recursos y utilizando la infraestructura existente en nuestro país, el impacto que provoca el ambiente contaminado sobre la salud de las personas.

AGRADECIMIENTOS

Los fondos para la investigación que permitieron la implementación de esta metodología, fueron donados por la Agencia Canadiense de Cooperación y Desarrollo Internacional (ACDI), y ejecutados en colaboración, el Instituto Nacional de Salud Pública de Québec (INSPQ) de Canadá y el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) de Cuba.

Profesionales y técnicos vinculados en el ensayo de la metodología

Ing. José Evaldo Guerra Báez (CPHM), Centro Provincial de Higiene y Microbiología, provincia de Matanzas; Ing. Olga Lidia Fajardo (CPHM), Centro Provincial de Higiene y Microbiología, provincia La Habana; Lic. Olivia Sardiñas Peña, Laboratorio Química Sanitaria, (INHEM); Lic. Marina Torres Rodríguez, Laboratorio Toxicología, (INHEM); Lic. Adisbel Pérez Cabrera, Laboratorio Química Sanitaria, (INHEM); Lic. Alexis Rodríguez Rey laboratorio Toxicología, (INHEM); Téc. Marta Fernández Novo, laboratorio Química Sanitaria, (INHEM); Téc. Ariadna Fernández Arocha, laboratorio Química Sanitaria, (INHEM); Téc. Nadiecha Cotarelo Góngora, laboratorio Química Sanitaria, (INHEM); Téc. Mileidis Guzmán Vila, laboratorio Química Sanitaria, (INHEM).

BIBLIOGRAFÍA

1. Sardiñas Peña O, Trujillo C, García Melián M, Fernández Novo M. Evaluación de riesgos para la salud por exposición a residuos peligrosos. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2001 Ago [citado 2012 Ago 10]; 39(2): 144-146. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032001000200011&lng=es.
2. Garza Almaza V, Cantu Martínez P. Salud ambiental con un enfoque de desarrollo sostenible. *Rev. Española de Salud Pública*. 2002; 3(3):123-128
3. Yassí A, Kjelistrom T, Dekok T, Guidotti T. *Salud Ambiental Básica*. La Habana: Editorial; 2008.
4. Más Bermejo P. La carga de enfermedad ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2004 Dic [citado 2012 Ago 10]; 42(3). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032004000300001&lng=es.
5. Astelarra J. *Libres e Iguales*. Sociedad y Política desde el feminismo. La Habana: Editorial Ciencias Sociales; 2005
6. Bombino CY. La mujer como protagonista en la gestión de salud en Cuba: una mirada histórico-sociológica. En: Selección de Lectura sobre sociología de la Salud y Políticas de Salud. La Habana: Editorial Félix Varela; 2005.
7. Fernando Díaz Barriga. *Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados*. Lima; Peru: CEPIS; 1999. OPS/CEPIS/PUB/99.34.
8. Hernández FC, Valle RH. Manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba. En: *Memorias del XXIII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 22 al 28 de noviembre de 1992*. Tomo II. La Habana: AIDIS, 1992: p. 743-7
9. Romero GA, Fernández TJ, Martínez MA; Martínez RC, García FJ. Estudio preliminar de

