

# Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán

Exposure to Pesticides in Residents on the Banks of the Río Bogotá (Suesca) and the Capitan Fish

Exposição a praguicidas nos habitantes da ribeira do rio Bogotá (Suesca) e no peixe “Capitán de la sabana”

Alejandra Salcedo Monsalve, M.D.<sup>1</sup>, Sonia Mireya Díaz Criollo, Mic. Ind.<sup>2</sup>,  
Jaime Fernando González Mantilla, MD Vet., MsC., PhD.<sup>3</sup>, Adriana Rodríguez Forero, Biol. Mar., MsC., PhD.<sup>4</sup>,  
Marcela Eugenia Varona Uribe, MD, PhD.<sup>2</sup>

Recibido: marzo 4 de 2011 • Aprobado: septiembre 10 de 2011.

Para citar este artículo: Salcedo A, Díaz S, González J, Rodríguez A, Varona M. Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. Rev. Cienc. Salud 2012; 10 (Especial): 29-41.

## Resumen

**Objetivo:** considerando el elevado uso de plaguicidas en Colombia y los efectos nocivos que produce la exposición a estas sustancias para la salud humana y el ambiente, se realizó un estudio para la determinación de biomarcadores de exposición y efecto de plaguicidas en la población de Suesca que habita en la ribera del río Bogotá, de los niveles de plaguicidas en muestras de agua del río tomadas en el mismo municipio y en muestras de pez “Capitán de la sabana” (*Eremophylus mutisii*) capturado en dicha zona. **Materiales y métodos:** se realizaron determinaciones para organofosforados, carbamatos, ditiocarbamatos y organoclorados También se exploró, mediante una encuesta, la exposición ocupacional a plaguicidas y el conocimiento y utilización de medidas de protección personal en su actividad laboral. Adicionalmente, se examinó el hábito de la pesca de pez Capitán y su consumo en la dieta de los habitantes de esta zona del río. **Resultados:** los resultados muestran la presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el río y en el tejido de los peces y organoclorados y etilentiourea en las muestras biológicas humanas. En el estudio participaron trabajadores directamente expuestos a plaguicidas, quienes manipulan productos de alta toxicidad; en su mayoría conocen y emplean las medidas de protección personal e higiene industrial. **Conclusiones:** existe contaminación por plaguicidas en la cuenca alta del río Bogotá que afecta a la fauna y a las poblaciones ribereñas. Es necesario promover mejores medidas para el cuidado del ambiente, para la protección y para el autocuidado de las personas que manipulan plaguicidas en la zona.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Clínica, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario. Correspondencia: alejandra.salcedo@urosario.edu.co

<sup>2</sup> Grupo Salud Ambiental y Laboral, Subdirección de Investigación, Instituto Nacional de Salud.

<sup>3</sup> Grupo Investigación Acuática, Investigación en Toxicología Acuática y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>4</sup> Fundación Al Verde Vivo, Grupo de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura, Universidad del Magdalena.

Palabras clave: *plaguicidas, biomarcadores, agua, peces, salud ambiental.*

### *Abstract*

*Objective:* Considering the high use of pesticides in Colombia and the harmful effects resulting from exposure to these substances on human health and the environment, a study for the determination of biomarkers of exposure and effect of pesticides in population of the banks of the Río Bogotá in Suesca, the levels of pesticides in river water samples taken in the same city and in samples of fish, "Capitán de la Sabana" (*Eremophylus mutisii*) caught in this area. *Materials and methods:* We measured for organophosphates, carbamates, dithiocarbamates and organochlorines. We also explored through a survey of occupational exposure to pesticides in the population and knowledge and use of personal protective measures in their work. Additionally, we explored the habit of fishing for captain and consumption in the diet of the inhabitants of the riverbank. *Results:* The results show the presence of organochlorine and organophosphorus pesticides in the river and in fish tissue and organochlorine and ethylene thiourea in human biological samples. Participated in the study workers directly exposed to pesticides, highly toxic handlers, most know and use personal protective measures and industrial hygiene. *Conclusions:* Pollution such as pesticides in the upper basin of Bogotá that affects wildlife and coastal populations. Best action is necessary to promote environmental care, protection and self-care of persons using pesticides in the area.

Keywords: *pesticides, biomarkers, water, fish, environmental health.*

### *Resumo*

*Objetivos:* Considerando o elevado uso de praguicidas na Colômbia e os efeitos nocivos que produz a exposição a estas substâncias para a saúde humana e o ambiente, se realizou um estudo para a determinação de biomarcadores de exposição e efeito de praguicidas na população de Suesca que habita na ribeira do rio Bogotá, dos níveis de praguicidas em amostras de água do rio tomadas no mesmo município e em amostras do peixe "Capitan de la sabana" (*Eremophylus mutisii*) caçado nesta zona. *Materiais e métodos:* se realizaram determinações para organofosforados, carbamatos, ditiocarbamatos e organoclorados. Também explorou-se, mediante uma pesquisa, a exposição ocupacional a praguicidas e o conhecimento e utilização de medidas de proteção pessoal em sua atividade laboral. Adicionalmente, examinou-se o hábito da pesca de peixe "Capitan de la sabana" e seu consumo na dieta dos habitantes desta zona do rio. *Resultados:* os resultados mostram a presença de praguicidas organoclorados e organofosforados no rio e no tecido dos peixes e organoclorados e etilentiouréia nas amostras biológicas humanas. No estudo participaram trabalhadores diretamente expostos a praguicidas, os quais manipulam produtos de alta toxicidade; na sua maioria conhecem e empregam as medidas de proteção pessoal e higiene industrial. *Conclusões:* existe contaminação por praguicidas na bacia alta do rio Bogotá que afeta à fauna e às populações da ribeira. É necessário promover melhores medidas para o cuidado do ambiente, para a proteção e para o autocuidado das pessoas que manipulam praguicidas na zona.

