

ARTÍCULO ORIGINAL

Condición socioeconómica, patrones de alimentación y exposición a metales pesados en mujeres en edad fértil de Cali, Colombia

Roger Figueroa¹, Diana Caicedo¹, Ghislaine Echeverry², Miguel Peña³, Fabián Méndez¹

¹ Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional, Escuela de Salud Pública, Universidad del Valle, Cali, Colombia

² Grupo de Investigación en Contaminación por Metales y Pesticidas, Instituto CINARA, Universidad del Valle, Cali, Colombia

³ Grupo de Investigación en Saneamiento Ambiental, Instituto CINARA, Universidad del Valle, Cali, Colombia

Introducción. La contaminación del agua y de los alimentos constituye un riesgo creciente para la salud a nivel mundial. Dicho riesgo varía según las concentraciones y las dosis de los contaminantes y el tiempo de exposición, especialmente por los posibles efectos a largo plazo debidos a la exposición crónica a bajas concentraciones de metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio.

Objetivo. Explorar la relación entre la condición socioeconómica, los patrones de alimentación y la exposición a metales pesados en una población de mujeres de Cali.

Materiales y métodos. Participaron 233 mujeres en edad fértil, no embarazadas, residentes en el distrito de Aguablanca, Cali, Colombia. Se recolectó información sociodemográfica, así como sobre las condiciones de la vivienda, la exposición a metales pesados, la frecuencia de consumo de alimentos y las mediciones antropométricas. Para determinar las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio, se tomaron muestras de lechuga, repollo y peces (tilapia y 'manteco'). Se hicieron análisis descriptivos y de correspondencias múltiples para establecer los patrones de consumo.

Resultados. El pescado se incluía en las tres comidas del día, especialmente en el almuerzo; se encontró cadmio por debajo de los niveles permitidos en tres muestras de 'manteco'. El 11,1 % de quienes consumían pescado una vez o más por semana lo había comprado en un expendio en el cual las muestras fueron positivas para cadmio. Mediante el análisis de correspondencias múltiples, se determinó la presencia de una relación entre el ser de raza negra y el consumo de 'manteco' y tilapia una vez o más por semana.

Conclusiones. La población de estudio tuvo acceso a alimentos contaminados con metales pesados. Esto, sumado a las características metabólicas de las mujeres y a sus condiciones socioeconómicas, incrementó su exposición y vulnerabilidad frente a los efectos de la contaminación.

Palabras clave: metales pesados; conducta alimentaria; clase social; exposición a riesgos ambientales; bioacumulación; origen étnico y salud; peces.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3286>

Socioeconomic status, eating patterns, and heavy metals exposure in women of childbearing age in Cali, Colombia

Introduction: Global increase in food and water pollution is associated with health risk, which depends on the concentration, the dose, and the exposure time. This has raised concerns about the possible long-term effects of chronic exposure to low concentrations of heavy metals, such as lead, cadmium and mercury.

Objective: To explore the relationship among socioeconomic status, eating patterns, and exposure to heavy metals among a population of women in Cali, Colombia.

Materials and methods: A total of 233 non-pregnant women of childbearing age living in the Aguablanca district of Cali, Colombia, were enrolled in the study. We gathered sociodemographic data, as well as information on housing conditions, exposure to heavy metals, frequency of food intake, and anthropometric measurements. Samples of lettuce, cabbage and fish (tilapia and butterfish) were collected to determine lead, cadmium, and mercury concentrations. Descriptive and multiple correspondence analyses were performed to establish eating patterns.

Contribución de los autores:

Roger Figueroa: plan de análisis de la investigación, análisis estadístico, discusión de resultados y escritura del manuscrito

Diana Caicedo: tutorías y aportes científicos a la discusión, apoyo en el diseño y desarrollo metodológico de la investigación

Ghislaine Echeverry: vigilancia ambiental y coordinación del análisis de las muestras

Miguel Peña: concepción de la idea de investigación, revisión del manuscrito, tutorías y contribución a la discusión

Fabián Méndez: revisión del manuscrito y contribución a la discusión

Results: Fish was served in each of the three main meals of the day, with a bigger serving at lunch time. Cadmium was found in three samples of butterfish at levels below the acceptable. Of those who ate fish more than once a week, 11.1% bought the product at a cadmium-positive store. The multiple correspondence analysis showed a positive relationship between being black and consuming butterfish and tilapia more than once per week.

Conclusions: The findings showed that the studied population had access to heavy metal-contaminated food, which combined with the women's cultural eating patterns, socioeconomic status, and metabolic characteristics led to a greater vulnerability to the effects of heavy metals exposure.

Key words: Heavy, metals; feeding behavior; social class; environmental exposure; bioaccumulation; ethnicity and health; fishes.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3286>

Cerca de 25 % de la población mundial vive en áreas donde la contaminación ambiental afecta a los ecosistemas, entre ellos, los cuerpos de agua y los suelos, en tal grado que puede poner en riesgo la salud humana (1). Los efectos en la salud, documentados por agencias mundiales como la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ASTDR) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), incluyen principalmente los daños en los sistemas neurológico, cognitivo o reproductivo y, además, diferentes tipos de cáncer (2).

Los riesgos para la salud humana por exposición a contaminantes como los metales pesados (cadmio, plomo y mercurio, entre otros), y los nitratos y los pesticidas, dependen de la concentración, la dosis que ingresa al organismo y el tiempo de exposición. La mayor preocupación actual son los posibles efectos a largo plazo de la exposición crónica a estos contaminantes presentes en bajas concentraciones en el agua potable (3,4) y en los alimentos (5).

La ingestión de alimentos es una de las principales vías de exposición a metales pesados. Por ejemplo, la exposición al cadmio en personas no fumadoras se da a través del consumo de agua (3,4), de frutas, vegetales y peces (5). Una característica especial de la exposición a metales pesados por medio de los alimentos es la capacidad que tienen de acumularse en los tejidos. Especialmente los organismos acuáticos acumulan cadmio en el tejido graso y en órganos como el hígado, lo que implica que la concentración se incrementa a medida que se avanza en la red trófica (6-9).

La exposición a contaminantes ambientales se ve agravada por las desigualdades socioeconómicas y la distribución inequitativa de los riesgos ambientales producto de procesos de urbanización con mezcla de zonas residenciales, comerciales e industriales. También, el hecho de pertenecer a grupos vulnerables como niños, ancianos y mujeres embarazadas, puede agravar la exposición (10), pues existen diferencias en la cinética de absorción y la propensión por razones de sexo y edad. Las mujeres en edad fértil (3,5,11) acumulan más estos contaminantes debido a los cambios hormonales propios de la menarquia y la gestación, así como por presentar una mayor cantidad de grasa relativa.

