



INFORME FINAL DE PROYECTO

MÓDULO 1. IDENTIFICACIÓN

1. TÍTULO DEL PROYECTO: Evaluación de riesgo por bifenilopoliclorinados y retardantes de llama en la salud de las poblaciones aledañas al Río Cauca

2. ENTIDAD FINANCIADOR: Convocatoria interna Universidad del Valle

3. IDENTIFICACION DEL PROYECTO: C.I. 7879

4. INVESTIGADOR RESPONSABLE: Martha Isabel Páez Melo.

martha.paez@correounivalle.edu.co

5. COINVESTIGADOR: Dr. Fabián Méndez

6. FECHA DE INICIO: ENERO 2012

7. FACULTAD: Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Química

8. RESUMEN EJECUTIVO:

El estudio de la problemática ambiental de los contaminantes semivolátiles orgánicos como los bifenilopoliclorados (PCBs), plaguicidas organoclorados, retardantes de llama bromados (PBDEs) y los metales traza como Pb, Cd y Hg, ha generado gran interés en los últimos años debido a que éstos son unos de los contaminantes más persistentes y tóxicos presentes en el medio ambiente y que afectan la salud de los seres humanos. Particularmente en Colombia son pocos los estudios realizados sobre estos contaminantes y la zona aledaña al río Cauca está expuesta a varios vertimientos de actividades agrícolas, domésticas e industriales que arrastran consigo sustancias contaminantes que a su paso por la ciudad de Cali presenta una fuente potencial de riesgo para la salud de la población.

Este proyecto ha realizado un estudio que genera una línea base desde el 2011 donde se evaluó la presencia de PCBs, PAHs y plaguicidas organoclorados, demostrándose que este es el método apropiado para evaluarlos en atmósfera y además mostrándose un gradiente de concentraciones aumentando de sur a norte pero se encontraron niveles altos de los PCBs en la zona norte posiblemente por la zona industrial de Yumbo, las fuentes de combustión industrial y a la densidad vehicular y mapas conceptuales donde se han evaluado diferentes rutas de posible contaminación y el riesgo que involucran estos compuestos de interés con habitantes cercanos al río Cauca y con la atmósfera de la ciudad de Cali. Se evaluaron entonces muestras de leche materna, muestras de peces (corroncho y bocachico) midiendo PCBs, PBDEs, Pb, Cd, Hg y presencia de PCBs y organoclorados en un transecto norte-sur de la ciudad de Cali

Se analizaron 20 muestras liofilizadas, correspondientes a 10 muestras de leche materna y 10 de peces de diferentes zonas del área de interés estudiada. La evaluación de los PBDEs y PCBs permitió observar que el congénere más presente en estas muestras, con diferencia, fue el BDE-209, tanto en las muestras de peces como en las de leche materna. Sin embargo, los congéneres pertenecientes a la mezcla comercial Penta-BDE, mayoritariamente el BDE 47, también presentaban niveles cuantificables. Residuos de la mezcla comercial Octa-BDE podrían estar presentes en algunas muestras pero a niveles no cuantificables con esta metodología.

En general se comprobó que las muestras de peces estaban más contaminadas que las de leche materna, tal como también se observaba con los PCBs. Las mismas muestras que para los PCB mostraron niveles discordantes con el resto, tuvieron el mismo comportamiento también en el análisis de los PBDEs. Si comparamos los niveles obtenidos para las dos familias de compuestos, las concentraciones de PBDEs en las muestras fueron de entre uno y dos órdenes de magnitud inferiores a las concentraciones de PCBs.

A estas mismas muestras se les evaluó la presencia de metales pesados y el riesgo que aporta cada uno a la salud de la población que habita en esta zona. En este estudio se realizó una evaluación del riesgo en la salud de madres lactantes entre 15 y 29 años por ingesta de pescado extraído del Río Cauca con contenido de cadmio, mercurio y plomo, se evaluó el riesgo con Crystal Ball[®] aplicando simulaciones Monte Carlo para 100.000 iteraciones siguiendo los lineamientos del modelo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Para el mercurio, se encontró que en el corregimiento El Hormiguero y la Comuna seis de Cali, los valores de riesgo cancerígeno están dentro de los límites permitidos. Sin embargo, para este mismo metal los valores de riesgo no cancerígeno y la ingesta semanal tolerable están por encima de los valores máximos permitidos por lo que se deberán tomar medidas de mitigación de este riesgo.

En las muestras de leche materna se encontró que el 36% contenía alguno de los tres metales analizados, el 4.6% se presentó en la vereda El Paso de la Torre, el 13.64% en el Jarillón de Floralia en la Comuna 6 de Cali y el 18.18% en el corregimiento El Hormiguero. En las muestras de leche materna en las que se encontró concentraciones de mercurio y plomo se tiene que estas están por encima de 1.7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ y 5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ los cuales son los límites máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para estos metales. Las concentraciones de plomo y mercurio superan la norma de la OMS, hasta 10 y 30 veces respectivamente. Para el cadmio la Comisión del Codex Alimentarius de la Unión Europea en la revisión del mes de mayo de 2014 establece un contenido máximo en preparados lácteos para niños lactantes de 5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ con lo que se tiene que solo las muestras 9F y 13F tomadas en el Jarillón de Floralia en la comuna 6 de Cali cumplen con el límite máximo establecido en esta norma Europea, las demás muestras sobrepasan este valor. La concentración de mercurio presenta un incremento gradual desde el corregimiento El Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre siguiendo el curso río abajo del río Cauca, este resultado es congruente con estudios previos realizados en la misma zona del contenido de metales en peces que mostraron que la concentración de este metal aumentaba en el mismo sentido del río desde el corregimiento El Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre.