Palavras chave: *praguicidas, biomarcadores, água, peixes, saúde ambiental.*

### *Introducción*

En muchos países los plaguicidas forman parte esencial de la agricultura y han sido de gran ayuda en el intento de erradicar insectos y proteger bosques y plantaciones (1-2). Sin embargo, el uso excesivo o inadecuado de estas sustancias puede producir serias consecuencias para el medio ambiente, como la contaminación del suelo y del agua, y para la salud pública; aun cuando se usan correctamente, algunos plaguicidas se quedan en el ambiente durante años, se evaporan en la atmósfera y contaminan el planeta (3); por eso, la dependencia mundial de esos agentes por sus características y uso es controvertida (1).

Los problemas del medio ambiente y su ineludible impacto en la salud de las poblaciones ocupan la atención mundial; los países intentan abordar esta problemática con mayor seriedad, dado el sustrato causal de carácter ambiental de las enfermedades que afectan al ser humano. Los estudios toxicológicos y epidemiológicos han demostrado con mayor frecuencia la variada gama de afecciones y enfermedades que se asocian con la contaminación química del ambiente, cuyas primeras evidencias fueron detectadas en los ambientes de trabajo; no obstante, la preocupación actual por tales efectos se centra en las poblaciones generales no expuestas ocupacionalmente.

Se estima que aproximadamente 1,8 billones de personas se dedican a la agricultura en todo el mundo. Se ha calculado que, de ellos, hasta 25 millones de trabajadores agrícolas han sufrido intoxicaciones no intencionales cada año (2). En América Central (El Salvador y Nicaragua) la tasa de incidencia global de intoxicaciones es de 35 por 100.000 en la población general y de 17,8 por 100.000 son de origen ocupacional (4).

En los países en desarrollo los plaguicidas causan hasta un millón de casos de intoxica-

ción y hasta 20.000 muertes por año (5); estos países se están convirtiendo en “graneros” del mundo, aumentando su consumo de productos químicos y creando graves problemas de salud para los agricultores y para los consumidores (1), incluyendo centenares de muertes (6).

Para la Organización Panamericana de la Salud (OPS), es prioritario promover en los países mejores métodos para recolectar datos relacionados con este tipo de intoxicaciones agudas (7). A pesar de que en Colombia no se dispone de toda la información estadística sobre intoxicaciones, tanto agudas como crónicas, debido a que no está definida claramente su vigilancia rutinaria, los datos del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila), reportan que en 2008 se presentaron 6.650 intoxicaciones por plaguicidas; en 2009 fueron 7.405 casos y en 2010 hubo 8.016 (8); también se cuenta con informes esporádicos sobre brotes de cierta magnitud, como el de Chiquinquirá, en 1967, donde cerca de 500 personas se intoxicaron y de las cuales murieron 63; en 1970, en Puerto López, cerca de 190 personas se intoxicaron con un organofosforado no determinado que ocasionó 7 muertes; en Pasto, en 1977, se intoxicaron 300 personas de las cuales murieron 15; 106 personas se intoxicaron en 2000; 390 trabajadores de una empresa de flores de Sopó se intoxicaron en 2003 y 42 estudiantes de la vereda “El Páramo” del municipio de Tutazá, Boyacá, en 2010, entre otros (9-11).

En Colombia el problema de la contaminación por plaguicidas es cada vez más grave, por la cantidad, diversidad y uso de compuestos más agresivos o más tóxicos (9). Este país consume 21 millones de kilogramos de plaguicidas químicos al año, de los cuales 17,1 se aplican en el sector agrario, ubicándose en el tercer puesto en América Latina después de Brasil y México y en el tercero en cuanto a grado de exposición, después de Panamá y Costa Rica

(11). Según datos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en 2008 hubo una producción de 22.061.830 kg de fungicidas, de 21.063.283 litros de herbicidas, y de 5.620.455 litros de insecticidas, los cuales son vendidos en el ámbito local y exportados; a estas cifras se deben agregar los plaguicidas importados (12).

La flora y la fauna nativas vienen siendo afectadas cada vez en mayor grado en todo el país, incluyendo la cuenca alta del río Bogotá (13), donde la floricultura constituye un importante renglón en la economía y forma parte de 28% de la actividad socioeconómica generada sobre su cuenca (14), toda vez que el mayor porcentaje del área cultivada del país (70%) se encuentra en el departamento de Cundinamarca y muy especialmente en la Sabana de Bogotá (15). Según los datos publicados por Asocolflore, para 2006, en Colombia se encuentran registrados más de 120 principios activos de plaguicidas y reguladores de crecimiento para ser utilizados en los cultivos de flores.