En investigaciones anteriores en Cali, se reportó la contaminación de fuentes hídricas y de alimentos, y se evidenció la exposición de grupos vulnerables de la población, como el de las mujeres gestantes, a metales pesados en niveles que podrían haber llegado a comprometer su salud (12-15). Sin embargo, la relación entre estos componentes no es clara, por lo cual este estudio tuvo el propósito de aproximarse a la estimación de la relación entre la exposición a metales pesados, los patrones de alimentación y la condición socioeconómica en una población de mujeres en edad fértil residentes en un sector de bajo nivel socioeconómico de Cali, Colombia.

Materiales y métodos

Este estudio hizo parte de una investigación transversal mayor realizada entre abril de 2012 y junio de 2013 en mujeres en edad fértil de Cali, Colombia.

Área de estudio

El área de estudio fue el distrito de Aguablanca, al suroriente de Cali, el cual está constituido por las comunas 13, 14, 15 y 21, y tiene 602.401 habitantes, es decir, el 27 % de la población urbana, la mayoría de bajo nivel socioeconómico. Este sector limita al oriente con el río Cauca, contaminado por

Correspondencia:

Roger Figuerola, Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional, Escuela de Salud Pública, Universidad del Valle, Calle 4B N° 36-140, edificio 118, barrio San Fernando, Cali, Valle del Cauca, Colombia

Teléfono (572) 554 2476; fax: (572) 557 0425
rafiguerola@grupogesp.org

Recibido: 15/03/16; aceptado: 27/10/16

muchos años con aguas residuales municipales e industriales y escorrentía agrícola, y al sur, con una zona de expansión donde está ubicado el antiguo vertedero de residuos sólidos municipales (basurero de Navarro), sitios estos con un alto potencial contaminante de diferentes ecosistemas.

Población y muestra

Se incluyeron mujeres en edad fértil de 18 a 49 años que no estuvieran embarazadas, residieran en el área de estudio y aceptaran participar voluntariamente.

La muestra se seleccionó por conveniencia dado que ya se tenía información sobre la ingestión de alimentos y el tiempo de exposición (residencia en la zona) y, en especial, porque la mayoría de las mujeres había sido parte de una cohorte de mujeres gestantes seleccionada anteriormente en el área de estudio. Estas mujeres fueron contactadas mediante llamadas telefónicas y quienes aceptaron participar firmaron un consentimiento informado. El resto de las mujeres, con características similares a la población de la cohorte, fueron captadas en una institución de salud ubicada en el área de estudio (comuna 14), la cual atiende a población subsidiada y pobre sin afiliación al sistema general de salud.

El cálculo del tamaño de la muestra se hizo con corrección por poblaciones finitas, en este caso, la del área de estudio (602.401 habitantes), para estimar una probabilidad de 25 % de presentar algún contaminante (según estudios anteriores, entre 7,1 y 42,5 % en agua y entre 5,2 y 13,8 % en alimentos), un nivel de confianza de 95 % y un error alfa de 5 %. Con estos valores y un porcentaje de no participación de 25 %, el tamaño de la muestra final fue de 280 mujeres.

Recolección de la información

Se empleó un cuestionario para la recolección de la información sobre las características demográficas, y las condiciones socioeconómicas y de la vivienda. Para evaluar el consumo de alimentos con capacidad de "bioacumulación" (hortalizas, verduras, leguminosas y cárnicos), se utilizó un cuestionario semicuantitativo de frecuencia de consumo de alimentos y una encuesta de recordación del consumo en las 24 horas previas provisto de imágenes para facilitar la comprensión de las preguntas. Además, se tomaron las medidas de talla y peso. Los cuestionarios se diseñaron con base en una revisión de los conocimientos actuales y en los resultados de estudios previos de los grupos de investigación participantes. La recolección de

los datos se hizo en el aplicativo en línea lsurvey® y estuvo a cargo de personal de salud previamente capacitado.

En el estudio transversal que sirvió de marco a este, se habían recolectado muestras de alimentos para detectar metales pesados en seis puntos de muestreo correspondientes a los distribuidores mayoritarios de la zona frecuentados por la población. Se eligieron dos especies de peces (*Oreochromis mossambicus* o tilapia y *Peprilus snyderi* o 'manteco') y dos tipos de vegetales (lechuga y repollo).

En el primer muestreo se analizaron cuatro muestras de cada pescado y dos de cada vegetal. Siguiendo las recomendaciones del *Codex Alimentarius* (16), en el presente estudio se repitió este muestreo, pero se añadieron dos muestras de carne de pollo y dos de carne de res, para un total de 28 muestras. Los metales evaluados fueron el mercurio, el plomo y el cadmio, con límites de detección de 26 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$, 20 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ y 2 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Su detección se hizo mediante espectrofotometría de absorción atómica en laboratorios certificados ajenos a la universidad.

Análisis estadístico

Se hizo un análisis exploratorio de los datos para determinar la frecuencia y la distribución de cada una de las variables. La frecuencia de consumo de alimentos se dividió en dos opciones: menos de una vez por semana y una vez o más por semana, siguiendo el patrón de consumo de alimentos de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, ENSIN 2010 (17).

Se estableció la cercanía de las viviendas a los sitios de actividad comercial relacionada con metales pesados: cerrajerías, ebanisterías, agricultura urbana, talleres de mecánica, sitios de reciclaje o manipulación de baterías, chatarra o radiadores de carros, de reparación de joyería, de trabajo con pinturas, soldadura, pulidoras, metales, cerámica, tintas, tintes o esmaltes.

Se hizo un análisis bivariado para indagar sobre la relación entre la posición socioeconómica y la exposición, y se determinaron los perfiles de mujeres con una tendencia a un mayor consumo de alimentos con riesgo de contaminación.

Mediante el análisis de correspondencias múltiples, se determinaron los patrones entre consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación, la posición socioeconómica y las variables de vulnerabilidad, y se establecieron las categorías de las

variables con una contribución significativa a los ejes. Las dimensiones que explicaron la mayor variabilidad entre los datos se establecieron por la inercia en el modelo. No se calcularon centroides, ya que se requieren nubes de puntos más amplias. Los análisis se hicieron con el programa Stata 10™.

Consideraciones éticas

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad del Valle.