Las concentraciones de metales pesados halladas en las muestras de leche materna representan un problema para la población infantil que hizo parte de este estudio, ya que se ha documentado que los fetos y los niños, especialmente aquellos en edad de lactancia son

los más vulnerables y susceptibles a los efectos de la exposición a metales pesados como el mercurio, el plomo y el cadmio. Esto se debe a que el porcentaje de absorción en ellos es mayor en comparación con la población adulta, lo cual se ha asociado con alteraciones en el desarrollo normal del cerebro, el sistema nervioso, reducciones del cociente de inteligencia (IQ) y malformaciones congénitas. Así mismo, en la zona se encontró que ciertos factores como condiciones sociales, económicas y culturales, tales como un bajo nivel de ingresos económicos ó un bajo nivel educativo actúan como determinantes que favorecen la exposición y posterior contaminación por metales como el mercurio, el plomo y el cadmio en la zona. Condiciones de posición socioeconómica desfavorable, limitan el acceso de la población a alimentos de mejor calidad, favorecen el deterioro de los buenos hábitos de vida, limitan el acceso a los servicios de saneamiento básico y generan situaciones de injusticia ambiental que en menor o mayor medida favorecen la exposición de la población a contaminantes ambientales como los metales evaluados en este estudio

En esta etapa de la evaluación del riesgo se comparó la ingesta de contaminantes a través de la leche materna con la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI), la cual fue establecida por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (Comisión del codex alimentarius, 2014), (Hermoza, 2006), para cadmio, plomo y mercurio en 7, 25 y 0.3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ peso corporal respectivamente. La ingesta provisional tolerable (PTWI) se expresa semanalmente como índice de toxicidad y es utilizada para definir “la dosis de un producto que puede ser ingerida cada semana por un individuo durante toda su vida sin riesgo para la salud”. El principal mensaje de la PTWI es que no existe un riesgo importante cuando el producto químico se ingiere a niveles similares o inferiores a esta.

En las zonas evaluadas se encontró que los niños lactantes tienen un peso corporal promedio de 5.15 kg para los de dos meses de edad, 7.25kg para los de 6 meses de edad y 9.20kg para los de 12 meses que según la encuesta poblacional consumen leche materna todos los días de la semana, por lo que se valoró la exposición por consumo directo de cadmio, mercurio y plomo comparándolo directamente con la PTWI. El cuadro 3 muestra que los valores de PTWI para mercurio y plomo sobrepasan el límite máximo permisible de ingesta semanal, por lo que existe un potencial riesgo para la salud de la población de niños lactantes entre los 0 y 12 meses de edad del corregimiento del Hormiguero, el Jarillon de la comuna 6 de la ciudad de Cali y la vereda El Paso de la Torre en el municipio de Yumbo. Para el cadmio solo dos de las 5 muestras (9F y 13F) presentaron valores menores a los establecidos por la OMS y la FAO para la PTWI. De acuerdo a lo anterior la exposición por consumo de cadmio, mercurio y plomo a través de la ingesta de leche materna se encuentra en niveles intolerables y es necesario implementar acciones correctivas.

La evaluación del riesgo muestra que el riesgo cancerígeno por consumo de leche materna con contenido de cadmio, plomo y mercurio en los bebés de 6 y 12 meses de edad se encuentran por encima de los límites de riesgo establecidos por la EPA (Riesgo Cancerígeno >10⁻⁵). El mercurio fue el metal que más aportó al cálculo riesgo cancerígeno. El valor de riesgo individual del mercurio presenta un incremento desde el corregimiento El Hormiguero hasta la vereda el Paso de la Torre, lo cual permite pensar en una correlación entre el incremento del riesgo y el aumento de la contaminación en el río a su paso por los municipios de Cali y Yumbo.

Para el riesgo no carcinogénico se observa que los valores máximos para el mercurio en los bebés de 2,6 y 12 meses en el corregimiento El Hormiguero y en el Jarillón de la Comuna 6 en la ciudad de Cali y en la vereda El Paso de la Torre en el municipio de Yumbo están por

encima del REN ≥ 1 . Por lo que se considera que existe un riesgo potencial inaceptable para la salud de población evaluada en estas zonas y se deberán tomar medidas para mitigarlo.

Como conclusión se puede mencionar que existe un riesgo potencial cancerígeno y no cancerígeno en la salud de los niños lactantes asociado al consumo de leche materna con contenido de plomo, cadmio y mercurio, principalmente en el grupo de edad de los bebés entre 6 a 12 meses, por lo que es necesaria la implementación de medidas correctivas para mitigar el riesgo asociado al consumo de leche materna.

2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DESARROLLADOS. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS ESPERADOS. INCONVENIENTES PRESENTADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL	% DE CUMP.	RESULTADOS ESPERADOS	INDICADOR	JUSTIFICACIÓN
Evaluar el riesgo de los retardantes de llama (BFRs, entre ellos PBDEs y HBCD), los bifenilopoliclorinados (PCBs) y Pb,Cd y Hg en la salud de las poblaciones aledañas al río Cauca en la zona del Puente del Hormiguero y el Paso de la Torre, midiendo los niveles de estos contaminantes en organismos acuáticos de consumo y leche materna, que permitan describir la exposición en términos de las vías y rutas de exposición.	25	Descripción del escenario de exposición.	Mapa conceptual y caracterización de la zona de trabajo.	CUMPLIDO
	25	Caracterización de la población objeto.	Realización de encuestas a las madres lactantes objeto de estudio	CUMPLIDO
	25	Determinación de las concentraciones en las matrices de interés y caracterización del riesgo	Resultados del laboratorio que analizo las muestras biológicas para PBDEs y PCBs. Tesis de pregrado con la evaluación de los metales Pb,Cd y Hg en las matrices biológicas de estudio. Tesis de pregrado con la evaluación preliminar de semivolátiles en la atmosfera de Cali	CUMPLIDO
	25	Evaluación de riesgo	Aplicación de Cristall Ball para la evaluación del riesgo.	CUMPLIDO
TOTAL	100			CUMPLIDO

2.2 Objetivos específicos	% de Cumpl.	Resultados Esperados	Indicador	Justificación
1. Evaluar la presencia y concentración de BFRs y PCBs en organismos acuáticos de consumo, leche materna y metales de habitantes ubicados en las la rivera del rio Cauca entre el puente del Hormiguero y el Paso de la Torre y en la atmosfera de la ciudad de Cali.	20	Descripción de la zona de estudio	Caracterización social y geográfica de la zona de trabajo. Fotos. Mapa geográfico	CUMPLIDO
	20	Recolección de las muestras de estudio para ser analizadas	Envío de muestras al laboratorio del CSIC Barcelona y GICAMP Univalle	CUMPLIDO
	20	Concentraciones de Brf , Pcbs y metales en las muestras de leche y peces y atmosfera	Datos de los contenidos de los contaminantes	CUMPLIDO
2. Determinar el riesgo de la contaminación en lactantes, niños y adultos.	20	Evaluación de riesgo de la población de estudio	Valores de ERA	CUMPLIDO
3. Estimar el riesgo temporal para la salud humana asociado a la presencia de los BFRs y PCBs.	20	Evaluación de riesgo temporal	Valores de ERA en temporalidad	CUMPLIDO
TATAL	100			CUMPLIDO

3. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

1. CARACTERIZACION DEL PROBLEMA. MAPA CONCEPTUAL.

Para abordar un problema de evaluación de riesgo lo primeo que se debe realizar es contextualizar el problema en un mapa conceptual de riesgo. El mapa conceptual de riego define las fuentes, las vías y las rutas en las cuales se dan los procesos de contaminación, así como los receptores directamente implicados. En la figura 1., se registra el mapa conceptual del problema a abordar.