Los plaguicidas son algunos de los principales tóxicos que causan daños en peces, pudiendo desencadenar hipoxia como también necrosis celular de un órgano y afectar su homeostasis. Por ejemplo, el efecto del insecticida DDT en los peces es su acumulación en el tejido graso, en el sistema nervioso y en el intestino, donde las exposiciones crónicas afectan la absorción de varios nutrientes esenciales como los electrolitos y los aminoácidos (15).

El propósito del estudio fue determinar los biomarcadores de exposición y efecto de plaguicidas organofosforados (OF), carbamatos (C), ditiocarbamatos (DC) y organoclorados (OC) en la población de Suesca que habita en la ribera del río Bogotá y los niveles de estos plaguicidas en muestras de agua del río Bogotá, tomadas en el mismo municipio y en muestras de pez "Capitán de la sabana" (*Eremophylus mutisii*) capturado en dicha zona del río. Se

exploró la exposición ocupacional a plaguicidas en la población y el conocimiento y utilización de medidas de protección personal en su actividad laboral mediante una encuesta. Adicionalmente, se averiguó sobre el hábito de la pesca de pez Capitán y su consumo en la dieta de los habitantes de este lugar.

### *Materiales y métodos*

Se realizó un estudio descriptivo con una fase transversal y una fase retrospectiva. La población muestra estuvo constituida por 101 personas pertenecientes a la zona de Suesca durante 2008.

Se calculó el tamaño de la muestra con una prevalencia esperada de 50%, con un nivel de confianza de 95%, un poder de 80%, un error aceptable de 10% y un porcentaje de pérdidas de 20%, teniendo en cuenta la totalidad de la población del municipio de Suesca. Se obtuvo un tamaño de muestra de 114 individuos, se perdieron 13 muestras por hemólisis de las mismas, por lo que se trabajó con 101 individuos; esto no afectó el tamaño de la muestra porque no supera el porcentaje de pérdidas calculado como aceptable.

A los participantes se les brindó información sobre los objetivos y los beneficios de la investigación y, una vez aceptaron su participación voluntaria, firmaron un consentimiento escrito.

Los criterios de inclusión del estudio fueron haber vivido por lo menos cinco años en el municipio de Suesca, ser mayor de 18 años y participar de manera voluntaria en el estudio. Se excluyeron todos aquellos que no cumplieron con estas condiciones.

Para la ejecución del estudio se aplicó una encuesta que incluyó variables sociales, demográficas, ocupacionales, clínicas, toxicológicas y hábitos alimenticios. Esta encuesta fue probada con anterioridad mediante un estudio piloto en 10% de la muestra, en una población diferente

a la objeto de estudio con nivel socio-educativo similar a la estudiada.

Se recolectó una muestra de sangre para determinar la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) mediante la técnica de Michel para plaguicidas OF y C, una muestra de suero para determinar los niveles de los plaguicidas OC y una muestra de orina para medir los niveles de los plaguicidas DC por

medio del metabolito etilentiourea. Para el análisis de plaguicidas en muestras biológicas se emplearon sustancias químicamente puras y se confirmaron todas las muestras que salieron positivas empleando cartas control que garantizaran este seguimiento.

La interpretación de los resultados de la actividad de la enzima AChE se hizo mediante los rangos que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Determinación de la enzima acetilcolinesterasa mediante la técnica de Michel

Determinaciones	Sexo	Rango ( $\Delta$ pH/hora)	Promedio ( $\Delta$ pH/hora)
Eritrocitos	Hombres	0,58-0,95	0,766
	Mujeres	0,56-0,94	0,750
Plasma	Hombres	0,52-1,39	0,953
	Mujeres	0,38-1,25	0,817

Fuente: Michel, H.O., 1949.

Se analizaron diez plaguicidas pertenecientes a los OC, de los cuales cualquier nivel encontrado fue considerado como expuesto; de igual forma, en muestras de agua y pez los niveles encontrados, tanto de OF como de OC, se consideran contaminación en matrices ambientales. Para los DC es necesario tener en cuenta que los valores varían dependiendo de la dieta, el consumo de cigarrillo y alcohol (cerveza, vino), por lo que habría necesidad de controlar estos factores antes de hacer las mediciones; sin embargo, en este estudio se reporta cualquier nivel encontrado en los individuos de la muestra.

Para los análisis del pez Capitán se hizo una captura por conveniencia de un total de 36 ejemplares (18 machos y 18 hembras) durante 7 muestreos entre agosto de 2008 y febrero de 2009, para la determinación de la actividad de la enzima AChE, el análisis histológico, la valoración de la morfología de células sanguíneas y los niveles de plaguicidas OF y OC por

cromatografía gaseosa con microcaptura de electrones. A manera de peces control se obtuvieron 10 ejemplares en diciembre de 2010 que fueron capturados en una zona considerada por los investigadores de baja contaminación.