Resultados

Participaron 233 mujeres, en su mayoría de raza negra (30,9 %) y mestiza (30,5 %), de las comunas 13 (41,2 %), 14 (26,2 %), 15 (26,6 %) y 21 (6 %), en las cuales predominaba el estrato socioeconómico 1 (64,8 %), con ingresos mensuales entre uno y dos salarios mínimos legales vigentes (68,7 %).

Casi todas (96,1 %) se encontraban afiliadas al régimen de seguridad social y salud y 70,4 % de ellas había cursado estudios hasta el nivel de secundaria. Además, la mayoría vivía en viviendas independientes arrendadas o de tipo familiar con servicios públicos básicos (agua, energía, alcantarillado, gas y recolección de basuras), aunque 13,4 % de estas tenía estructuras deterioradas (techo, piso o paredes) y en 11,7 % había hacinamiento (cuadro 1).

El rango de edad estuvo entre los 19 y los 39 años, con un promedio de 26 (desviación estándar, DE=4,7) y mediana de 25 años. En cuanto al índice de masa corporal, 43,8 % de las mujeres tenía sobrepeso u obesidad, y, además, 54,1 % vivía cerca de sitios con alguna actividad económica relacionada con metales pesados (cuadro 1). En las muestras de alimentos recolectadas, se detectó únicamente la presencia de cadmio en el pescado, con niveles entre 20 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ y 80 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$, es decir, por debajo del límite permisible según la OMS (100 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$).

Con respecto a la exposición a alimentos con capacidad de bioacumulación, la mayoría de la población (más del 85 %) consumía carne de pollo y de res una vez o más por semana, y entre 40,3 y 15,9 % consumía lechuga, repollo, tilapia y 'manteco' una vez o más por semana (cuadro 2). La descripción del patrón alimentario por recordación de 24 horas evidenció que los alimentos más frecuentes en el desayuno eran el pescado y la carne de res (1,1 y 0,7 %, respectivamente); en el almuerzo, el pollo y la carne de res (25 y 22 %, respectivamente), así como la lechuga y el repollo (10 y 7 %, respectivamente), y en la comida, la carne de res (12,6 %) y de pollo (11,9 %).

Cuadro 1. Características de la población de estudio (N=233)

Variable	n	%
Características socioeconómicas		
Raza		
Negra	72	30,9
Mulata	40	17,2
Indígena	5	2,1
Mestiza	71	30,5
Blanca	45	19,3
Afiliación a la seguridad social		
Sí	224	96,1
No	9	3,9
Estrato		
1	151	64,8
2	76	32,6
3	6	2,6
Estado civil		
Sin pareja (soltera/separada)	60	25,8
Con pareja (casada/unión libre)	173	74,2
Escolaridad		
Primaria	24	10,3
Secundaria	164	70,4
Técnica/tecnológica/universitaria	45	19,3
Ingreso familiar en el último mes		
<1 SMMLV	62	26,6
≥1 SMMLV	171	73,4
Comuna		
13	96	41,2
14	61	26,2
15	62	26,6
21	14	6,0
Condiciones de la vivienda		
Servicios públicos completos		
Sí	199	85,4
No	34	14,6
Hacinamiento		
No	203	88,2
Sí	27	11,8
Condiciones de la vivienda (pared, techo, piso)		
Vivienda con estructuras en buen estado	201	86,6
Vivienda con al menos una estructura deteriorada	31	13,4
Condiciones de vulnerabilidad		
Edad		
Menor de 25 años	109	46,8
Igual o mayor de 25 años	124	53,2
Índice de masa corporal		
Bajo peso	14	6,2
Normal	113	50,0
Sobrepeso u obesidad	99	43,8
Actividad relacionada con metales pesados en casa		
Sí	14	6,0
No	219	94,0
Actividad relacionada con metales pesados cerca de casa		
Sí	126	54,1
No	107	45,9

SMMLV: salario mínimo mensual legal vigente

No obstante, entre los alimentos muestreados, el único con valores por encima de los límites de detección fueron el 'manteco', con concentraciones de cadmio en tres de las ocho muestras de 20, 30 y 80 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente. De las 36 mujeres

Cuadro 2. Frecuencia de consumo semanal de los alimentos muestreados

Alimentos muestreados (n=226)				
Alimento	<1 semana		>1 semana	
Pollo	6	(2,7)	220	(97,3)
Res	32	(14,2)	194	(85,8)
Lechuga	135	(59,7)	91	(40,3)
Repollo	142	(62,8)	84	(37,2)
Tilapia	177	(78,3)	49	(21,7)
'Manteco'	190	(84,1)	36	(15,9)

que consumían este pescado una vez o más por semana, cuatro solían comprarlo en uno de los establecimientos donde la muestra de pescado resultó positiva para cadmio; dos de estas mujeres eran negras.

En el análisis bivariado, se encontró que las mujeres negras, de estrato 1 y que carecían de uno de los servicios públicos, tendían a consumir 'manteco' (36,8 %, $p=0,00$; 19,9 %, $p=0,05$; 24,2 %; $p=0,16$, respectivamente) y tilapia (33,8 %, $p=0,02$; 24,0 %, $p=0,06$; 19,7 %, $p=0,08$, respectivamente) una vez o más por semana.

El consumo de lechuga una vez o más por semana fue más frecuente en las participantes con nivel técnico o superior de educación (55,8 %; $p=0,02$), en las que ganaban más de un salario mínimo (45,8 %; $p=0,00$) y en aquellas que habitaban en una vivienda en buen estado (42,4 %; $p=0,13$). El consumo de repollo una vez o más por semana fue mayor en el estrato 3 que en los estratos 1 y 2 (66,7 %; $p=0,02$).

En cuanto a las variables de vulnerabilidad, la tendencia a consumir pescado fue más frecuente en quienes vivían en cercanías a lugares de actividad económica relacionada con la exposición a metales pesados, así como en aquellas con sobrepeso. El consumo de verduras se asoció a las actividades económicas con exposición a metales pesados realizadas en casa o cerca de ella. El consumo de lechuga una vez o más por semana fue más frecuente en las mujeres mayores de 25 años (46,2 %; $p=0,05$).

Asimismo, se determinaron asociaciones entre el tener más de 25 años y pertenecer a los estratos 1 y 3; entre el sobrepeso y la obesidad, y pertenecer a los estratos 2 y 3, y entre la presencia de actividades de potencial riesgo y habitar en viviendas de estrato 1. Se determinó, igualmente, que 75 % de las mujeres con menor nivel de escolaridad (primaria) eran mayores de 25 años, que 58,3 % tenía sobrepeso

u obesidad y que 16,7 % vivía en casas en donde se desarrollaban actividades relacionadas con la exposición a metales pesados.

