

# Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse del Muña Sobre la Salud Humana

**María Inés Sarmiento<sup>1</sup>, Álvaro Javier Idrovo<sup>2</sup>, Mauricio Restrepo<sup>3</sup>, María del Pilar Díaz M.<sup>4</sup> y Alejandro González<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Médica. Especialista en Epidemiología, Profesora Asistente. Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>2</sup> Médico. Especialista en Higiene y Salud Ocupacional. Maestría en Salud Pública. Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Tel: 3681529. E-mail: [idrovoaj@hotmail.com](mailto:idrovoaj@hotmail.com)

<sup>3</sup> Médico. M. Sc. Epidemiología. Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Tel: 3681529.

<sup>4</sup> Antropóloga. M. Sc. Salud Pública. Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Tel 3681529.

E-mail: [mpdiazm@bacata.usc.unal.edu.co](mailto:mpdiazm@bacata.usc.unal.edu.co)

<sup>5</sup> Filósofo. M. Sc. Demografía, M. Sc. Economía y Recursos Humanos. Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Tel: 3681529.

---

## RESUMEN

El embalse del Muña en los últimos 30 años ha incrementado el contenido de material orgánico en descomposición. La población de Sibaté ha percibido una asociación entre esta contaminación y la aparición de enfermedades respiratorias, dérmicas y cáncer. Para aclarar esta situación se realizó una evaluación ambiental preliminar, un estudio ecológico exploratorio de mortalidad, un estudio de prevalencia de morbilidad, un estudio de corte transversal de absorción de metales y la caracterización sociocultural de la población. Los resultados no muestran un perfil anormal en la morbi-mortalidad de esta población. Se explican estos hallazgos y se sugieren nuevos estudios para mejorar el entendimiento de la posible asociación entre el embalse contaminado y la salud humana.

**Palabras Claves:** Salud ambiental, contaminación hídrica, percepción del riesgo

**ABSTRACT**

**Assessment of the impact on human health of the contamination of Muña's dam**

In the last 30 years the Muña's dam has increased the content of organic material in decomposition. The population of Sibaté has perceived an association between this contamination and the occurrence of respiratory and dermic diseases, and cancer. To explain this situation was realized a preliminary environmental assessment, an exploratory ecologic study of mortality, a prevalence survey of morbidity, a cross-sectional study of metal absorption, and the sociocultural characterization of the population. The findings doesn't shown an abnormal profile in the morbidity and the mortality of this population. It was explained these conclusions and we suggest new studies to improve the understanding of the possible association between the polluted dam and human health.

**Key Words:** Environmental health, hydric contamination, risk perception.

**E**l embalse del Muña se encuentra ubicado 20 km al Sur de Santafé de Bogotá, en el municipio de Sibaté (74° 14' 59" longitud Oeste y 4° 32' 27" latitud Norte), y cubre un área aproximada de 8 930 000 m<sup>2</sup>, a una altura de 2 565 m sobre el nivel del mar. Se construyó en 1948 para utilizar sus aguas en la generación de energía eléctrica. El embalse se alimenta con el agua del río Bogotá y debido a la creciente contaminación del mismo, desde hace aproximadamente 30 años, dejó de ser apropiado como hábitat de seres vivos, peces y aves principalmente, y como lugar de esparcimiento, para convertirse en una represa de aguas contaminadas con sustancias de toda índole.

Aunque la población de los alrededores del embalse percibía que algunas enfermedades, especialmente del tracto respiratorio y de la piel, y muertes por tumores malignos, se relacionaban con la contaminación del embalse, la posible la asociación causal entre estos eventos no ha constituido un hecho claro. El objetivo del presente estudio fue establecer la asociación que pudiese existir entre la mortalidad y la morbilidad de la población de Sibaté y la exposición al embalse del Muña, para aportar y actualizar información que sirva de base a las medidas de prevención y mitigación. El estudio debe entenderse como una aproximación general a la evaluación, utilizando técnicas

de muestreo ambiental y epidemiológicas apropiadas (1), así como análisis convencionales de laboratorio, de algunos posibles efectos adversos de la contaminación del embalse del Muña sobre la salud de las personas que viven los alrededores del mismo.