Para la determinación de plaguicidas en el agua del río se colectaron seis muestras de agua en diferentes meses del año para medir los niveles de plaguicidas OF y OC por cromatografía gaseosa con microcaptura de electrones.

Se realizaron distribuciones de frecuencia simples para cada variable y se determinaron las medidas de tendencia central y dispersión. Además, se cruzaron las variables para estimar relaciones estadísticamente significativas; para tal efecto, se utilizó el programa Epi-Info 3.5.2 y Stata 8.0. Teniendo en cuenta la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, para la investigación en humanos, esta investigación se clasifica como de riesgo mínimo. En lo relacionado con los peces, de acuerdo con lo establecido



en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, sobre la investigación biomédica con animales, no se realizó ningún tipo de manipulación genética de la especie estudiada y de acuerdo con la Ley 84 de 1989, en ningún caso los peces fueron sometidos a situaciones que ocasionaran dolor y se les aplicó anestésicos para su manipulación.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad del Rosario y por el Comité Técnico de Investigación y el Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud.

### *Resultados*

En el estudio se incluyeron 101 personas habitantes del Municipio de Suesca, de las veredas Cacicazgo y Santa Rosita provenían 89 individuos (88,1%) y 12 del área urbana (10,9%). Un 56,4% eran mujeres y el restante 43,6% eran hombres. El promedio de edad fue de 41,6 años (DS= 16,2; valor mínimo de 18 años y valor máximo de 83 años). El tiempo de residencia en el municipio de Suesca osciló entre 5 y 83 años, 91,1% ha vivido en este municipio durante diez o más años. Un 27,7% de la población tiene un nivel educativo correspondiente a primaria completa, solo 14,8% terminó la secundaria y 6,0% aún es analfabeta.

### *Antecedentes laborales y exposición ocupacional*

De la totalidad de individuos que ingresaron al estudio, 58,6% correspondió a población laboralmente activa y el restante 41,4% a amas de casa y desempleados. De la población trabajadora [39], 67,2% lo hace en actividades agrícolas; de estos, 50,5% trabaja en floricultura en oficios como operarios, en actividades pos cosecha, cultivadores, cortadores, mantenimiento de camas, fumigación y supervisión de fumigación; dentro de esta población trabajadora, 23,1%

manifestó emplear en forma directa plaguicidas en su trabajo, refiriendo que lleva manejando plaguicidas entre 9 meses y 20 años. El resto de la población trabajadora [19] se dedicaba a otros oficios agrícolas diferentes a la floricultura. Los plaguicidas reportados se describen en la Tabla 2. Todas estas personas manifestaron que el almacenamiento de estos productos se hace en área exclusiva (almacén o bodega); en cuanto a los envases, 6 (66,7%) los disponen en un centro de acopio, los demás manifestaron que los entierran, los recoge un servicio de aseo o hace el triple lavado. El equipo más empleado por la totalidad de los trabajadores agrícolas para la aplicación de plaguicidas en el sitio de trabajo fue la bomba móvil, 6 (66,7%) la guardan en un área exclusiva dentro de la bodega o almacén.

### *Medidas de higiene industrial*

Al preguntar a los 58 trabajadores, 89,7% refieren que emplean ropa diferente a la de diario en su actividad laboral. Un 87,9% menciona que se cambia la ropa al terminar la jornada laboral. El uniforme de trabajo es cambiado por uno limpio a diario en solo 24,1% de los individuos, una vez por semana en 27,6% y dos veces por semana en 41,4%, los 4 restantes no respondieron a la pregunta (6,9%). Un 84,5% lava la ropa en su casa. De las 46 personas que lavan la ropa de trabajo en su hogar, en 23,9% el lavado de esta se realiza junto con el resto de la ropa de la familia.

### *Hábitos de higiene*

Siete trabajadores manifestaron consumir algún tipo de alimento mientras laboraban fuera de los horarios destinados para tal fin y 51 no consumieron alimentos en el sitio de trabajo. Un 68,0% siempre se lavaba las manos antes de consumir algún alimento y 50,0% siempre se duchaba el cuerpo al finalizar la jornada de trabajo.

**Tabla 2.** Distribución de los plaguicidas empleados laboralmente por grupo químico, municipio Suesca, Cundinamarca, 2010

Nombre	Categoría Toxicológica	Uso	Grupo Químico	Frecuencia	Porcentaje
Antracol	IV	Fungicida	Ditiocarbamato	2	9,5%
Athrin	II	Insecticida	Piretroide	1	4,8%
Borneo	III	Acaricida	Etoxazole	1	4,8%
Curacron	II y III	Insecticida	Organofosforado	2	9,5%
Destroy	II	Insecticida	Organoclorado Endosulfan	2	9,5%
Dithane	III	Fungicida	Ditiocarbamato	3	14,3%
Methavin	I	Insecticida	Carbamato	1	4,8%
Monitor	I	Insecticida	Organofosforado	2	9,5%
Orthocide	II	Fungicida	Sulfenimide	1	4,8%
Polo	III	Insecticida	Diafenthiuron	1	4,8%
Rubigan	II	Fungicida	Pirimidinas	1	4,8%
Tedion	IV	Acaricida	Tetradifon	1	4,8%
Temix	II	Nematicida	Aldical	1	4,8%
Topas	IV	Fungicida	Triazol	2	9,5%

*Uso de elementos de protección personal (EPP)*

Un 87,9% de los trabajadores manifestó utilizar algún EPP durante la jornada laboral, mientras que 12,1% no reportó el uso de estos elementos. La frecuencia de uso es variable para cada uno; los elementos más empleados son: uniforme u overol: 88,2%, botas de caucho: 78,4%, guantes de caucho: 58,8%, sombrero: 54,9%.