El análisis de correspondencias múltiples entre las variables de frecuencia de consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación y el nivel socioeconómico arrojó un porcentaje de varianza de 70,4 %, concentrada principalmente en las dimensiones 1 (43,4 %) y 2 (17,2 %). En el cuadro 3 se presentan las inercias, es decir, los valores que cuantifican la varianza de cada categoría.

En la elaboración de la gráfica se seleccionaron, además de los alimentos, las variables de nivel socioeconómico con las inercias más altas en cada dimensión. Para la dimensión 1, estas fueron el estrato (0,091), el ingreso (0,086), la comuna (0,057), los servicios públicos (0,072), el estado de la vivienda (0,090) y el nivel de escolaridad, y para la dimensión 2, la raza (0,173). En la primera dimensión, se observó una agrupación de variables relacionadas con una posición socioeconómica desventajosa (lado izquierdo del eje de la x, franja roja), en contraste con la dimensión 2, la cual agrupó el consumo de pescado una vez o más por semana con ser de raza negra (parte baja del eje de la y, franja amarilla) (figura 1).

Los valores para el análisis de correspondencias múltiples de la condición de vulnerabilidad se presentan en el cuadro 4. A pesar de que el modelo explicó el 50,5 % de la variabilidad (dimensión 1: 25,8 %; dimensión 2: 15,5 %), solo en la dimensión 2 aparecieron valores altos de inercia que permitían elucidar alguna relación, por ejemplo, el consumo de 'manteco' (0,125), de repollo (0,078) o de lechuga una vez o más por semana (0,091), el tener más de 25 años (0,097) y, en menor medida, las actividades relacionados con la exposición dentro y fuera de la casa (0,064 y 0,052, respectivamente). Dicha agrupación se ve en la figura 2 (parte baja del eje de la y, franja roja).

Discusión

En el estudio se analizó la relación entre la condición socioeconómica, los patrones de alimentación y la exposición a metales pesados en una población de mujeres en edad fértil del distrito de Aguablanca en Cali. En los alimentos muestreados se encontró cadmio, aunque por debajo de los niveles reglamentarios (18,19), en tres muestras del pescado denominado 'manteco'; 11,1 % de las mujeres que consumía 'manteco' una vez o más por semana lo adquiría en los expendios que

Cuadro 3. Inercias de las variables de frecuencia del consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación y del nivel socioeconómico

Variables	Inercias	
	Dimensión 1	Dimensión 2
'Manteco'		
<1 vez/semana	0,015	0,030
≥1 vez/semana	0,083	0,160
Tilapia		
<1 vez/semana	0,013	0,023
≥1 vez/semana	0,050	0,087
Repollo		
<1 vez/semana	0,008	0,006
≥1 vez/semana	0,013	0,010
Lechuga		
<1 vez/semana	0,025	0,005
≥1 vez/semana	0,036	0,008
Res		
<1 vez/semana	0,045	0,027
≥1 vez/semana	0,008	0,005
Pollo		
<1 vez/semana	0,005	0,008
≥1 vez/semana	0,000	0,000
Raza		
Negra	0,023	0,173
Mulata	0,001	0,000
Indígena	0,000	0,001
Mestiza	0,004	0,049
Blanca	0,016	0,052
Afiliación a la seguridad social		
Sí	0,000	0,000
No	0,008	0,009
Estrato		
1	0,054	0,001
2	0,091	0,000
3	0,005	0,013
Estado civil		
Soltera	0,003	0,007
Unión libre	0,001	0,001
Casada	0,029	0,009
Separada	0,000	0,026
Escolaridad		
Primaria	0,042	0,002
Secundaria	0,002	0,016
Técnica/tecnológica/ universitaria	0,006	0,077
Ingreso		
<1 SMMLV	0,086	0,003
>1 SMMLV	0,031	0,001
Comuna		
13	0,006	0,009
14	0,016	0,020
15	0,057	0,026
21	0,001	0,037
Servicios públicos		
Incompletos	0,072	0,003
Completos	0,012	0,001
Hacinamiento		
No	0,003	0,007
Sí	0,025	0,048
Estado de la vivienda		
En buen estado	0,013	0,005
Deteriorada	0,090	0,035

SMMLV: salario mínimo mensual legal vigente

resultaron positivos para cadmio, y la mitad de ellas era de raza negra. Mediante el análisis de correspondencias múltiples, se determinó una asociación entre las mujeres de raza negra y el consumo de 'manteco' o tilapia una vez o más por semana, y casi una quinta parte de ellas consumía pescado en las tres comidas del día, en mayor medida en el almuerzo.

La mala calidad de los alimentos y la degradación ambiental amenazan la seguridad alimentaria de las poblaciones. Además, en los tejidos de algunos organismos acuáticos, como los peces, crustáceos

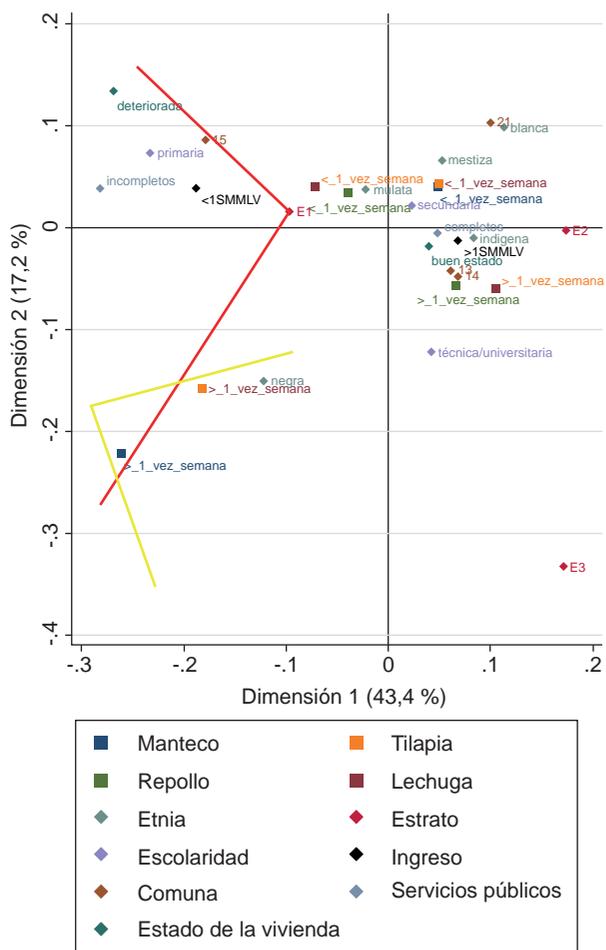


Figura 1. Análisis de correspondencias múltiples entre las variables de posición socioeconómica y el consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación. Los alimentos se representan con un cuadrado y, las variables socioeconómicas, con rombos. El área delimitada por la curva roja indica una asociación entre el consumo frecuente de pescado y una condición socioeconómica desfavorable. El área delimitada por la curva amarilla indica una asociación entre el ser de raza negra y el consumo frecuente de pescado. Por cuestiones de legibilidad, solo se incluyeron las variables con mayor contribución (inercia).