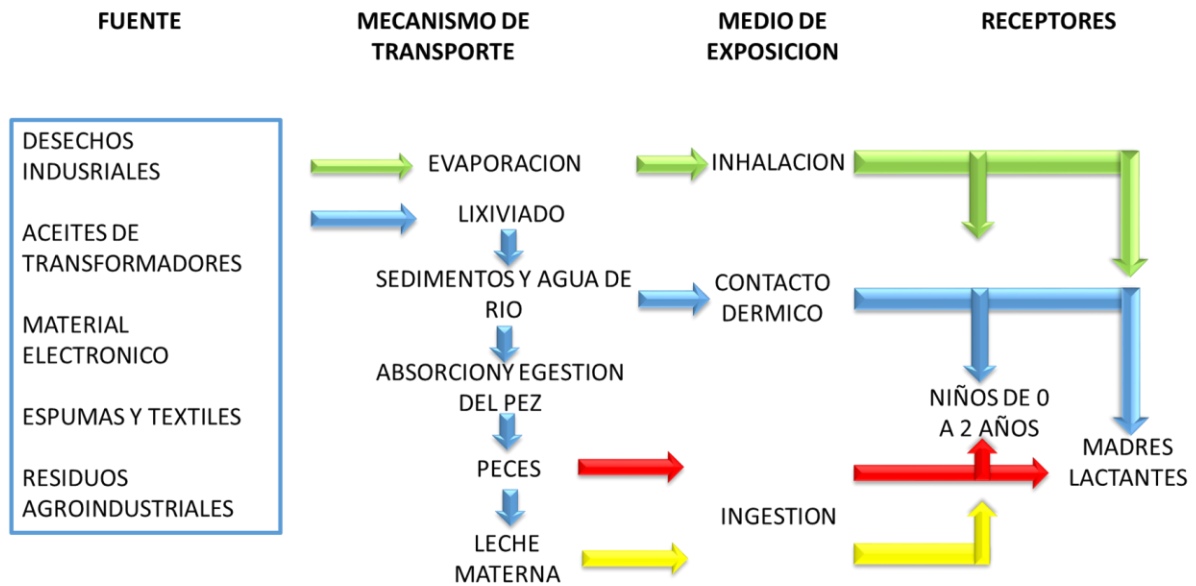


Figura 1. Mapa conceptual descriptor de la problemática causada por los contaminantes a los cuales pueden estar expuesta la población aledaña al río Cauca.

2. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

DESCRIPCIÓN DEL CORREGIMIENTO EL HORMIGUERO.

El corregimiento el Hormiguero, ubicado al sureste de Cali, hace parte de la “Red de Salud de Ladera”, cuya cabecera se encuentra ubicada en el corregimiento de la Buitrera. La Red de Salud de Ladera es nivel 1 de atención, es decir, las consultas son con el médico general. Trabajan con el sistema P.I.P. (Promoción de la Salud y Prevención de la Enfermedad).

La Red de Salud de Ladera está encargada de todos los corregimientos que rodean al municipio de Santiago de Cali, excepto la zona de Navarro, debido a que corresponde a la red de salud más grande que hay en el municipio.

Ahora se está implementando el sistema llamado “Salud al Campo”, el cual consiste en que los médicos van a las casas a visitar a los enfermos, principalmente a personas terminales o con problemas de movilidad. También esta es la única I.P.S. de su estilo que presta un servicio al régimen contributivo, puesto que atienden a los trabajadores de la empresa Papeles del Cauca.

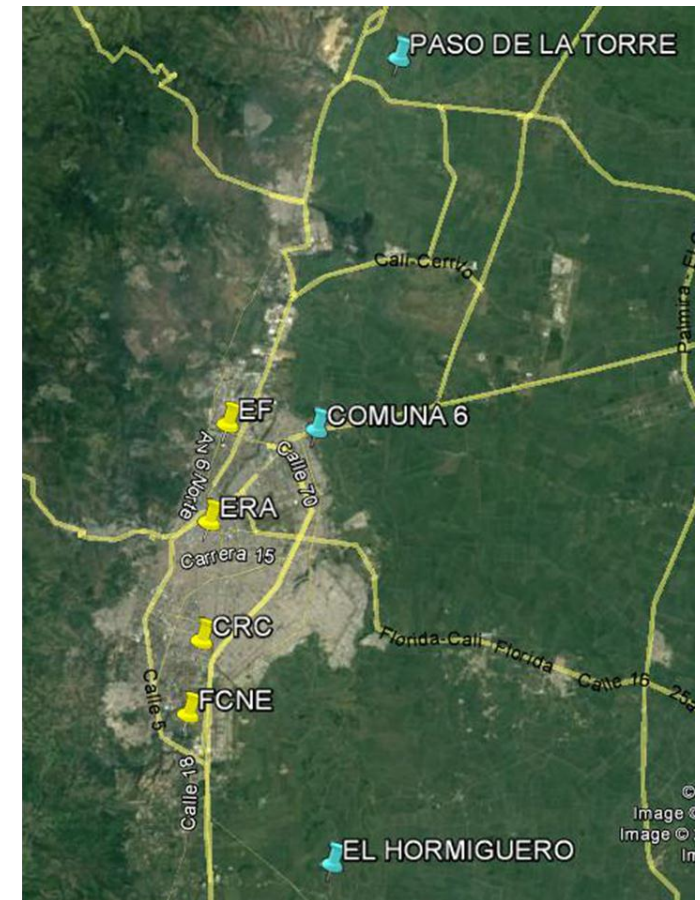
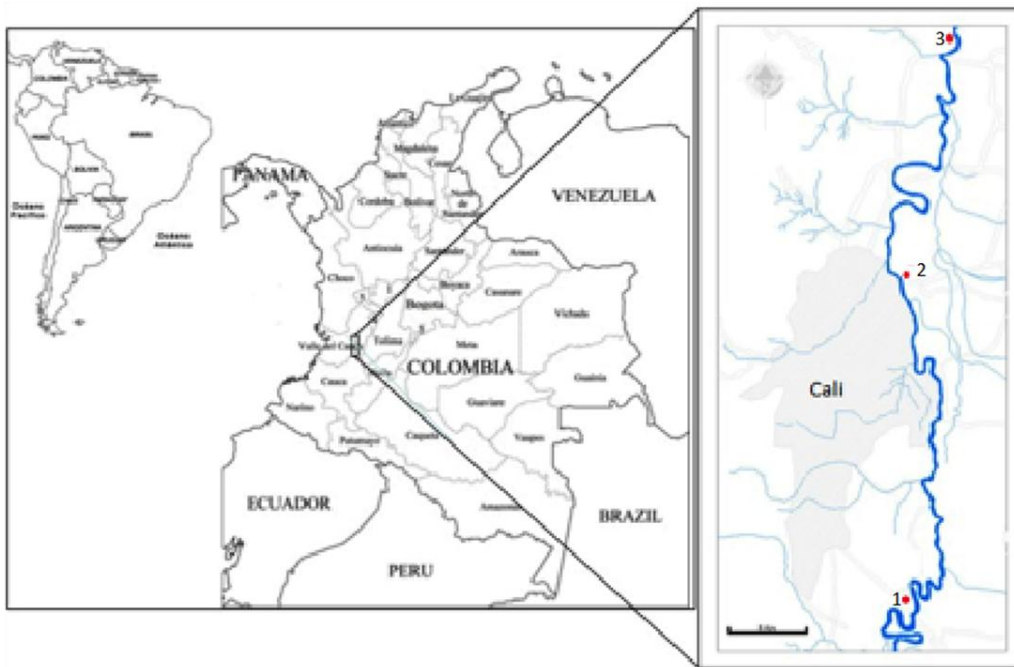