*Pesca en el río Bogotá*

Un 32,7% afirmó pescar pez Capitán en el río, con un promedio de tiempo de 27,6 meses con un rango de 1 a 70 meses. Solo 46 consumieron el pez en su alimentación.

*Biomarcadores de efecto y exposición en humanos*

Para los OF y C los niveles de colinesterasa de todos los sujetos se encontraron dentro del rango establecido como valor de referencia, es decir, ninguno presentó inhibición de la enzima AChE en eritrocitos o en plasma. El rango de valores encontrados para esta enzima en eritrocitos fue de 0,803 a 1,778  $\Delta$ pH/h y para plasma osciló entre 3,393 a 4,318  $\Delta$ pH/h. Para los DC, se encontraron valores positivos de ETU en 4,0% de las muestras analizadas con un promedio de 2,1208 ug/mL, mediana de 2,0997 ug/mL y un rango entre 2,0309 y 2,2529 ug/mL. Respecto a los plaguicidas OC, 88,0% presentaron algún nivel de cualquier OC para los siguientes 11 plaguicidas:  $\alpha$ -BHC,  $\beta$ -BHC, HCB, heptacloro, oxiclordano,  $\alpha$ -clordan,  $\gamma$ -clordano,  $\alpha$ -endosulfán,  $\beta$ -endosulfán, 4,4-DDE y en-

dosulfan, con un promedio de 1,087 ug/L, un rango entre 4,1255 y 0,1929 ug/L y reportándose este último con mayor frecuencia. La mediana que se obtuvo en las determinaciones de estos OC en 105 muestras de suero fue de 1,2514 ug/L.

#### Muestras de pez

Los machos capturados (n=18) tuvieron un peso promedio de 53,4 ± 4,5 g y una longitud total promedio de 19,2 ± 0,5 cm. Por su parte, las hembras (n=18) tuvieron, para las mismas variables, valores promedio de 64,1 ± 5,9 g y 20,3 ± 0,7 cm, respectivamente. Se detectaron niveles para 9 de los 10 plaguicidas OC analizados en 27 de 36 muestras con un promedio de 115,2 ug/K, encontrándose al plaguicida β-BHC con niveles más altos. De igual forma, se detectaron valores de plaguicidas OF (Bromofos metil, Bromofos etil y Azinfos metil) en 14 muestras de 36 con un promedio de 2543,8 ug/K, siendo el más predominante el Bromofos Etil. En las muestras control de pez se encontró un promedio de pla-

guicidas OC de 51,8 ug/K, siendo el oxiclordano el que tuvo un nivel más alto con 66,1 ug/K. En cuanto a los OF se encontró un promedio de 401,8 ug/K, siendo el Bromofos Etil con el nivel más alto con valor de 780,7 ug/K.

#### Muestras de agua

De las 6 muestras obtenidas, en 5 se encontró presencia de OC. El promedio de los niveles de plaguicidas OC fue de 14,3 ug/L, presentándose el plaguicida β-BHC como el más frecuente. En cuanto, a la presencia de plaguicidas OF se detectaron niveles en 5 muestras de 6 con un promedio de 26,1 ug/L, siendo el más frecuente el Bromofos Metil.

#### Actividad colinesterasa en peces

Los resultados se presentan discriminando la actividad enzimática tipo colinesterasa (acetil y butiril colinesterasa) para los dos tejidos que se analizaron (cerebro y músculo esquelético) y separados por género de los animales capturados (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Actividad colinesterasa (acetil y butiril) en cerebro y músculo de pez Capitán (*Eremophilus mutisii*), municipio Suesca, Cundinamarca, 2010

Órgano / Tejido	Actividad acetilcolinesterasa		Actividad butirilcolinesterasa	
	Machos (n=18)	Hembras (n=18)	Machos (n=18)	Hembras (n=18)
Cerebro	35,3 ± 3,2	32,5 ± 2,9	0,36 ± 0,08	0,48 ± 0,13
Músculo	54,5 ± 5,7	50,3 ± 7,4	0,75 ± 0,10	0,81 ± 0,13

Actividad expresada en nanomoles de tiocolina producidos / minuto / mg de proteína.

#### Discusión

Los resultados del estudio confirman la presencia de plaguicidas en el río Bogotá, en los peces que se desarrollan en él y en las personas que habitan en su ribera, demostrando que los esfuerzos para la protección del medio ambiente y la salud de las comunidades son insuficientes, pues se siguen contaminando los ríos, dañan-

do flora y fauna de manera indiscriminada y notándose impactos directos en la salud de los pueblos. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la producción mundial de plaguicidas excede los 3 billones de Kg/año; anualmente se intoxican en el mundo cerca de dos millones de personas por exposición directa o indirecta a plaguicidas. De ese total, las



3/4 partes de afectados pertenecen a los países subdesarrollados, donde se emplea 25% de la producción mundial de plaguicidas (2-3).