Cuadro 4. Inercias de la frecuencia del consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación y la condición de vulnerabilidad

Variables	Inercias	
	Dimensión 1	Dimensión 2
'Manteco'		
<1 vez/semana	0,049	0,024
≥1 vez/semana	0,256	0,125
Tilapia		
<1 vez/semana	0,066	0,017
≥1 vez/semana	0,236	0,061
Repollo		
<1 vez/semana	0,007	0,046
≥1 vez/semana	0,012	0,078
Lechuga		
<1 vez/semana	0,048	0,060
≥1 vez/semana	0,073	0,091
Res		
<1 vez/semana	0,066	0,032
≥1 vez/semana	0,011	0,005
Pollo		
<1 vez/semana	0,002	0,001
≥1 vez/semana	0,000	0,000
Edad		
Menores de 25 años	0,011	0,108
Mayores de 25 años	0,010	0,097
Índice de masa corporal		
Bajo peso	0,054	0,029
Normal	0,046	0,012
Sobrepeso	0,020	0,033
Actividades relacionadas con la exposición a metales pesados en casa		
No	0,000	0,004
Sí	0,005	0,064
Actividades relacionadas con la exposición a metales pesados cerca de casa		
No	0,015	0,059
Sí	0,013	0,052

y moluscos, se acumulan las sustancias contaminantes presentes en el agua, incluidos los metales pesados (20-23).

Mediante el análisis de correspondencias múltiples de las posibles relaciones con el consumo de 'manteco', en el presente trabajo se evidenció una variación relacionada con esta característica de 65,3 %, y la raza y el consumo de tilapia fueron las variables con mayores porcentajes de inercia. Los hallazgos en torno a esta especie de pez (*P. snyderi*) coincidieron con los de Quintero-Alvares, *et al.*, en Nuevo México, quienes detectaron cadmio en el hígado de los peces en una concentración de 11,05 µg/g⁻¹ (24).

Asimismo, otros estudios sobre la tilapia han reportado la presencia de metales pesados: en Egipto, Mansour, *et al.*, encontraron tilapia de lago

Condición socioeconómica, alimentación y metales pesados

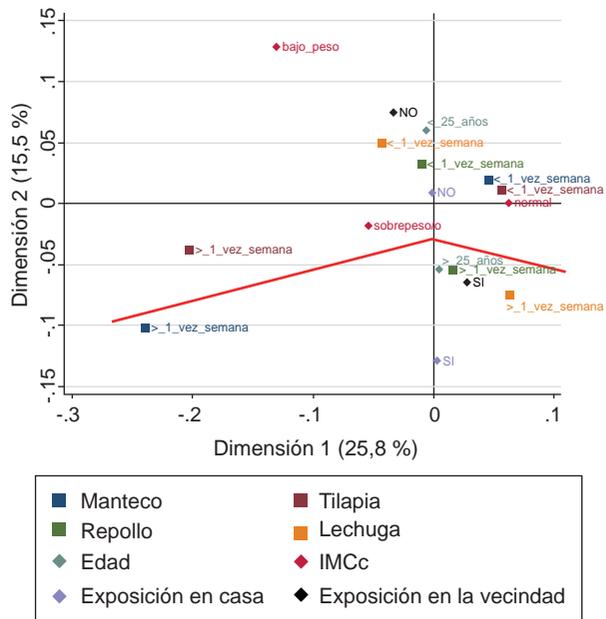


Figura 2. Análisis de correspondencias múltiples entre la frecuencia del consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación y las variables de vulnerabilidad. Los alimentos se representan con un cuadrado y las variables de vulnerabilidad, con rombos. El área delimitada por la curva roja indica una agrupación en el eje de la "y", la cual evidencia una relación entre el consumo frecuente de pescado y verduras, las actividades relacionadas con la exposición a metales pesados y el ser mayor de 25 años. Por cuestiones de legibilidad, solo se incluyeron las variables con mayor contribución (inercia).

con cadmio en concentraciones de 0,33 ppm, lo cual supera el límite de 0,20 ppm establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (25); Rashed, *et al.*, detectaron la presencia de varios metales pesados en los tejidos de hígado de tilapia analizados, especialmente cobre, cobalto y cinc (26).

Por su parte, Atta, *et al.*, detectaron la presencia de cadmio, cobre, plomo y cinc, principalmente en vísceras, cabeza y músculo de tilapia, en rangos que variaron proporcionalmente con el nivel de contaminación del ambiente y del tejido analizado (27), en tanto que en Colombia, en estudios en la laguna de Sonso, municipio de Buga, en la especie *O. niloticus* se reportó alteración en los biomarcadores de genotoxicidad e histopatológicos en tejido branquial y hepático indicativos de daños por contaminantes ambientales (28), así como la presencia de plomo en vísceras y músculo en concentraciones de 0,28 y 0,16 µg/g⁻¹, respectivamente (29).

En trabajos realizados con anterioridad en la zona de estudio, se detectaron cadmio y plomo en muestras de pescado del río Cauca de las

especies *Hypostomus plecostomus* y *Prochilodus magdalenae*, en algunas de las cuales se sobrepasaban los límites establecidos por la FAO (30,31). La presencia de cadmio en el 'manteco' evidenció que siguen ingresando alimentos contaminados al distrito de Aguablanca, como ya se había mencionado en anteriores estudios (30,31) y que, además, en el caso del pescado, provienen no solo del mercado nacional (Buenaventura, Tumaco, Magdalena, Neiva) sino también de Ecuador, Perú, Uruguay y Argentina (32), e incluso de países más lejanos como China y Vietnam, lo cual sugiere que el producto también puede estar vendiéndose en otras zonas de la ciudad, no solo en Aguablanca (33).