Figura 2. Ubicación geográfica de los puntos de trabajo sobre en la rivera del rio Cauca y en la ciudad de Cali.

Poseen un equipo de promotoras, las cuales no son ni enfermera, ni auxiliares de enfermería, sino mujeres que promocionan la salud. Los días viernes no prestan el servicio de odontología. Los habitantes del corregimiento el Hormiguero viven de oficios como la quema y corte de caña, trabajan en dragados extrayendo arena del río, en la empresa Papeles del Cauca o prestan servicios varios en la ciudad de Cali.

Las enfermedades más comunes que se presentan en el centro de salud, son las diarreicas y las respiratorias.

Según la trabajadora social del puesto de salud no suelen alimentarse de pescado del río, sino que van a menudo a comprar los alimentos a la Galería Santa Elena o a la Floresta, por el fácil acceso que tienen a estos lugares gracias al desplazamiento con el sistema de transporte masivo.

El corregimiento no posee alcantarillado, por lo que hacen uso de las llamadas letrinas y pozos sépticos, que generalmente en días muy soleados desprenden vapores y olores que ingresan a las viviendas.

Debido a las altas temperaturas que por lo general se manejan en el corregimiento, los habitantes suelen utilizar bloqueadores y gorras para protegerse del sol.

No se presentan problemas de violencia críticos, pero actualmente surgió una invasión llamada Oasis, lo cual ha traído ciertos problemas de inseguridad a los habitantes del corregimiento.

El día jueves 19 de enero que se realizó la visita a este corregimiento, se encontraban vacunando contra la Rubéola y el Sarampión en dicha invasión.

Ese día se contó con la oportuna colaboración de la Trabajadora Social, cuyo nombre es Gladys, la cual atiende los días lunes y jueves en dicho centro de salud.

Fotografías Descriptivas De La Zona Tomadas En La Visita.

El corregimiento cuenta con vías de acceso en regular estado.



En general el corregimiento se encuentra rodeado por grandes cultivos de caña de azúcar, los cuales se encuentran a escasos metros de las viviendas, según información de los habitantes son comunes las quemas de caña en la zona.



Cuentan con un servicio de acueducto deficiente por lo que se realiza el almacenamiento de agua en el tanque mostrado en la foto



Se realiza extracción de arena en dos puntos diferentes del corregimiento.



La empresa Papeles del Cauca está ubicada sobre el margen derechos del río y según información de los habitantes de la zona hay descargas de agua residuales.



A pesar de la supuesta contaminación del río la pesca es una actividad que se desarrolla en algunos sectores y se extraen peces de buen tamaño que son comercializados en la zona.

VISITA VEREDA LA PORFÍA YUMBO VALLE CORRESPONDE AL CENTRO COMUNAL MAS CERCANO AL PASO DE LA TORRE.



La vereda la Porfía cuenta con una vía de acceso sin pavimentar, es la única del lugar y las viviendas se encuentran ubicadas a ambos lados de la carretera.



Las viviendas se encuentran ubicadas a escasos metros del río Cauca y rodeadas por extensos cultivos de caña de azúcar donde también se realiza quema de la misma.



Es común en la vereda la Porfía al igual que en el hormiguero encontrar puntos de extracción de arena directamente del río. En



En la zona se encontraron descargas de aguas provenientes de los cultivos de caña de la zona. La vereda la porfía no cuenta con puesto de salud propio, el más cercano se encuentra ubicado en el corregimiento de Mulalo, pero actualmente se encuentra cerrado por falta de personal.

DESCRIPCION DE LA COMUNA 6. HOSPITAL INFANTIL NIÑO DIOS EN EL DISTRITO DE AGUA BLANCA

En el distrito de agua blanca se contactó a la directora del hospital infantil Niño Dios la hermana Cecilia Castañeda, quien nos brindó todo su apoyo en el contacto de las madres gestantes y en facilitarnos las instalaciones del hospital para la toma correcta de las muestras.



Esta zona se encuentra ubicada en el oriente de Cali y hay una gran afluencia de madres en proceso de gestación y lactando.

Descripción Del Municipio Del Hormiguero

El Hormiguero es un corregimiento en el sureste del municipio de Cali. Limita al norte con el corregimiento de Navarro y el área urbana, al oeste con el corregimiento de Pance, al este con el municipio vecino de Candelaria y al sur con el municipio de Jamundí. Es uno de los corregimientos más extensos y está compuesto por las veredas de El Hormiguero (Cabecera), Flamenco, Cascajal I, Cascajal II y Pízamos.

En términos de la oferta de salud, el corregimiento no cuenta con hospitales ni clínicas; sin embargo, cuenta con dos puestos de salud de los veinte que existen a lo largo de los corregimientos.



En general la gente no cuenta con una buena fuente de trabajo y se apoya en su mayoría en la extracción de arena del río.