- desechos sólidos tóxicos en una muestra seleccionada de industrias. En: En: Memorias del XXIII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 22 al 28 de noviembre de 1992. Tomo II. La Habana: AIDIS, 1992: p. 129-32.
10. García Melián M, Molina Esquivel E, Terry Berro CC, Borroto García R, Fernández Larrea N. Aspectos metodológicos de la evaluación de riesgos para la salud por exposición a desechos peligrosos. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 1996 Ago [citado 2012 Ago 10]; 34(2): 49-53. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30031996000200006&lng=es.
 11. NC 39: 1999 Calidad del aire. Requisitos higiénico – sanitarios, enmienda de NC 93-02-202 Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. La Habana: ONN; 1999
 12. Aguilar Valdés J, Más Bermejo P, Romero Placeres M, García Roche R, Sardiñas Peña O, Orris P. Niveles de plomo en sangre y factores asociados, en niños del municipio de Centro Habana. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2003 Abr [citado 2012 Ago 10]; 41(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-3003200300010002&lng=es
 13. Lima Carzola L, Olivares Rieumont S, Columbié I, Rosa Medero D, Gil Castillo R. Niveles de Plomo, Zinc, Cadmio y Cobre en el río Almendares. Ciudad de la Habana Cuba. *Rev Internacional Contaminación Ambiental* [Internet]. 2005 [citado 2012 Ago 10]; 21 (3): 115-124. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/22548>.
 14. Hernández Peñalver MT, García Melián M, Cañas Pérez R, Sardiñas Peña O. Fracciones biodisponibles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en sedimentos de corrientes superficiales seleccionadas. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 1999 Dic [citado 2012 Ago 10]; 37(3): 132-135. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30031999000300005&lng=es
 15. Carreón VT, López CL, Romieu I. Manual de procedimiento en la toma de muestras biológicas y ambientales para determinar niveles de plomo. Metepec; México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; 1995.
 16. NC 37:1999 Calidad del suelo. Requisitos generales para la toma de muestras. La Habana: ONN; 1999.
 17. Collins A. The Comet Assay for DNA Damage and Repair, Principles, Applications, and Limitations. *Molecular Biotechnology*. [Internet]. 2004 March [cited 2011 Sept 10]; 26(3): Available from: <http://hinari-w.who.int/whalecom/www.springerlink.com/whalecom0/content/e6213p154h35ttn8/fulltext.pdf>
 18. Dutka BJ. Short-Term root elongation toxicity bioassay. *Methods for microbiological and toxicological analysis of waters, wastewaters and sediments*. Burlington: National Water Research Institute (NWRI). Environment Canada; 1989.
 19. Rice EW, Baird RB, Eston AD, Clesceri LS, editors. *Standard methods for examination of water and wastewater* 22nd edition. Washington, DC: APHA, AWWA, WPCF; 2012.

Anexo 1

Acápites incluidos en la guía para la recogida de información de las fuentes contaminantes (FC) que generan los metales pesados.

- Nombre de la fuente contaminante, organismo del estado a que pertenece y ubicación de la misma (dirección completa).
- Área (urbana, rural).
- Cambio de actividad o servicio (cuál y tiempo de ocurrido el cambio).
- Materias primas, productos y/o servicios.
- Tipo de residuos: Metales u otros residuos (orgánicos, plaguicidas, mezclas complejas, etc.)
- Clasificación de la FC: (minería, industrial, zona agrícola, petrolera, microempresa, institución hospitalaria)
- Uso de órgano de tratamiento para la remoción de contaminante: Eficiencia, mantenimiento del órgano de tratamiento (según norma).
- Evidencia de contaminación ambiental química (directa e indirecta).
- Medio ambiental impactado según ruta de exposición (suelo, aire, agua superficial y subterránea)
- Evidencia de exposición humana a los contaminantes: (directa e indirecta).
- Población más cercana a la fuente: Nombre, distancia a la fuente, número aproximado de habitantes, principal actividad económica.

Criterios de priorización de las Fuentes Contaminantes objeto de estudio y población expuesta (estudio transversal)

1. ¿Existe un medio ambiental para el transporte del contaminante?

Suelo: 2 puntos	Otro _____ : _____ puntos (a juicio del investigador)
Alimento local: 2 puntos	
Agua superficial : 2 puntos	
Aire: 3 puntos	Total de Puntos: _____
Agua subterránea : 4 puntos	

2. ¿Existe probabilidad de exposición humana a los contaminantes?

Sí, en el sitio: 3 puntos	No: 0 puntos
Sí, lejana al sitio: 6 puntos	

3. ¿Existe población potencialmente bajo riesgo?