El hecho de que 70 % de quienes consumían 'manteco' una vez o más por semana fuera de raza negra, evidencia que dicha relación está ligada a un patrón cultural y geográfico dada la ubicación histórica de los afrodescendientes colombianos en zonas de litoral, aunque en los diversos estudios también se establece una clara relación entre el nivel educativo, la edad y el consumo de pescado: las personas con baja escolaridad, generalmente con menos ingresos, se ven obligadas a comer pescado barato, como el 'manteco', ya que es una buena fuente de proteína (34).

Ahora bien, la raza ha sido uno de los factores determinantes que más se ha vinculado con la inequidad en salud. A partir de conceptos como el de justicia ambiental, originado en Estados Unidos en el marco de las luchas raciales de los años 60 y 70, se ha puesto de manifiesto que la población de raza negra ha estado más expuesta a riesgos ambientales comparada con la población de raza blanca (35). Hertz, *et al.*, sugirieron una asociación entre el pertenecer a la etnia afroamericana y la detección de factores predictores de la presencia de plomo en la sangre (36); en este mismo sentido, Mijal, *et al.*, encontraron que las mujeres negras no hispanas en edad fértil tenían niveles más altos de cadmio en sangre que las no hispanas blancas (37).

En Colombia también se evidenció la asociación entre los niveles de plomo en sangre en niños afrodescendientes y su pertenencia a un nivel socioeconómico bajo (38); en las investigaciones previas en la cohorte de este estudio dicha asociación también se encontró (31), además de la presencia de plomo y cadmio en 90 % de las muestras de agua y alimentos, en especial de pescado, algunas de las cuales sobrepasaban los niveles aceptados internacionales. Asimismo, Evans, *et al.*, asociaron

la raza con el bajo nivel de ingresos, las condiciones precarias de la vivienda y la educación deficiente (39).

Además de este patrón cultural, se debe mencionar la influencia del precio del 'manteco' en la decisión de comprarlo. En este estudio se observó que el consumo de alimentos con capacidad de bioacumulación se dio en un contexto de bajos ingresos que lleva a las personas a comprar alimentos baratos o de menor calidad para afrontar las limitaciones económicas, en el cual el bajo nivel educativo también puede limitar las posibilidades de elegir el consumo de alimentos de calidad, lo cual representa, en la práctica, un mayor riesgo para la seguridad alimentaria y la salud de la población.

La mayoría de las mujeres participantes en el estudio eran de raza negra o mestiza, sus viviendas eran de estrato 1, su nivel de educación alcanzaba solo la secundaria y subsistían con un ingreso mensual de entre uno y dos salarios mínimos, todas características indicadoras de una posición socioeconómica baja, la cual obliga a muchas personas a vivir en áreas urbanas desfavorables, perpetuando así los ciclos de inequidad; esto, a su vez, induce el desarrollo y la propagación de desigualdades en salud (40) que se traducen, por ejemplo, en la ausencia o desarrollo limitado de una infraestructura adecuada para el manejo del agua y los residuos sólidos.

La condición socioeconómica también agrava la exposición a contaminantes ambientales, pues existe una relación inversa entre los indicadores del nivel socioeconómico y los factores de riesgo ambiental, como los desechos peligrosos, la contaminación del aire, la calidad del agua, el hacinamiento, la calidad de la vivienda, la infraestructura educativa y las condiciones del vecindario (39). En cuanto a la exposición ambiental a metales pesados, la exposición al cadmio y al plomo se considera inversamente proporcional a la condición socioeconómica (41), y es especialmente peligrosa para las personas que viven en la pobreza (42).

Sin embargo, son pocos los estudios sobre la relación entre el consumo de alimentos contaminados con metales pesados y la condición socioeconómica. Muckle, *et al.*, examinaron la relación entre algunas características sociodemográficas y el consumo de comida tradicional en mujeres gestantes de una comunidad esquimal, para determinar los alimentos relacionados con la exposición a los policlorobifenilos y al mercurio mediante el análisis de muestras de sangre y cabello de las participantes; encontraron

una asociación entre el consumo de pescado y carne de foca y la condición socioeconómica de pobreza, el bajo nivel educativo y la exposición a estos contaminantes (43).

Los factores sociales afectan la exposición de manera diferencial. Con respecto a la vulnerabilidad del grupo poblacional en estudio, debe tenerse en cuenta que las mujeres en edad fértil asimilan el cadmio presente en el pescado de forma diferente debido a las características propias del metabolismo de las sustancias liposolubles (40). Además, las mujeres tienen una mayor carga corporal de cadmio que los hombres (37), ya que la absorción intestinal de este elemento es de dos a cuatro veces mayor en ellas (44).

En este mismo sentido, el estado nutricional de la población es importante, ya que la deficiencia de hierro en la dieta hace que la absorción del cadmio se incremente y, si se consideran las condiciones socioeconómicas y el patrón alimentario reportados, el papel de la nutrición es crítico. En estudios como el de Arruda, *et al.* (45), se menciona la sustitución metabólica del calcio por contaminantes como el cadmio y el plomo en niños de escasos recursos como una de las hipótesis para explicar los picos de concentración de metales pesados, cercanos a los límites superiores de los promedios mundiales, encontrados en niños menores de 15 años. En Colombia, Suárez-Ortegón, *et al.*, reportaron una asociación negativa entre los niveles altos de plomo en la sangre de mujeres en tercer trimestre de embarazo y la ingestión de cinc, calcio y vitamina B₁₂, así como una asociación positiva en este mismo período de embarazo y el consumo de ácido fólico (46).

Por su parte, en Estados Unidos, Hertz-Picciotto, *et al.*, hallaron una asociación entre el consumo elevado de calcio y los bajos niveles de plomo en la sangre de mujeres en segundo y tercer trimestre de embarazo (35). Por otro lado, Rosado, *et al.*, en un ensayo controlado con placebo en una población de escolares entre los 6 y 7 años que vivían cerca de una zona de fundición industrial, evidenciaron que el suplemento con hierro o cinc no producía reducción en los niveles de plomo en la sangre de estos niños expuestos al plomo (47).

Al observar la correspondencia entre la raza negra y el consumo de pescado hallada en este estudio, podría proponerse que los efectos de la exposición dependen de la raza (37), y que se ven intensificados por un patrón cultural de consumo de alimentos,

así como por la contaminación ambiental con cadmio como producto de actividades antrópicas y por condiciones socioeconómicas desfavorables en esta población vulnerable de mujeres en edad fértil.