En el presente documento se consideran el diseño general del estudio y los resultados más relevantes. Los aspectos que requieren una mayor detalle serán objeto de otras publicaciones y pueden encontrarse en el documento final del estudio (2).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó y llevó a cabo un estudio de evaluación del impacto ambiental sobre la salud humana entre los años de 1996 a 1998. El estudio tuvo tres componentes: primero se evaluó la exposición y se caracterizó el peligro que representaban para la salud humana los contaminantes presentes en la zona de influencia del embalse del Muña; luego se evaluaron los efectos sobre la salud de los habitantes del municipio de Sibaté que pudieran estar asociados con la contaminación del embalse; finalmente se realizó la caracterización sociocultural de la población de Sibaté.

### Evaluación ambiental

#### *Identificación del peligro*

Se elaboró un listado de todos los posibles agentes contaminantes en el embalse del Muña y de las otras potenciales fuentes de contaminación de la región, teniendo como sustento las visitas de los investigadores a la región de estudio, los trabajos realizados anteriormente y la literatura nacional (3) e internacional relevante. Los principales agentes contaminantes identificados fueron, entre otros, los siguientes: metales pesados, plaguicidas y partículas en suspensión. Se establecieron los niveles de exposición a partir de los cuales los agentes identificados podrían producir efecto adverso, con base en los valores límites permisibles de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (4).

#### *Evaluación de la exposición y contaminación*

Se estimó el grado de exposición humana probable a los tóxicos presentes en la zona de influencia del embalse del Muña. Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- evaluación de la calidad del aire,

- determinación de metales pesados en: agua del embalse y de los alrededores del mismo, vegetales cultivados y leche de vacas de los alrededores del embalse y tejido animal de vacas,
- estudio bacteriológico de aguas del embalse y de los alrededores.

#### *Caracterización de la exposición*

Se estimó la exposición de la población a los contaminantes presentes en el embalse del Muña y las otras fuentes del municipio de Sibaté, para lo cual se creó un modelo explicativo general de los diversos tipos de contaminación por tóxicos y de exposición humana a los mismos, y de los efectos adversos esperados entre los residentes del municipio de Sibaté.

#### Evaluación de los efectos en la salud

Se realizaron los estudios encaminados a explorar las condiciones de salud de los residentes en el municipio de Sibaté, en términos de mortalidad, morbilidad y niveles de metales pesados en una muestra de la población.

#### *Mortalidad*

Este componente comprendió un estudio ecológico exploratorio de mortalidad (5). Como fuente de información se utilizó el certificado de defunción, manejado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), con base en la novena revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (6). Se hizo énfasis en las siguientes enfermedades, potencialmente asociadas con la contaminación ambiental: infecciosas intestinales, tumores malignos, enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos, enfermedades de las vías respiratorias superiores y anomalías congénitas.

Se exploró la frecuencia de cada causa de muerte en el periodo de 15 años, de 1979 a 1994, lo que se consideró suficiente para visualizar su comportamiento en el tiempo. Para comparar la ocurrencia y causas de la mortalidad se seleccionaron tres poblaciones: 1) once municipios de Cundinamarca, ubicados en la cuenca del río Bogotá, que comparten con diferentes gradientes la exposición a las aguas contaminadas del río; 2) todos los municipios de Cundinamarca, y; 3) Santafé de Bogotá. Para calcular las proporciones fue necesario proyectar las poblaciones hasta el año 2005, con base en los censos nacionales de 1973, 1985 y 1993 (7).