MUESTREOS ATMOSFERICOS

La selección de los puntos de monitoreo se realizó con el objetivo de determinar preliminarmente la residualidad, persistencia, distribución y concentraciones de los contaminantes orgánicos persistentes en la ciudad de Santiago de Cali. Para ello, se seleccionaron cuatro estaciones (ÉXITO de la Flora, Escuela República de Argentina, Conjunto Residencial Gratamira-Torre F y en la terraza de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad del Valle) de tal modo que su ubicación permitiera abarcar un transecto norte-sur de la ciudad, siguiendo la dirección paralela del río Cauca (figura 2).

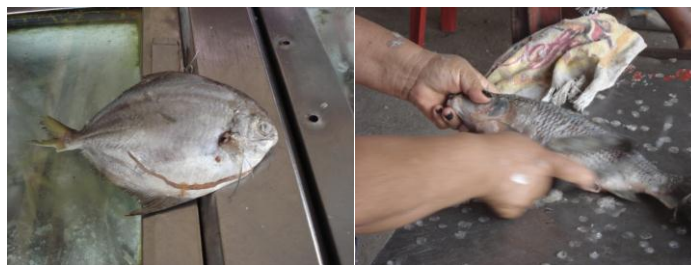
Por otra parte para el desarrollo y la garantía de un muestreo representativo, se debía considerar la aerodinámica de sondeo y la protección del sitio, por lo tanto, la estructura de cada una de las estaciones seleccionadas debía permitir que los muestreadores se situaran a cierta distancia de la superficie terrestre de tal modo que el aire que pasara a través de los estos fluyera libremente y no fuera obstruido por los alrededores. A su vez, era necesario que los muestreadores estuvieran ubicados en lugares seguros y no fueran hurtados durante los períodos de monitoreo. En consideraciones prácticas, las estaciones debían ser accesibles para las visitas a los sitios de muestreo pero no debían estar expuestas a interferencias del público.

3. DESCRIPCIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Muestreo de especies acuáticas

Se realizó un muestreo puntual durante una temporada atípica de alta lluvia entre los meses de diciembre y febrero de 2012 y 2013 respectivamente. Se recolectaron 7 muestras de peces en cada punto, de forma aleatoria y con la ayuda de pescadores de la zona; para la captura, transporte y almacenamiento de las muestras se siguió la guía para el muestreo y protocolo de muestreo adjunto en el apéndice A. El número de muestras se calculó siguiendo la metodología de la distribución de t de student para un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar del 2,84 y un nivel de error aceptable del 3%. Se capturaron muestras de las especies *Prochilodus Magdalenae* (bocachico) y *Chaetostoma* (corroncho) de acuerdo a la abundancia en cada sitio.

La matriz de estudio fue el músculo del pescado debido a que es la parte preferida de consumo por la población y una de las partes de bioacumulación de los metales. Las muestras se liofilizaron para su preservación. Posteriormente, se realizó la extracción para los compuestos de interés.



Muestreo para la leche materna

Las muestras de leche materna obtenidas fueron muestras individuales provenientes de 21 madres lactantes: 5 de ellas del Corregimiento el Hormiguero, 12 de la Comuna 6 y 4 de la Vereda El Paso de la Torre. Se recolectaron con la colaboración de cada una de las madres durante tres días, en los cuales se hizo la extracción manualmente (sin ningún tipo de ayuda externa) y siguiendo el protocolo de toma de muestra y preservación de las mismas en congelador, almacenándola en recipientes plásticos adecuados provistos por el laboratorio de investigación (GICAMP), estos previamente habían sido lavados y esterilizados con HNO_3 10 % (OMS, 2007). Esta recolección de muestra se debió a que las madres lactantes dependían de este único alimento para sostener a sus bebés. El volumen final colectado fue de 100 mL correspondiente a la mitad del recipiente de plástico (Ver Figura 4). Cada muestra fue protegida en bolsas ziploc de cierre hermético previamente identificadas y se transportaron en neveras acondicionadas con geles refrigerantes al laboratorio ubicado en la Universidad del Valle, donde fueron almacenados en congelador.



Muestreo para las muestras atmosféricas

Para la recolección de las muestras PUF, se levantó la tapa superior del muestreador. Luego se retiró el disco PUF y se introdujo en una bolsa de aluminio que se encontraba empacada en doble bolsa ziploc, sellándolas perfectamente. Posteriormente se guardaron las muestras en una nevera de icopor (ver Figura 12).

Cada una de las muestras fueron identificadas con sus respectivos rótulos teniendo en cuenta la estación, hora, temperatura y periodo de muestro. Finalmente, las muestras se refrigeraron a 4 °C hasta su extracción.



Recolección de datos en las encuestas

Para la recolección de las encuestas se preparó la gente para que las respuestas correspondieran a una verdadera aproximación de la realidad social de la zona. La encuesta, fue evaluada previamente para verificar su simplicidad y que fuera del todo comprensible para la población de estudio. Esta encuesta fue preparada por la escuela de salud pública y evaluada por ellos mismos.

A continuación se resume el grueso de la información colectada y que fue aplicada para evaluar el riesgo a algunos contaminantes evaluados.

DATOS PERSONALES DE LAS MADRES ENCUESTADAS.

Sitio de Muestreo	Código Identificación	Nombre	Edad	Teléfono	Dirección
Hormiguero	PL-LH-01-001	Yadi Vanesa Vergara	21	3128786485	Hormiguero
Hormiguero	PL-LH-01- 002	Johana Vanesa Bolaños	21	3105133494	Hormiguero
Hormiguero	PL-LH-01-003	Paola Andrea Labio Martinez	16	3205176338	Hormiguero casa 98
Hormiguero	PL-LH-01-004	Yeisy Carolina Sandoval	23	3104279189	Oasis casa 36
Hormiguero	PL-LH-01-005	Ingrid Castaño	19	3152438650	Oasis casa 72
Hormiguero	PL-LH-01-006	Mayra alejandra Caicedo	23	5216153	Hormiguero casa 303
Hormiguero	PL-LH-01-007	Helen Renteria	24	3207341840	Hormiguero casa 374
Comuna 21	PL-LC21-01-001	Omaira Riascos	38	3117108487	B. los Lagos
Comuna 21	PL-LC21-01-002	Diana Varela	24	N.R.	Potrero Grande S. 10 Calle 23B # 2N-71 B.
Comuna 21	PL-LC21-01-003	Mercy Sanchez	31	3147346335	Piloto
Comuna 21	PL-LC21-01-004	Martha Ramos		3128845103	Calle 81 # 27A-17
Comuna 21	PL-LC21-01-005	Jheinfar Huila Ruiz	21	3205638387	Calle 124B # 28Bis -48
Paso de La torre	PL-LPT-01-001	Ismenia Benitez	21	3176724303	Paso de la Torre
San Marcos	PL-LSM-01-001	Lina Maite Echeverri	20	3188143648	San Marcos
San Marcos	PL-LSM-01-002	Paula Bastidas	18	3217074681	San Marcos
San Marcos	PL-LSM-01-003	Nanci Echeverri	17	3128070770	San Marcos
Floralia	PL-LF-01-001	Kelly Vargas Acosta	17	3206488984	Calle 84 # 3BN-42
Floralia	PL-LF-01-002	Luz Dary Hernandez	29		
Floralia	PL-LF-01-003	Maria Fda Sarria	15	3921573	Calle 84 # 3BN-26
Floralia	PL-LF-01-004	Danisa Marcela Cairo	26	3202212882	
Floralia	PL-LF-01-005	Sandra Almeida	25	3125355293	Calle 84 # 3AN- 10
Floralia	PL-LF-01-006	Tania Julieth Morales	16	3203952202	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Concentraciones De Metales Encontrados En Las Muestras De Peces y análisis de riesgo