Entre las fortalezas del estudio debe mencionarse la eventualidad de que la mayoría de las participantes proviniera de una cohorte anterior. El contar con esta información de base relacionada con el objetivo del presente estudio, permitió entender mejor el contexto e interpretar de forma más adecuada los hallazgos. Asimismo, el tamaño de la muestra estimado se cumplió y el porcentaje de ausencia de respuesta fue de 20 %. Además, el análisis de correspondencias múltiples fue apropiado para el tamaño de la muestra y permitió explorar nuevas relaciones, respetando el comportamiento de los datos e indicando la senda para nuevos estudios.

Por otra parte, el estudio se vio afectado por la imposibilidad de contar con suficientes datos sobre las concentraciones de metales pesados en los alimentos consumidos directamente por las participantes, con el fin de hacer un análisis más completo e integral. Además, la participación voluntaria de las mujeres en el estudio pudo generar un sesgo relacionado con la exposición, ya que las que decidieron participar pudieron ser las que percibían la contaminación ambiental como nociva debido a su nivel escolar. Aunque el sesgo de memoria pudo estar presente al recordar los alimentos consumidos y la frecuencia de su consumo, ello se minimizó mediante la utilización de imágenes para la estimación de sus cantidades y pesos.

La detección de alimentos contaminados con metales pesados en la zona no es nueva, pues en estudios anteriores se ha reportado, incluso, en otras especies de pescado y en niveles que superaban los límites establecidos en las normas internacionales (30,31). Este hecho debe llamar la atención sobre la importancia de implementar un sistema de vigilancia de los alimentos que se consideran de riesgo para la salud por su capacidad de acumular metales pesados, así de un control más riguroso por parte del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), aunado al trabajo conjunto de la academia, las secretarías municipales de salud, el Instituto Colombiano Agropecuario, el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural y el Ministerio de Agricultura, con el fin de dar a conocer los hallazgos sobre la contaminación ambiental de alimentos.

La comunicación y la educación de la comunidad sobre las rutas y vías de exposición a metales pesados y pesticidas, y su riesgo para la salud, es

una tarea importante. La difusión clara y concreta de los resultados de este tipo de estudios entre las comunidades, en colaboración con los medios de comunicación y de las diferentes organizaciones comunitarias, son estrategias esenciales en este propósito.

El trabajo intersectorial en torno a los problemas ambientales a partir de enfoques sociales debe permea las decisiones y acciones que se tomen en este sentido. El fomento de las oportunidades laborales y productivas, la mejoría de la calidad de la educación, la protección y la atención de las poblaciones vulnerables y la construcción de viviendas dignas y suficientes podrían contribuir a la reducción de inequidades y a la reivindicación de grupos sociales excluidos.

A la luz de los hallazgos del presente estudio, se sugiere la caracterización de las rutas de distribución del pescado proveniente del río Cauca y de otras fuentes, así como la realización de estudios de evaluación en otras poblaciones que contemplen la estratificación urbana y rural de Cali, de estudios genéticos mediante herramientas de biología molecular que evalúen los polimorfismos para obtener información sobre la propensión de los individuos frente a contaminantes ambientales, y de estudios con parámetros y variables que estimen y cuantifiquen el impacto de los procesos de urbanización en la salud, con el fin de obtener información que aporte a la construcción de una ciudad con una mejor calidad de vida para sus habitantes.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen a las mujeres participantes y al Hospitalito Infantil "Niño Dios" de Agua Blanca en Cali, a los encuestadores y nutricionistas participantes en el proyecto, así como a Colciencias por su financiación.

Conflicto de intereses

Los investigadores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Financiación

Este trabajo fue financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, (código de proyecto: 110651929211).

Referencias

1. **Prüss-Üstün A, Corvalán C.** Preventing disease through healthy environments: Estimate environmental burden of disease. Geneva: World Health Organization; 2006.

2. **Hu H.** Human health and heavy metals. En: McCally M, editor. Life support: The environment and human health. Cambridge, MA: MIT Press; 2002. p. 65.
3. **Ritter C, Solomon K, Sibley P.** Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: A perspective prepared for the Walkerton inquiry. J Toxicol Environ Health A. 2002;65:1-142.
4. **Wyatt C, Fimbres C, Romo L, Méndez R, Grijalva M.** Incidence of heavy metal contamination in water supplies in Northern México. Environ Res. 1998;76:114-9. <https://doi.org/10.1006/enrs.1997.3795>
5. **Järup L.** Hazards of heavy metal contamination. Br Med Bull. 2003;68:167-82. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
6. **Mason RP, Laporte J-M, Andres S.** Factors controlling the bioaccumulation of mercury, methylmercury, arsenic, selenium, and cadmium by freshwater invertebrates and fish. Arch Environ Contam Toxicol. 2000;38:283-97.
7. **van der Oost R, Beyer J, Vermeulen NP.** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. Environ Toxicol Pharmacol. 2003;13:57-149. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6)
8. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry.** Resumen de Salud Pública: cadmio (Cadmium). Fecha de consulta: 2 de julio de 2014. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
9. **Environmental Protection Agency.** Bioaccumulation definition -Terms & Acronyms. Fecha de consulta: 2 de julio de 2014. Disponible en: https://ofmpub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/termsandacronyms/search.do
10. **Pan American Health Organization.** Capítulo 3: Desarrollo sostenible y salud ambiental. Salud en las Américas. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 2007. p. 220-313.
11. **Goyer R.** Issue on the human health effects of metals. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency; 2004.
12. **Castilla EE, Mastroiacovo P, López-Camelo JS, Saldarriaga W, Isaza C, Orioli IM.** Sirenomelia and cyclopa cluster in Cali, Colombia. Am J Med Genet A. 2008;146A:2626-36. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.32506>
13. **Cuatas D, Ariza Y, Pachajoa H, Méndez F.** Analysis of the spatial and temporal distribution of congenital abnormalities between 2004-2008 at a University Hospital in Cali, Colombia. Colombia Médica. 2010;42:9-16.
14. **Pachajoa H, Ariza Y, Isaza C, Méndez F.** Major birth defects in a third-level hospital in Cali, Colombia, 2004-2008. Rev Salud Pública. 2011;13:152-62. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642011000100013>
15. **Ariza-Araújo Y, Martínez G, Peña M, Méndez F.** Fish consumption in an area with high incidence of birth defects in Cali, Colombia. Epidemiology. 2009;20:191-9. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000362644.47136.17>
16. **Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud.** Directrices generales sobre muestreo, normas oficiales de la *Codex Alimentarius Commission*. Geneva: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization; 2004. p. 73..