Tal como lo reporta la literatura, también se evidencia que en Colombia, a pesar de las prohibiciones de los entes de control, persiste el empleo de productos prohibidos tanto en los países industrializados como en el territorio nacional (4-12).

Los plaguicidas empleados son categorías toxicológicas I y II (de acuerdo con la clasificación establecida por el Ministerio de la Protección Social, MPS), lo que muestra el alto riesgo de exposición a estas sustancias químicas por parte de los agricultores y se corresponde con lo encontrado en estudios realizados en el país por el Instituto Nacional de Salud (INS), en los que se reporta con insistencia este tipo de productos, como en el estudio realizado en el departamento de Putumayo en 2006 con 204 agricultores, en el cual se encontró que 75,2% manifestó emplear plaguicidas extremadamente tóxicos y 13,0% altamente tóxicos y 9,8% emplea OC (16) y en el estudio realizado en 2007 en los departamentos de Huila, Tolima, Putumayo, Guaviare, Santander, Antioquia, Magdalena y La Guajira, donde se estudiaron 112 personas, encontrando el predominio de uso de los plaguicidas categoría I, extremadamente tóxicos (17).

Con relación a los biomarcadores de efecto como la medición de la enzima AChE, que permite evaluar la exposición a OF y C, este estudio mostró niveles dentro de límites normales en la población humana estudiada, pudiendo ser atribuido a que los trabajadores expuestos a plaguicidas corresponden en su mayoría al cultivo de flores, empresas en las que hay mayor empleo de elementos de protección personal; los trabajadores reciben capacitación constante sobre uso y manejo de plaguicidas y se controlan estos marcadores de forma periódica para retirar al personal de la exposición en caso de necesi-

dad, los cuales están enmarcados dentro de los programas de vigilancia epidemiológica de las empresas. En contraposición con esta hipótesis, un estudio cubano mostró que en trabajadores expuestos a estos insecticidas hubo reducción de AChE a pesar de haber sido capacitados en la actividad que iban a desempeñar y dotados con los medios adecuados de protección individual (18). Los resultados normales de colinesterasa hallados en este estudio son opuestos a lo encontrado en estudios previos realizados por el INS, ya que en el estudio de Varona y otros autores se encontró que 17,6% presentó inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (16). Vale la pena mencionar que dentro de los efectos crónicos de la toxicidad por OF y C se encuentran la neurotoxicidad, desórdenes reproductivos y del desarrollo humano temprano (19); por tanto, el seguimiento y control de la exposición es mandatario para los trabajadores de estas industrias. En el caso de los peces, los OF producen tres veces mayor toxicidad aguda que los compuestos OC; en este estudio se encontraron valores de AChE y niveles positivos de OF en los tejidos del pez.

Con relación a los OC, se encontraron niveles en la mayoría de los individuos del estudio, en el agua y en los peces; esto es explicable y a la vez alarmante porque estos productos se biomagnifican y se bioacumulan en tejido graso, lo que lleva a que tengan una permanencia de varias décadas en el ambiente y pasen de una especie a otra. Algunos estudios han sugerido la acumulación de estos productos en poblaciones humanas que consumen pescado (20), ya que estos productos penetran en el organismo por todas las vías, se distribuyen en todos los tejidos, sobre todo en el tejido graso, por lo cual se eliminan lentamente por medio de la orina. Producen graves efectos neurotóxicos en el ser humano e interactúan con los ácidos nucleicos provocando efectos mutagénicos o carcinogénicos a largo plazo (21-25).

Es necesario llamar la atención sobre el hallazgo del uso actual de OC en trabajos agrícolas, dado que estos plaguicidas están prohibidos en el país desde 1993 por el Ministerio de Salud (Resolución 10255 de 1993). Sin embargo, aun se aplican para el control de las plagas, lo que sugiere su tráfico ilegal ya que han sido prohibidos o severamente restringidos en la mayoría de países y su presencia deja ver la debilidad de los organismos de control estatal. Ante esta situación y el desconocimiento de la comunidad sobre los graves riesgos para la salud humana, animal y del ambiente, es necesario fortalecer campañas de divulgación masiva para advertir a la población sobre las implicaciones de su empleo y abolir su aplicación.

Es preocupante confirmar la presencia de plaguicidas en las muestras de agua del río, que puede ser debida a la contaminación directa de los cursos de agua por aplicación de plaguicidas, lavado de envases o equipos y descarga de remanentes y residuos (17), o por contaminación indirecta, la cual es producida por lixiviación (infiltración) de productos, caída por desniveles y por contaminación de suelos. Es importante aclarar que la población no consume agua del río Bogotá, por lo que la principal vía de exposición para la población general es el consumo de alimentos. Las aguas contaminadas expanden el tóxico a la fauna produciendo la muerte de especies, la pérdida del curso de agua como recurso utilizable y la probable contaminación de las reservas hídricas (26). Además, el empobrecimiento de la biodiversidad puede conducir a la proliferación de las especies antagónicas de aquellas extinguidas, provocando nuevos desequilibrios ecológicos y nuevas plagas. Los factores mencionados forman un ciclo cerrado que se retroalimenta y refuerza profundizando los efectos adversos (27). Esta puede ser la realidad que vive el pez Capitán, llamado también pescado negro, que solo habita en el altiplano

cundiboyacense, muy abundante a comienzos del siglo pasado y que ha venido desapareciendo de forma acelerada en los últimos tiempos.