### *Morbilidad*

Para evaluar la ocurrencia de enfermedades posiblemente asociadas con la contaminación del embalse del Muña, se realizó una encuesta de prevalencia de enfermedades y morbilidad sentida entre 3 334 residentes en el municipio de Sibaté. Atendiendo a la cercanía de las viviendas al embalse y a una zona industrial aledaña al embalse, la población se dividió en tres grupos con diferente grado de exposición: no expuestos, expuestos al embalse y la industria, y expuestos al embalse únicamente.

Se incluyó una proporción alta de población escolar teniendo en cuenta que es un grupo etéreo potencialmente más sensible a los efectos de la contaminación y que sería el objetivo principal de una intervención de salud pública. Cada uno de los individuos seleccionados en la muestra fue interrogado por medio de un cuestionario y se le practicó examen físico. Los exámenes fueron realizados por 10 médicos, previamente capacitados en la búsqueda de signos de intoxicación por agentes ambientales, así como en el diligenciamiento del cuestionario. Se realizó una historia clínica que incluía anamnesis clínica, ocupacional y ambiental. La morbilidad sentida se exploró a través de la sintomatología (hasta 5 síntomas) presentada en los 15 días precedentes. Tanto los síntomas como los signos y diagnósticos médicos fueron codificados de acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades (6). Cuando fue necesario, los individuos estudiados fueron remitidos a instituciones prestadoras de servicios de salud para confirmar diagnósticos o seguir un tratamiento.

### *Niveles de metales pesados*

En 100 individuos voluntarios residentes en Sibaté se midieron cadmio y plomo en sangre, y mercurio y arsénico en cabello. Con los 100 individuos se conformaron dos grupos: uno residente en las cercanías del embalse, y otro residente lejos del embalse. Todos los análisis químicos se hicieron mediante espectrofotometría de absorción atómica, de acuerdo a las técnicas del Centro Toxicológico de Quebec (CTQ) o modificaciones de las mismas (8,9). Al igual que en el componente de morbilidad, la exposición fue estimada geográficamente de acuerdo con la cercanía de la vivienda al embalse.

### Caracterización sociocultural de la población de Sibaté

La caracterización sociocultural de la población de Sibaté se llevó a cabo para fundamentar las recomendaciones de mitigación de los posibles impactos de la contaminación sobre la salud de los residentes de Sibaté. La información primaria se obtuvo mediante la realización de encuestas, entrevistas y charlas informales. Por medio de las fuentes primarias se exploraron variables relacionadas con las características socioculturales (morbilidad sentida, causalidad percibida, prevención, mortalidad percibida y relaciones con las actividades de salud), factores asociados con el embalse del Muña (olores, insectos, uso de sustancias químicas, uso del agua del embalse, problemas asociados con el Muña y colaboración de la gente y las instituciones), y problemas percibidos en el municipio (problemas generales, ambientales, colaboración de la gente y condiciones de vida). Como fuente secundaria se utilizó el SISBEN (Sistema de Identificación de Beneficiarios de los Servicios Sociales). Así mismo, se consultó el Plan Municipal de Salud (1993-1997) y otros documentos que estudian diversos fenómenos de la vida cotidiana en Sibaté.

## RESULTADOS

### Evaluación ambiental

Se logró establecer la presencia de diversos contaminantes en la zona del estudio, cuyas principales fuentes de contaminación ambiental fueron el embalse y las emanaciones de la zona industrial. En 13 muestras de agua del embalse se encontraron metales pesados en los rangos de concentración ( $\mu\text{g/L}$ ) que se indican a continuación. Arsénico: 32-52; plomo: 0,9-3,4; cromo: 5,3-16,5; cadmio: 0,16-1,3; mercurio: 0-0,61. Así mismo, se encontraron metales en diversos vegetales (Tabla 1). Los metales pesados presentes en el embalse, se pueden considerar como los tóxicos más importantes a vigilar debido a que tienen reconocidos efectos sobre la salud humana y existen técnicas que permiten su monitoreo en el ambiente y en los humanos.