Cuadro 1. . Contenido de plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) en muestras de pescado

Lugar de Muestreo	Identificación de la Muestra	Plomo (Pb) ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$)	Cadmio (Cd) ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$)	Mercurio (Hg) ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$)
El Hormiguero	1H-B	87,73	22,33	248,31
	2H-B	27,04	18,51	361,91
	3H-B	ND	16,99	354,33
	4H-B	ND	22,81	411,42
	5H-B	6,09	19,06	391,61
	6H-B	ND	20,37	436,60
	7H-B	18,12	27,40	229,70
Comuna 6	1F-B	30,39	137,60*	422,90
	2F-B	3,05	48,78	422,10
	3F-B	ND	49,04	490,42
	4F-B	ND	23,85	226,41
	5F-C	13,76	31,87	109,30
	6F-C	53,21	31,40	86,67
	7F-C	20,35	20,31	90,49
Paso de la Torre	1PLT-C	18,25	131,30*	82,72

	2PLT-C	2,86	55,90*	90,35
	3PLT-C	70,70	32,57	82,97
	4PLT-C	60,75	25,77	97,74
	5PLT-C	6,10	86,58*	120,30
	6PLT-C	49,75	67,08*	97,86
	7PLT-C	87,48	64,86*	79,12

* Valor por encima de la normatividad Colombiana y la Unión Europea, H-B: Hormiguero-Bocachico (7 muestras), F-B: Comuna 6-Bocachico (4 muestras), F-C: Comuna 6-Corroncho (3 muestras), PLT-C: Paso de la Torre-Corroncho (7 muestras), ND: No Detectado. Concentración debajo del límite de cuantificación del método.

Resultados de evaluación de riesgo en la salud

Los resultados probabilísticos obtenidos para la evaluación de riesgo por efectos no carcinogénicos y carcinogénicos debido a la ingesta de pescado del río Cauca contaminado con cadmio, mercurio y plomo se registran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores mínimo y máximo del riesgo no carcinogénico y carcinogénico para cada punto de muestreo.

Lugar de muestreo	Plomo (no cancerígeno)		Cadmio (no cancerígeno)		Mercurio (no cancerígeno)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
El Hormiguero	3,21E-04	4,63E-03	6,08E-05	9,65E-03	8,78E-03	1,59E+00*
Comuna 6	2,66E-04	2,81E-03	1,85E-04	5,31E-02	3,58E-03	1,64E+00*
Paso de la Torre	1,51E-04	4,61E-03	3,00E-04	4,74E-02	2,84E-03	4,69E-01
Cancerígeno						
El Hormiguero			3,14E-10	5,60E-08	2,55E-08	5,45E-06
Comuna 6			9,63E-10	3,11E-07	1,07E-08	6,30E-06
Paso de la Torre			1,73E-09	2,84E-07	1,00E-08	1,40E-06

Resultados de evaluación de riesgo en la salud

Los resultados probabilísticos obtenidos para la evaluación de riesgo por efectos no carcinogénicos y carcinogénicos debido a la ingesta de pescado del río Cauca contaminado con cadmio, mercurio y plomo se registran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores mínimo y máximo del riesgo no carcinogénico y carcinogénico para cada punto de muestreo.

Pescado con la ingesta semanal tolerable provisional (ptwi)

En el cuadro 3 se pueden observar los resultados de la ingesta semanal de los metales evaluados a través del pescado y su comparación con la ingesta semanal tolerable (PTWI).

Cuadro 3. Resultado de la Ingesta Semanal Tolerable para cadmio, mercurio y plomo

Lugar de Muestreo	Identificación de la Muestra	Plomo ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)
El Hormiguero	1H-B	1,411	0,359	3,995
	2H-B	0,435	0,298	5,822*
	3H-B	0,000	0,273	5,700*
	4H-B	0,000	0,367	6,618*
	5H-B	0,098	0,307	6,300*
	6H-B	0,000	0,328	7,024*
	7H-B	0,292	0,441	3,695
Comuna 6	1F-B	0,489	2,214	6,803*
	2F-B	0,081	0,785	6,791*
	3F-B	0,000	0,789	7,889*
	4F-B	0,000	0,384	3,642
	5F-C	0,221	0,513	1,758
	6F-C	0,856	0,505	1,394
	7F-C	0,327	0,327	1,456
Paso de la Torre	1PLT-C	0,294	2,112	1,331
	2PLT-C	0,046	0,899	1,454
	3PLT-C	1,137	0,524	1,335
	4PLT-C	0,977	0,415	1,572
	5PLT-C	0,098	1,393	1,935
	6PLT-C	0,800	1,079	1,574
	7PLT-C	1,407	1,043	1,273

*Valor por encima de lo estipulado para Ingesta Semanal Tolerable Provisional.