Del total de población estudiada, solo 8,91% corresponde a población trabajadora expuesta a plaguicidas; por tanto, los hallazgos de biomarcadores positivos en la población humana no expuesta hacen pensar que la principal fuente de exposición es ambiental y que las medidas para mejorar el uso de plaguicidas deben ir dirigidas a la población general.

Se evidenció que en la disposición de envases vacíos aún se hace entierro de los mismos en los cultivos que no corresponden a las empresas de flores, por lo que es necesario capacitar y realizar campañas de sensibilización para que se evite la quema a cielo abierto y la disposición en tierra para minimizar la escorrentía hacia fuentes de agua y se promueva la práctica del triple lavado y la disposición de envases en centros de acopio disponibles para este fin.

Respecto a los niveles de OC encontrados en la musculatura del pez Capitán y en el agua, para ambos se obtuvo que el endosulfan es el plaguicida que presentó mayores niveles. Este OC fue prohibido en Colombia hacia el inicio de la década anterior, pero como en los casos de otros OC, su comercialización clandestina desde otros países se presume, ya que se ha identificado en intoxicaciones en humanos luego de su prohibición. El carácter no migratorio de los peces Capitán capturados en la cuenca alta del río Bogotá en el presente estudio evidencia, ante todo, su condición de bioindicadores apropiados para la zona muestreada y, adicionalmente, permite mostrarla como una especie que por su hábito de permanencia en el fondo de las aguas podría estar en contacto y exposición permanente con los sedimentos, en donde se acumulan muchos de estos plaguicidas de alta residualidad. Es relevante el hecho de que, aunque en el presente estudio no se hizo muestreo de sedimentos, va-

rios OC fueron detectados en las muestras de agua que fueron analizadas. La detección de los plaguicidas en la musculatura del pez Capitán realza su uso como especie bioindicadora, en particular para compuestos de alta residualidad como algunos de los plaguicidas estudiados en el presente trabajo, aunque los resultados de los plaguicidas OC en las muestras de pescado en este estudio se encontraron por debajo de los Límites Máximos de Residualidad (LMR) permitidos por la Food Drugs Administration (FDA).

### *Conclusiones*

- Los hallazgos del presente estudio permiten establecer la exposición a plaguicidas de la población de Suesca, tanto en el ámbito ocupacional como ambiental, y la presencia de estas sustancias en peces y agua del río Bogotá.
- Los resultados obtenidos muestran que los trabajadores evaluados manifestaron exposiciones previas a plaguicidas; sin embargo, no se encontraron niveles en muestras biológicas excepto para ETU.
- Para los trabajadores ocupacionalmente expuestos se evidenciaron fallas en las medidas de higiene y seguridad industrial, por lo que se recomienda implementar y/o reforzar los programas tendientes a minimizar la exposición laboral.

El aporte de la presente investigación se relaciona con la obtención de evidencia útil para la toma de conciencia de la existencia de problemas ambientales y ocupacionales que impactan

sobre la salud humana; es necesario usar estos resultados como un factor de motivación para que los habitantes de la zona y la comunidad en general se adhieran a un programa de control del vertimiento de plaguicidas en la cuenca alta del río Bogotá, así como del manejo seguro de estos, contribuyendo a disminuir, a largo plazo, la grave contaminación que presenta el río.

Debe promoverse un esfuerzo conjunto de los organismos de salud, entidades educativas y organismos de protección ambiental, con el fin de desarrollar programas sobre el adecuado manejo de plaguicidas para los trabajadores formales, el sector informal y sus familias.

### *Descargos de responsabilidad*

Este proyecto fue financiado por el Fondo de Investigaciones de la Universidad del Rosario (FIUR) y cofinanciado por el Instituto Nacional de Salud, Grupo Salud Ambiental y Laboral, Universidad Nacional de Colombia, Grupo Acuática y la Fundación Al Verde Vivo.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses en esta publicación.

### *Agradecimientos*

Los investigadores agradecen a la Fundación Al Verde Vivo, en especial a su director, Fernando Vásquez, por su trabajo constante e incansable en la recuperación del río Bogotá y por despertar el interés de los investigadores en esta temática. También expresan su gratitud a Pablo Guaquetá, quien colaboró con los desplazamientos por el municipio de Suesca, para el abordaje de los pobladores del municipio.