**Tabla 1.** Contenido de metales pesados en vegetales de los alrededores del embalse del Muña

Muestra	Arsénico μg/Kg	Plomo μg/Kg	Cromo μg/Kg	Cadmio μg/Kg	Mercurio μg/Kg
Fresa	360,0	448,7	221,4	61,6	<50
Lechuga	5387,8	397,4	2421,4	569,8	<50
Espinaca	4804,4	525,6	2121,4	528,8	<50
Cilantro	693,3	179,5	228,5	127,1	<50
Rábano	2360,0	294,9	2049,9	139,4	<50
Remolacha	665,6	307,7	349,9	94,4	<50
Coliflor	1221,1	217,9	514,2	61,6	<50
Papa	610,0	192,3	214,2	118,9	<50
Calabacín	971,1	128,2	892,8	78,0	<50
Apio	1304,4	243,6	1457,1	278,8	<50
Cilantro	693,3	192,3	221,4	176,3	<50
Lechuga	3998,9	217,9	2049,9	569,8	<50
Espinaca	3471,0	179,5	1842,8	1295,2	<50
Arveja	415,6	320,5	78,5	41,1	<50

### Mortalidad

Se encontraron altas tasas de mortalidad por enfermedades del sistema hematopoyético y del grupo “otras enfermedades del aparato respiratorio”, la primera con tendencia descendente y la segunda con tendencia ascendente. De otra parte, los resultados del estudio muestran una potencial asociación entre las enfermedades de la sangre y los órganos hematopoyéticos, y de las enfermedades agrupadas en la categoría “otras enfermedades del aparato respiratorio”, y algún factor presente en Sibaté, debido a sus altas proporciones y su tendencia al ascenso a través del tiempo.

### Morbilidad

Las frecuencias de las 10 primeras causas de morbilidad sentida y diagnosticada en el municipio de Sibaté, según exposición al embalse del Muña, se indican en las Tablas 2 y 3. El análisis de las relaciones entre los expuestos y no expuestos, por medio de la regresión logística multivariada, reveló hallazgos positivos en los siguientes casos: la infección respiratoria aguda (Razón de Prevalencia-RP: 1,49, IC 95%: 1,13-1,96) y las lesiones de la piel por picaduras de insecto (RP: 4,8, IC 95%: 1,48-15,58) asociadas con el vivir cerca al embalse, y la ce-

falea como síntoma (RP: 0,35, IC 95%: 0,13-0,94) con el vivir lejos del embalse.

**Tabla 2.** Diez primeras causas de morbilidad sentida en expuestos y no expuestos al embalse del Muña

Causas	Expuestos			No expuestos		
	Orden	No.	%	Orden	No.	%
Cefalea	1	195	8,8	2	145	8,5
Resfriado común	2	181	8,2	1	157	9,2
Tos	3	166	7,5	3	117	6,9
Dolor faríngeo	4	114	5,1	5	69	4,1
Fiebre	5	108	4,9	4	72	4,2
Dolor de miembros	6	41	1,8	6	46	2,7
Ardor Ocular	7	39	1,8	8	32	1,9
Diarrea	8	32	1,5	10	26	1,5
Otalgia	9	29	1,3	-	-	-
Lumbalgia	10	24	1,1	7	35	2,1
Erupción cutánea				9	31	1,8
Otros		421	19,0		158	9,3
Sanos		863	39,0		811	47,7
<b>Total</b>		<b>2 213</b>	<b>100,0</b>		<b>1 699</b>	<b>100,0</b>