Distancia al sitio (dentro de un radio)		Tamaño de la población	
0 - 1500 m	3 puntos	> 100 mil personas	4 puntos
1501 - 3000 m	2 puntos	> 10 mil - 100 mil	3 puntos
> 3000 m	1 punto	> mil - 10 mil	2 puntos
		≤ mil	1 punto

4. ¿Existe preocupación social?

Sí: 3 puntos	No: 0 puntos
--------------	--------------

5. Criterios de desempate (según criterios de expertos)

Anexo 2

Acápites incluidos en el cuestionario para niños, aplicados a la madre, padre o tutor.

<i>Nombre de la fuente contaminante relacionada y fecha de realización de la encuesta</i>	
<i>Distancia de la vivienda a la fuente contaminante (metros)</i>	
<i>Datos generales del niño o niña:</i> Nombre y apellidos del niño; provincia; municipio; consejo popular; área de salud; área urbana o rural; dirección completa; edad; color de la piel; sexo; lugar de procedencia (antes de vivir en el lugar actual); tiempo de residencia en el lugar actual; vivió el niño o la niña anteriormente cerca de una fuente contaminante; ocupación de la madre/tutor; ocupación del padre/tutor).	<i>Actividades que realiza el niño o niña en la casa (preguntas de género):</i> Cocinar; fregar; ir al mercado; lavar; limpiar la casa; trabajar en la tierra (parcela familiar); cuidado de animales de cría; acarrear o cargar agua; cuidar a menores (lavado de ropa, baño, etc.); otros.
<i>Datos del embarazo y del parto:</i> Enfermedades o complicaciones durante el embarazo; fumó durante el embarazo, cantidad de cigarrillos al día; fumadores en la vivienda; su hijo tuvo problemas de hipoxia (falta de oxígeno) antes, durante o después del parto; abortos a repetición y nacimientos prematuros anteriores (en caso de la madre o tutor); alteraciones en la espermatogénesis (en caso del padre o tutor).	<i>Antecedentes de salud del niño o niña:</i> Malformación congénita; anemia; enfermedad del tiroides; convulsiones frecuentes; cambios en el comportamiento; catarro a repetición; trastornos de la coagulación; trastornos renales; retraso en el desarrollo motor; trastornos auditivos; daño cerebral con retardo mental e incoordinación; bajo peso al nacer; movimientos musculares involuntarios; ceguera; debilidad muscular; incapacidad para hablar; tumores; el niño o adolescente ha repetido algún grado en la escuela; el niño o adolescente ha suspendido asignaturas con

<i>Datos del primer año de vida del niño o niña:</i> Lactancia materna y tiempo; peso al nacer; apgar al nacimiento; desarrollo psicomotor	frecuencia en la escuela; otros.
<i>Lugar donde juega el niño o niña (preguntas de género):</i> Cercano o en lugares donde se reparan acumuladores o baterías de automóviles; cercano a fábricas de pinturas; cercano a fundiciones; cercano a una fábrica de cerámica o vidrio; en terrenos de una antigua zona minera; en terrenos cercanos a lugares donde se queman desechos peligrosos, carbón o petróleo; en piso de tierra; en patios de tierra cercanos a industrias; en lugares donde estuvo prestando servicio una gasolinera; cercano a carreteras de mucho tráfico; en lugares donde se almacena o se almacenó plaguicidas; en áreas agrícolas donde se usó plaguicidas; en lugares donde hayan concentraciones elevadas de humo de tabaco o cigarro; en garajes o donde se estacionan carros; otros	<i>Hábitos del niño o niña:</i> Come o ha comido pintura de la pared; come o ha comido pintura de las ventanas, cama, cuna u otros muebles; se introduce o introducía tierra en la boca; juega con yaquis de plomo; juega o jugó con soldaditos de plomo; otros.
<i>Datos del ambiente:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Procedencia y almacenamiento del agua de consumo; Métodos de desinfección del agua que practica; • Presencia de polvo, humo u hollín, olores desagradables o gases en la casa y su posible origen y preguntas acerca de la percepción de riesgo para la salud. • Establecimientos cercanos a la vivienda (imprensa; taller de plomería; taller de acumuladores; taller de cerámica; taller de pinturas y barnices; taller de automóviles; gasolinera; talleres que utilizan vidrio; talleres de reparación de radiadores; talleres de soldadura; incineradores; quema de combustibles fósiles, otros) 	