17. **Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.** Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia - ENSIN 2010. Bogotá, D.C.: ICBF; 2011.
18. **Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** Session T. Codex Alimentarius Commission. Fecha de consulta: 16 de enero de 2014. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/osd/CPF/Countries/Bhutan/%5C/codex/Reports/Alinorm01/al0_1_12e.pdf
19. **Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud.** Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Informe de la 3ª reunión del Comité del Codex sobre contaminantes de los alimentos. Róterdam, Países Bajos, 23-27 de marzo de 2009. Fecha de consulta: 16 de marzo de 2013. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/codex/Reports/alinorm09/al32_41s.pdf
20. **Skerfving S, Bencko V, Vahter M, Schütz A, Gerhardsson.** Environmental health in the Baltic region - toxic metals. *Scand J Work Environ Health.* 1999;25(Supl.3):40-64.
21. **Castro M, Méndez M.** Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2008;26:263-71. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001>
22. **Nasreddine L, Parent-Massin D.** Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry? *Toxicol Lett.* 2002;127:29-41. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00480-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00480-5)
23. **Sirof V, Guérin T, Mauras Y, Garraud H, Volatier J, Leblanc J.** Methylmercury exposure assessment using dietary and biomarker data among frequent seafood consumers in France CALIPSO study. *Environ Res.* 2008;107:30-8. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.12.005>
24. **Quintero-Álvarez JM, Soto-Jiménez MF, Amezcua F, Voltolina D, Frias-Espéricueta MG.** Cadmium and lead concentrations in the fish tissues of a coastal lagoon system of the SE Gulf of California. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2012;89:820-3. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0730-8>
25. **Mansour SA, Sidky MM.** Ecotoxicological Studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chem.* 2002;78:15-22. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00197-2)
26. **Rashed MN.** Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environ Int.* 2001;27:27-33. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00050-2](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00050-2)
27. **Atta MB, El-Sebaie LA, Noaman MA, Kassab HE.** The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chem.* 1997;58:1-4. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00205-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00205-7)
28. **Cáceres PR, Tello A, Torres GA.** Uso de biomarcadores genotóxicos e histopatológicos para evaluar el efecto de los metales en la tilapia (*Oreochromis niloticus* L) presente en la laguna de Sonso (Valle del Cauca). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas.* 2010;1: 109-21.
29. **Gischler C.** Pathways of heavy metals and implications for stakeholders, Sonso lagoon, Colombia. Thesis. Stockholm: KTH School of Architecture and Built Environment; 2005.
30. **Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional, Grupo de Investigación en Saneamiento Ambiental, Grupo de Malformaciones Congénitas Perinatales, Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali.** Informe final del proyecto de investigación: factores ambientales asociados a la ocurrencia de malformaciones congénitas en la ciudad de Cali. Cali: Universidad del Valle y Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali; 2009. p. 30.
31. **Méndez F.** Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de bajo peso al nacer (BPN) y restricción del crecimiento intrauterino (RCIU) en una cohorte de mujeres gestantes de la ciudad de Cali. Cali: Universidad del Valle; 2011.
32. **Echeverry G, Zapata AM, Páez MI, Méndez F, Peña MR.** Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diurón, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomédica.* 2015;35:110-9 <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>
33. **Karouna-Renier N, Ranga K, Lanza J, Rivers S, Wilson P, Hodges D, et al.** Mercury levels and fish consumption practices in women of child-bearing age in the Florida Panhandle. *Environ Res.* 2008;108:320-6. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.08.005>
34. **Burger J, Stephens WL, Boring CS, Kuklinski M, Gibbons JW, Gochfeld M.** Factors in exposure assessment: Ethnic and socioeconomic differences in fishing and consumption of fish caught along the Savannah River. *Risk Anal.* 1999;19: 427-38. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00418.x>
35. **Taylor DE.** The rise of the environmental justice paradigm. Injustice framing and the social construction of environmental discourses. *Am Behav Sci.* 2000;43:508-80. <https://doi.org/10.1177/0002764200043004003>
36. **Hertz-Picciotto I, Schramm M, Watt-Morse M, Chantala K, Anderson J, Osterloh J.** Patterns and determinants of blood lead during pregnancy. *Am J Epidemiol.* 2000;152: 829-37. <https://doi.org/10.1093/aje/152.9.829>
37. **Mijal RS, Holzman CB.** Blood cadmium levels in women of childbearing age vary by race/ethnicity. *Environ Res.* 2010; 110:505-12. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.02.007>
38. **Filigrana PA, Méndez F.** Blood lead levels in school-children living near an industrial zone in Cali, Colombia: The role of socioeconomic condition. *Biol Trace Elem Res.* 2012;149: 299-306. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9429-2>
39. **Evans GW, Kantrowitz E.** Socioeconomic status and health: The potential role of environmental risk exposure. *Annu Rev Public Health.* 2002;23:303-31. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.23.112001.112349>
40. **World Health Organization.** Equity, social determinants and public health programmes. Geneva: WHO; 2010. p. 103.
41. **Tyrrell J, Melzer D, Henley W, Galloway TS, Osborne NJ.** Associations between socioeconomic status and environmental toxicant concentrations in adults in the USA: NHANES 2001–2010. *Environ Int.* 2013;59:328-35. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.06.017>
42. **Tong S, von Schirnding YE, Prapamontol T.** Environmental lead exposure: A public health problem of global dimensions. *Bull World Health Organ.* 2000;78:1068-77.

43. **Muckle G, Ayotte P, Dewailly E, Jacobson SW, Jacobson JL.** Determinants of polychlorinated biphenyls and methylmercury exposure in Inuit women of childbearing age. *Environ Health Perspect.* 2001;109:957-63.
44. **Järup L, Åkesson A.** Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2009; 238:201-8. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>
45. **Arruda-Neto JD, Geraldo LP, Prado GR, García F, Bittencourt-Oliveira MC, Sarkis JE, *et al.*** Study of metals transfer from environment using teeth as biomonitor. *Environ Int.* 2010;36:243-6. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.12.003>.
46. **Suárez-Ortegón MF, Mosquera M, Caicedo DM, De Plata CA, Méndez F.** Nutrients intake as determinants of blood lead and cadmium levels in Colombian pregnant women: Nutrients intake and levels of lead and cadmium. *Am J Hum Biol.* 2013;25:344-50. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22375>
47. **Rosado JL, López P, Kordas K, García-Vargas G, Ronquillo D, Alatorre J, *et al.*** Iron and/or zinc supplementation did not reduce blood lead concentrations in children in a randomized, placebo-controlled trial. *J Nutr.* 2006;136:2378-83.