Análisis del contenido de cadmio, plomo, y mercurio en el pescado

En el cuadro I se observa que las especies *Prochilodus Magdalenae* (bocachico) y *Chaetostoma* (corroncho), procedentes del río Cauca presentan bioacumulación de los metales plomo, cadmio y mercurio. Este resultado es coherente con estudios previos (Mancera-rodríguez and Álvarez-León 2006), (Vivas et al. 2014) realizados en este mismo río que mostraron la presencia de los metales analizados en la biota del río Cauca, dejando en evidencia la fuerte crisis ambiental por la que atraviesa este importante efluente del suroccidente Colombiano del cual se surte de agua potable el 76% de la población de la ciudad de Santiago de Cali, principal centro urbano de esta región del país. Una comparación entre los resultados experimentales obtenidos y los valores máximos permitidos por las normas Europea y de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO 2013) y MERCOSUR (Mercosur 2014), permitió establecer que el contenido de plomo está por debajo de los límites permitidos. En cinco de las muestras recolectadas en la vereda El Paso de la Torre y en una de las muestras de la Comuna 6 (especie *Prochilodus Magdalenae*, bocachico) se hallaron valores de cadmio por encima del límite máximo permitido en la normatividad. Las muestras 1F-B (Comuna 6) y 1,2,5,6 y 7 PLT-C (vereda Paso de la Torre) no cumplen con lo establecido en las normas técnicas. Para mercurio se encontró que las muestras cumplen con las normas, sin embargo las muestras 4 y 6 HB (Corregimiento El Hormiguero), 1,2,3 FB (Comuna 6) presentan valores de contenido de mercurio cercanos al límite máximo permitido. Los resultados del contenido de metales pesados en el pescado permitieron medir los impactos de la contaminación en este tramo del río. Se logró establecer que cada punto río abajo era receptor de una mayor contaminación y a su vez acumulador de la contaminación proveniente del punto anterior. De esta manera se tiene que el corregimiento el Hormiguero situado al sur de la ciudad de Cali presenta menores índices de contaminación mientras la Comuna 6 y la vereda El Paso de la Torre presentan mayores concentraciones de metales pesados en el pescado, este resultado es coherente si se tiene en cuenta que después del Hormiguero se encuentra ubicado el Basuro de Navarro el cual se ha encontrado que desde el año 1998 impacta negativamente el río mediante la descarga de agentes contaminantes, adicionalmente, estudios previos en la ciudad de Cali mostraron una mayor densidad y prevalencia de defectos congénitos mayores en las comunas orientales de la ciudad. Sin bien es cierto que no es posible establecer una relación directa de estos con el consumo de pescado, si es muy probable que esta ruta de exposición sea una de las que aporta a este tipo de enfermedades en el oriente de Cali Ibrahim 1981). Finalmente, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk contrastando las siguientes hipótesis:

H_0 : La variable se distribuye Normal

H_a : La variable no se distribuye Normal

y se determinó que las variables no se distribuyen normal ($p > 0,05$), por lo que, se aplicó la prueba de Mann-Whitney que permito establecer que efectivamente existen diferencias significativas entre los tres puntos muestreados. ($p < 0,05$).

Análisis de valoración del riesgo por ingesta de pescado contaminado

$$I = \frac{C \times IR \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

La sumatoria del riesgo para cada punto y contaminante fue la siguiente: para el corregimiento El Hormiguero, La Comuna 6 y la vereda El Paso de la Torre la sumatoria del valor mínimo del riesgo no cancerígeno fue 9,16E-03, 4,03E-03 y 3,29E-03, mientras el valor máximo fue 1,60E+00*, 1,70E+00*, 5,21E-01 respectivamente.

Para el riesgo cancerígeno se obtuvieron las siguientes sumatorias: para el corregimiento El Hormiguero, la Comuna 6 y la vereda El Paso de la Torre la sumatoria del valor mínimo fue 2,58E-08, 1,17E-08, 1,17E-08, mientras la sumatoria del valor máximo para estos tres puntos fue 5,51E-06, 6,61E-06, 1,68E-06 respectivamente.

Se observa que los valores máximos de riesgo no carcinogénico para el mercurio en las muestras de pescado en el corregimiento El Hormiguero y la Comuna 6 en la ciudad de Cali están por encima del $REN \geq 1$ por lo que se considera que existe un riesgo inaceptable en la salud de la población y se deberán tomar medidas para mitigar este riesgo. El riesgo carcinogénico se encuentra en los rangos permitidos $<10^{-5}$ por lo que se considera tolerable. Estos resultados evidencian la grave problemática ambiental asociada al deterioro de la cuenca del río Cauca y exigen el desarrollo de nuevas y más rigurosas investigaciones que permitan evaluar otros tipos de riesgo asociados a rutas de exposición como el contacto dérmico y la inhalación, al respecto de esta última es importante mencionar que hay estudios que relacionan de forma negativa la exposición al botadero de Navarro con la salud respiratoria de niños entre los 1 y 5 años de edad

Finalmente, se comparó la ingesta directa de contaminantes a través del pescado con la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI), establecida por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, para cadmio, plomo y mercurio en 7, 25 y 5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ peso corporal respectivamente. Según esta norma la ingesta provisional tolerable (PTWI) se expresa semanalmente como índice de toxicidad y es utilizada para definir “la dosis de un producto que puede ser ingerida cada semana por un individuo durante toda su vida sin riesgo para la salud”.

En las zonas evaluadas se encontró según la encuesta poblacional que las mujeres poseen un peso corporal promedio de 62,16 kg y consumen pescado más de una vez a la semana, por lo que los valores de PTWI para mercurio en ocho muestras sobrepasa el límite máximo permisible de ingesta semanal, corroborando de esta manera los resultados obtenidos con la evaluación del riesgo.

CONCLUSIONES

Como conclusión se puede mencionar que existe un riesgo no carcinogénico en la salud de las madres lactantes evaluadas asociado al consumo de pescado del río Cauca contaminado con mercurio, principalmente en el corregimiento El

Hormiguero y la Comuna 6 en la ciudad de Cali, por lo que es necesaria la implementación de medidas correctivas para mitigar el riesgo asociado al consumo.

4.2. Concentraciones De Metales Encontrados En Las Muestras de leches

Resultados de la encuesta poblacional

Las muestras de leche materna en las que se determinó el contenido de los metales cadmio, mercurio y plomo fueron tomadas de madres lactantes entre los 15 y los 29 años de edad, 90% de ellas viven en estrato 1 mientras que el 10% en estrato 2, de acuerdo con la encuesta 50% de las madres se identificó como de raza negra, 10% como indígena, 30% como mestiza y 10% como de raza blanca, 20% de las madres contaba con un nivel educativo de básica primaria, 60% básica secundaria, 10% con un nivel educativo universitario y el 10% restante no contaba con ninguna clase de estudios académicos. De acuerdo con las encuestas el 90% de las madres lactantes no fumaba, mientras que el 100% no estaba expuesta a los metales evaluados por causas ocupacionales. La encuesta mostró que el pescado extraído del río Cauca hacía parte regular de la dieta alimenticia de las mujeres del estudio. Análisis de Contenido de grasa y lactosa en las muestras de leche materna.