Acápites incluidos en el cuestionario para adultos

<i>Nombre de la fuente contaminante relacionada y fecha de realización de la encuesta</i> <i>Distancia de la vivienda a la fuente contaminante (metros)</i>	
<i>Datos generales:</i> Nombre y apellidos; provincia; municipio; consejo popular; área de salud; área urbana o rural; dirección completa; edad; color de la piel; sexo; lugar de procedencia (antes de vivir en el lugar actual); tiempo de residencia en el lugar actual; vivió anteriormente cerca de una fuente contaminante ocupación actual y ocupación anterior; tiempo dedicado a las mismas, fuma; fumó en el pasado (cantidad de cigarrillos y tiempo); convivientes de su hogar fumadores; personas que trabajan con usted que fuman.	
<i>Datos referentes a la gestante:</i> Tiempo de gestación; fuma durante el embarazo; cantidad de cigarrillos al día; fumadores en la vivienda; enfermedades o complicaciones durante el embarazo; tiene otros hijos; de los hijos anteriores, alguno tuvo problemas de hipoxia (falta de oxígeno) antes, durante o después del parto; abortos a repetición y nacimientos prematuros anteriores (en caso de la madre); alteraciones en la espermatogénesis (en caso del padre).	
<i>Datos para mujeres no gestantes:</i> Tiene hijos (si/no) Número de hijos. Hijos prematuros (si/no y cantidad); de sus hijos, alguno tuvo problemas de falta de oxígeno (hipoxia), sufrimiento fetal (meconio), durante el proceso del parto o al momento del nacimiento; hijos con Retraso Mental; abortos a repetición (espontáneos y provocados); otros padecimientos de interés.	
<i>Antecedentes patológicos personales y especifique con que frecuencia acudió al consultorio, hospital u otro servicio de atención, en el último año:</i> Malformaciones congénitas; enfermedad hipertensiva; retraso mental; insuficiencia renal crónica; insuficiencia renal aguda; anemias frecuentes; infertilidad; daño cerebral; sordera; disminución del coeficiente de inteligencia; tumores malignos. (frecuencia)	<i>Actividades que realiza después que usted termina su jornada laboral (preguntas de género):</i> Actividades propias del hogar; trabajar en una parcela agrícola; cuidando los animales de cría; cuidando un enfermo; cuidando a menores; salir a pasear u otra actividad recreativa; trabajar en un taller de cerámica; trabajar en taller de fundición; otros empleos.
<i>Actividades que realiza en la casa (preguntas de género):</i> Cocinar; fregar ; ir al mercado; lavar ; limpiar la casa; trabajar en la tierra (parcela familiar); cuidado de animales de cría; acarrear o cargar agua; cuidar a menores (lavado de ropa, baño, etc). (frecuencia)	

Datos del ambiente:

- Procedencia y almacenamiento del agua de consumo; Métodos de desinfección del agua que practica.
- Presencia de polvo, humo u hollín, olores desagradables o gases en la casa y su posible origen y preguntas acerca de la percepción de riesgo para la salud.
- Establecimientos cercanos a la vivienda (imprenta; taller de plomería; taller de acumuladores; taller de cerámica; taller de pinturas y barnices; taller de automóviles; gasolinera; talleres que utilizan vidrio; talleres de reparación de radiadores; talleres de soldadura; incineradores; quema de combustibles fósiles)