**Tabla 3.** Diez primeras causas de morbilidad diagnosticada en expuestos y no expuestos al embalse del Muña

Causas	Expuestos			No expuestos		
	Orden	No.	%	Orden	No.	%
Caries dentaria	1	286	13,5	1	400	19,8
Trast. Refracción/acomodación	2	153	7,2	2	224	11,1
Dermatitis solar				3	142	7,0
Parasitosis intestinal	4	42	2,0	4	40	2,0
Desnutrición	5	42	2,0	5	33	1,6
Conjuntivitis crónica	7	25	1,2	6	33	1,6
Soplos cardíacos				7	28	1,4
Hipertensión arterial	3	51	2,4	8	24	1,2
Escabiosis				9	19	0,9
Picadura de zancudo	6	37	1,7	10	17	0,8
Dermatitis por contacto	8	24	1,1			
Embarazo	9	21	1,0			
Enfermedad ácido-péptica	10	19	0,9			
Otros diagnósticos		656	31,0		514	25,4
Sanos		768	36,0		550	27,2
<b>Total</b>		<b>2 124</b>	<b>100,0</b>		<b>2024</b>	<b>100,0</b>

### Niveles de metales pesados en humanos

Los niveles promedios de metales pesados en humanos estuvieron por debajo de los límites permisibles, aunque en algunos casos estos niveles fueron apreciablemente altos (Tabla 4). Al comparar los promedios de los grupos, los resultados no mostraron una asociación entre los niveles de mercurio, plomo y cadmio con la residencia cercana al embalse del Muña. Como caso extraordinario se encontró que los niveles de arsénico (promedio=478,695, desviación estándar: 447,3922) eran más elevados entre quienes viven lejos del embalse (prueba de t,  $p=0,0452$ ), lo que apoya la hipótesis de la presencia de una fuente de arsénico en esta región aún no determinada.

**Tabla 4.** Niveles de metales pesados en población humana

Metales pesados	Expuestos (n=82)			No expuestos (n=18)		
	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.
Plumbemia (mg/dL) <sup>a</sup>	0,005	ND	0,310	0,003	ND	0,170
Cadmio en sangre (nmol/L) <sup>b</sup>	7,668	ND	84,000	6,800	ND	24,000
Mercurio en cabello (µg/g) <sup>c</sup>	2,7914	ND	106,00	1,172	ND	7,000

Prom.: Promedio; Min.: Valor mínimo; Max.: Valor máximo; ND: No detectable.

<sup>a</sup> Límites permisibles: Población no expuesta: menor de 0.038 mg/dL; Población ocupacionalmente expuesta: 0.039 - 0.066 mg/dL (National Academy of Sciences- USA).

<sup>b</sup> Límites permisibles: Población ocupacionalmente no expuesta, no fumadora: menor de 45 nmol/L; Población no expuesta, fumadora: menor de 90 nmol/L (Centre de Toxicologie du Quebec).

<sup>c</sup> Límites permisibles: Población no expuesta: hasta 5 µg/g (OMS).

### Caracterización sociocultural

Algunos de los hallazgos relacionados con la contaminación del embalse fueron:

- La mayoría de los encuestados y entrevistados estuvieron de acuerdo en afirmar que el agua del embalse no debería ser utilizada. Sin embargo se percibió el uso de la misma, particularmente en cultivos de hortalizas y flores.
- La población fue consciente del uso inapropiado del agua, por lo que muchos evitaban comer hortalizas cultivadas en Sibaté, en la medida que eran regadas con agua del Muña.

- Gran parte de los habitantes percibieron al embalse como fuente de diversos problemas: contaminación, malos olores, enfermedades, zancudos asociados al buchón de la laguna, presencia de ratas y disminución en el turismo.

## DISCUSION

Los estudios previos y la evaluación ambiental realizada en este trabajo confirman que el embalse del Muña está afectado por una contaminación severa producida por materia orgánica en descomposición y una contaminación relativamente importante por sustancias químicas de origen industrial y agrícola, principalmente metales pesados. Estos fenómenos de contaminación no están en duda y sirven de consideración básica para las reflexiones que siguen.