### *Bibliografía*

1. Ecobichon D. Pesticide use in developing countries. *Toxicology* 2001; 160(1-3):27-33.
2. Alavanja M. Pesticides use and exposure extensive worldwide. *Rev Environ Health* 2009; 24 (4):303-9.
3. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Alimentos para siempre: plaguicidas. [Consultado el 21 de septiembre de 2010]. Disponible en: <http://www.fao.org/kids/es/pesticides.html>

4. Thundiyil J, Stober J, Besbelli N, Pronczuk J. Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bulletin of the World Health Organization* 2008; 86 (3):205-9.
5. Durán-Nah J, Collí-Quintal J. Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública Mex.* 2000(1); 42:53-5.
6. González M, Capote B, Rodríguez E. Mortalidad por intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* 2001(2); 39:136-43.
7. Organización Panamericana de la Salud, OPS. Sistema de vigilancia epidemiológica para intoxicaciones agudas por plaguicidas. *Boletín epidemiológico*, 2001; 22(4). [Consultado el 11 de febrero de 2011]. Disponible en: [http://www.paho.org/spanish/sha/be\\_v22n4-plaguicidas.htm](http://www.paho.org/spanish/sha/be_v22n4-plaguicidas.htm)
8. Sivigila. Informe de intoxicaciones por plaguicidas. Grupo Factores de Riesgo Ambiental-Subdirección Vigilancia y Control en Salud Pública; 2010.
9. Idrovo A. Vigilancia de las intoxicaciones con plaguicidas en Colombia. *Rev. Salud Pública* 2000; 2 (1):36-46.
10. Gobernación de Boyacá. Boletín 164 de 2010. [Consultado el 15 de febrero de 2011]. Disponible en: <http://www.boyaca.gov.co/?idcategoria=14793>
11. Idrovo A. Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. *Biomédica*, 1999; 19:67-76.
12. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Boletín de estadísticas de comercialización de plaguicidas 2008. [Consultado el 11 de febrero de 2011]. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Regulacion-y-Control-de-Plaguicidas-Quimicos/Estadisticas-%281%29/2008-%281%29/Comerplag2008.aspx>
13. Rodríguez A. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Capítulo: Los peces dulceacuícolas introducidos y trasplantados en Colombia: Antecedentes, efectos y perspectivas. Bogotá, Panamericana; 2002.
14. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Cuenca alta del río Bogotá. Descripción y diagnóstico. Documento técnico; 1998.
15. Weis J, Weis P. Pollutants as developmental toxicants in aquatic organisms. *Environm. Health Persp.* 1987; 71:77-85.
16. Varona M, Henao G, Lancheros A, Murcia A, Díaz S, Morato R. et al. Factores de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en el departamento de Putumayo. *Biomédica* 2007; 27:400-9.
17. Varona M, Henao G, Díaz S, Lancheros A, Murcia A, Rodríguez N, et al. Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica* 2009; 29 (3):456-75.
18. Ibarra E, González A, Díaz H, Jaime A, González R, Guevara T, Castillo C, et al. Exposición a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa en fumigadores de la campaña anti *Aedes aegypti* en la ciudad de La Habana de enero a marzo de 2002. *Revista Cubana de Salud y Trabajo* 2002; 3 (1-2):51-4.
19. Sever L, Arbuckle T, Sweeney A. Reproductive and developmental effects of occupational pesticide exposure: the epidemiologic evidence. *Occup. Med.* 1997; 12:305-25.
20. Tsukino H, Hanao T, Sasakib H, Motoyamab H, Hiroshimab M, Tanakab T, Kabutoc M, et al. Fish intake and serum levels of organochlorines among Japanese women. *Sci. Tot. Env.* 2006; 359:90-100.
21. Goldfrank LR, Lewin NA, Flomenbaun. *Toxicologic emergencies*. New York: McGraw-Hill; 2006.
22. Cassaret L, Doull J. *Fundamentos de toxicología*. México: McGraw-Hill; 2005.
23. Eastmond D, Tucker J. Identification of aneuploidy-inducing agents using cytokinesis-blocked human lymphocytes and an antikinetochore antibody. *Environ Mol. Mut.* 1989; 13:34-43.
24. Major J, Jakab M, Kiss G, Tompa A. Chromosome aberration, sister-chromatid exchange, proliferative rate index, and serum thiocyanate concentration in smokers exposed to low-dose benzene. *Environ Mol. Mut.* 1994; 23:137-42.

25. Pastor, S. Biomonitorización citogenética de cuatro poblaciones agrícolas europeas, expuestas a plaguicidas, mediante el ensayo de micronúcleos. [Tesis Doctoral]. Facultat de Ciències. Departament de Genètica i de Microbiologia. Grup de Mutagènesi. Universitat Autònoma de Barcelona. 2002. España. 107 p. [Consultado el 21 de julio de 2011]. Disponible en <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/1083/3858/spb1de5.pdf?sequence=1>
26. Wolf S, Toniolo P, Lee E, Rievera M, Dubin N. Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. *J Natl. Cancer Instit.* 1993; 85 (8):648-52.
27. Olivera, S, Rodríguez D. Pesticidas, salud y ambiente. Publicación especial. Laboratorio de Neurociencia Molecular (Pediciba), Departamento de Neuromiología, Instituto Clemente Estable. Uruguay, 2002. [Consultado el 21 de julio de 2011]. Disponible en: <http://iibce.edu.uy>