Estos contaminantes pueden ser absorbidos por el hombre directa o indirectamente. De manera directa, por ingestión o por inmersión en el agua, hechos que al parecer tienen una muy baja probabilidad de suceder. De manera indirecta, los contaminantes pueden llegar al hombre por la ingestión de vegetales regados con las aguas contaminadas, el consumo de agua de pozos profundos a los que han llegado contaminantes del embalse por filtración, o por la ingestión de productos como leche y carne de animales que consumen plantas regadas con aguas contaminadas, presentes en suelos contaminados por cercanía al embalse, o que han ingerido agua del embalse directamente.

Un problema a tener en cuenta es la bioconcentración de los contaminantes en las cadenas tróficas; este es el caso de los metales pesados presentes en el embalse que pueden ser absorbidos por el buchón y otros vegetales sembrados en los alrededores del embalse, y que luego podrían ser consumidos por animales utilizados para la producción de alimentos. Cuando el hombre consume estos alimentos, podría también ingerir los contaminantes presentes en el embalse (10). Como muchos de los vegetales cultivados alrededor del embalse salen del municipio hacia otras regiones del país, se puede llegar a la conclusión de que la "zona de influencia del embalse del Muña" se

extiende mucho más allá de los límites del municipio y puede llegar hasta los lugares donde se consumen estos vegetales.

La observación realizada durante este estudio no identificó un patrón anormal de condiciones de salud entre la población expuesta a la contaminación del embalse del Muña. Lo anterior se aplica a las principales causas de muerte observadas y al grupo de causas que en teoría deberían afectarse por el fenómeno de la contaminación, a la morbilidad y a la absorción de sustancias químicas contaminantes, cuando se comparan sus ocurrencias a través del tiempo y en contraste con grupos de población comparables. Este hecho, sin embargo, no descarta posibles relaciones entre exposición, morbilidad y mortalidad, sino que indica las limitaciones de los diseños de estudio utilizados y las dificultades de interpretación de los resultados. A este respecto, algunas líneas de análisis pueden ser esbozadas.

A pesar de la ausencia de un patrón manifiesto de alteraciones de la salud de la población estudiada, atribuible a la exposición, la evidencia de contaminación ambiental y humana, la relación de la infección respiratoria aguda con el vivir cerca del embalse y los hallazgos socio-culturales, indican que se ha conformado, a través de un largo proceso de adaptación, un ecosistema caracterizado por una relación inestable y precaria, entre una comunidad humana sometida a una cadena de riesgos y su entorno, y un pobre nivel de calidad ambiental de vida.

Debe advertirse que la experiencia con situaciones análogas en otros lugares del mundo y en Colombia, demuestran que no es fácil descartar efectos adversos de la contaminación ambiental sobre la salud humana y que no es nítido el umbral entre la ausencia de efecto, los efectos pequeños y los efectos catastróficos. Generalmente, el último tipo de efectos aparece después de largo tiempo de exposición o ante exposiciones de intensidad considerable. En la mayoría de las ocasiones los instrumentos técnicos disponibles, sobre todo la metodología epidemiológica, arrojan resultados que pueden dar lugar a diferentes tipos de interpretación. Los casos similares tienen como punto en común la percepción pública del peligro para la salud, no siempre evidente para el personal técnico, y que los individuos con la más aguda percepción tienen unos rasgos demográficos y psicológicos

característicos (11). Uno de los más conocidos es el caso de Love Canal, en el cual pese a la intensa búsqueda de efectos sobre la salud humana asociados con la contaminación ambiental no se ha podido encontrar una clara asociación (12). Los potenciales efectos más claros en el caso del Muña son los relacionados con la irrigación de cultivos con aguas que tienen contaminantes orgánicos y que también pueden transmitir bacterias y parásitos (13,14).

Para la exploración de los posibles efectos sobre la salud se utilizaron las técnicas de descripción epidemiológica y de asociación ecológica, que son las indicadas en este tipo de estudios exploratorios, ya que permiten detectar con un buen grado de confianza efectos grandes sobre la mortalidad y la morbilidad. Sin embargo, desde el punto de vista epidemiológico, las técnicas utilizadas no permiten explorar exhaustivamente efectos muy pequeños, ni las especificidades del efecto de un contaminante en particular, para lo cual se requeriría otro tipo de aproximación metodológica (15). Así mismo, sería conveniente llevar a cabo nuevos estudios para precisar el alcance y significado de las tendencias de largo plazo encontradas en la mortalidad por enfermedades del sistema hematopoyético y por “otras causas respiratorias”, así como el uso real y el consumo de los vegetales en cuyo cultivo se utiliza el agua del embalse ◀

**Agradecimientos:** Empresa Generadora de Energía - EMGESA S.A. ESP, por el apoyo financiero, Contrato No. 7221 de 1996. A Jairo Téllez, Myriam Gutiérrez, María Luisa Cárdenas y Nancy Patiño. Unidad de Toxicología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, por su apoyo durante la fase inicial del diseño del estudio. A los médicos María Bernarda Vergara, Mariana Vergara, Adriana Gasca, Luis Torres, Nestor Buitrago y Oscar Díaz Mafla, enfermera Hermelinda Grosso y las promotoras de salud del municipio de Sibaté, por su participación durante la fase de trabajo de campo del estudio de morbilidad. A la firma Ambienq Ltda que realizó los estudios de contaminación aérea. Al Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud, por los análisis de los biomarcadores (Cd, Hg y Pb). A la firma Quimia – Química y Consultoría Colombiana que realizó los análisis de aguas, alimentos y arsénico en cabello.

## REFERENCIAS

1. Morgenstern H, Thomas D. Principles of study design in environmental epidemiology. *Environ Health Perspect*;1993. 101(Suppl. 4): 23-38.
2. Sarmiento MI, Idrovo AJ, Restrepo M, Díaz MP, González A. Estudio de morbi-mortalidad en la zona de influencia del embalse del Muña (Informe Final). Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia – EMGESA S.A. ESP;1998.
3. Toro MC. Diagnóstico fisicoquímico y biológico del embalse del Muña [Informe]. Santafé de Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca;1994.
4. Environmental Protection Agency (EPA). Integrated Risk Information System [Internet]. En: <http://www.epa.gov>. Noviembre 20 de 1997.
5. Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. *Annu. Rev. Public. Health.*;1995.16:61-81.
6. OMS. Manual de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas de Defunción 9ª ed. Vol 1 y 2. Washington: OPS-OMS;1978.
7. González A. Conceptos y técnicas básicas de análisis demográfico. Santafé de Bogotá: Universidad Externado de Colombia;1998.
8. Centre de Toxicologie du Quebec (CTQ). Méthode normalisée pour le dosage de l'arsenic dans les cheveux par absorption atomique avec four de graphite M-126-A. Quebec: Centre de Toxicologie du Quebec; 1980.
9. Podlesky EO, Ortíz JE, de García GV. Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales. Santafé de Bogotá: Instituto Nacional de Salud;1992.
10. Selvarani S, Subbiah GN. Toxicity study of chromium in the fresh water fish *Macrones keletius* and the role of *Eichornia crassipes* in its control. *Proc. Natl. Acad. Sci. India*;1994.64(2):149-56.
11. Whiteman DC, Dunne MP, Burnett PC. Psychological and social correlates of attrition in a longitudinal study of hazardous waste exposure. *Arch. Environ. Health*;1995.50(4):281-286.
12. Schwartz SP, White PE, Hughes RG. Environmental threats, communities, and hysteria. *J. Public. Health. Pol.*;1985.6(1): 58-77.
13. Shuval HI. Effects of wastewater irrigation of pastures on the health of farm animals and humans. *Rev. Sci. Tech.*;1991.10(3): 847-66.
14. Deportes I, Benoit-Guyod JL, Zmirou D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. Total Environ.*;1995.172(2-3):197-22.
15. Rothman KJ. Methodologic frontiers in environmental epidemiology. *Environ. Health Perspect.*;1993.101(suppl. 4):19-21.