Análisis de resultados de concentración de plomo, cadmio y mercurio en leche materna.

En las muestras de leche materna (cuadro 3) se encontró que el 36% contenía alguno de los tres metales analizados, el 4.6% se presentó en la vereda El Paso de la Torre, el 13.64% en el Jarillón de Floralia en la Comuna 6 de Cali y el 18.18% en el corregimiento el Hormiguero. En las muestras de leche materna en las que se encontró concentraciones de mercurio y plomo se tiene que estas están por encima de $1.7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ y $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ los cuales son los límites máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para estos metales. Las concentraciones de plomo y mercurio superan la norma de la OMS, hasta 10 y 30 veces respectivamente. Para el cadmio la Comisión del codex alimentarius de la Unión Europea en la revisión del mes de mayo de 2014 establece un contenido máximo en preparados lácteos para niños lactantes de $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ con lo que se tiene que solo las muestras 9F y 13F tomadas en el Jarillón de Floralia en la comuna 6 de Cali cumplen con el límite máximo establecido en esta norma Europea, las demás muestras sobrepasan este valor.

La concentración de mercurio presenta un incremento gradual desde el corregimiento el Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre siguiendo el curso río abajo del río Cauca, este resultado es congruente con estudios previos (Artunduaga, 2014) realizados en la misma zona del contenido de metales en peces que mostraron que la concentración de este metal aumentaba en el mismo sentido del río desde el corregimiento el Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre.

Aunque no es posible atribuir una causa específica como fuente de contaminación de estos metales la encuesta poblacional permite descartar como fuentes el consumo de cigarrillo y la exposición ocupacional y proponer como una de las fuentes el consumo de pescado del río Cauca. En investigaciones previas (Artunduaga, 2014) se encontró **Concentración promedio en ppb de Pb (plomo), Cd (cadmio) y Hg (mercurio), en las muestras de leche materna.**

Lugar de muestreo	Identificación	Plomo Pb (µg/Kg)	Cadmio Cd (µg/Kg)	Mercurio Hg (µg/Kg)
El Hormiguero	LH-01-004	23,61	6,70	22,22
	LH-01-006	ND<14,10	ND<0,40	16,50
	LH-01-005	ND<14,12	5,86	28,34
	LH-01-008	ND<13,90	26,16	ND<4,89
	LH-01-001	ND<13,87	ND<0,40	ND<4,88
Comuna 6	LF-01-012	ND<14,15	ND<0,40	39,33
	LF-01-009	ND<13,86	ND<0,39	10,88
	LF-01-001	ND<14,14	ND<0,40	11,09
	LF-01-013	ND<14,03	ND<0,40	11,01
	LF-01-003	ND<14,01	ND<0,40	ND<4,92
	LF-01-005	ND<14,18	ND<0,40	ND<4,99
	LF-01-006	ND<14,21	ND<0,40	ND<4,99
	LF-01-007	ND<14,04	ND<0,40	ND<4,93
	LF-01-010	ND<14,14	4,22	ND<4,97
	LF-01-008	ND<13,92	ND<0,40	ND<4,89
	LF-01-004	50,96	ND<0,40	ND<4,88
	LF-01-002	ND<14,14	ND<0,40	ND<4,97
	LF-01-011	ND<12,77	1,40	ND<4,49
Vereda El Paso de la Torre	LSM-01-001	ND<13,91	ND<0,40	54,77
	LPT-01-001	ND<13,86	ND<0,39	6,42
	LSM-01-002	ND<13,89	ND<0,40	8,22
	LSM-01-003	ND<14,01	ND<0,40	ND<4,92

ND= No se Detecta, su concentración estaría por debajo del valor indicado

que los peces extraídos en esta zona del río presentaron contenido de los tres metales llegando incluso a superar los límites establecidos en la normatividad Colombiana y Europea.

En el caso particular del mercurio se ha constatado, que en ciertas poblaciones que basan su alimentación en el consumo de pescado se puede llegar a sobrepasar la ingesta máxima tolerable de mercurio por semana, así, este es absorbido en el tracto gastrointestinal y posteriormente transferido a la sangre de donde pasa a la leche

materna (Mata, L; Sánchez, L; Calvo, 2003), por lo que, la exposición de los niños a metales como el cadmio, el plomo y principalmente el mercurio a través de la leche materna es un problema importante en poblaciones que como la que hizo parte de este estudio y que basan su alimentación en los productos derivados de la pesca.

Las concentraciones de metales pesados halladas en las muestras de leche materna representan un problema para la población infantil que hizo parte de este estudio, ya que se ha documentado que los fetos y los niños, especialmente aquellos en edad de lactancia son los más vulnerables y susceptibles a los efectos de la exposición a metales pesados como el mercurio, el plomo y el cadmio. Esto se debe a que el porcentaje de absorción en ellos es mayor en comparación con la población adulta, lo cual se ha asociado con alteraciones en el desarrollo normal del cerebro, el sistema nervioso, reducciones del cociente de inteligencia (IQ) y malformaciones congénitas.

En este sentido, estudios realizados en la ciudad de Cali demostraron que entre los años 2004 y 2008, se identificaron zonas del oriente de la ciudad de Cali, cercanas al corregimiento el Hormiguero y el Jarillón de la comuna 6 donde se presentó una mayor densidad y prevalencia de casos de defectos congénitos mayores en fetos y recién nacidos, concluyendo que las prevalencias de defectos congénitos relacionados con factores ambientales presentaron prevalencias más altas en comparación con lo reportado en la literatura. Esta conclusión permitiría reforzar la idea que los metales pesados encontrados en las muestras de leche materna asociados a mujeres que consumen pescado del río Cauca representan un riesgo para la salud de los niños lactantes.

Así mismo, en la zona se encontró que ciertos factores como condiciones sociales, económicas y culturales, tales como un bajo nivel de ingresos económicos ó un bajo nivel educativo actúan como determinantes que favorecen la exposición y posterior contaminación por metales como el mercurio, el plomo y el cadmio en la zona. Condiciones de posición socioeconómica desfavorable, limitan el acceso de la población a alimentos de mejor calidad, favorecen el deterioro de los buenos hábitos de vida, limitan el acceso a los servicios de saneamiento básico y generan situaciones de injusticia ambiental que en menor o mayor medida favorecen la exposición de la población a contaminantes ambientales como los metales evaluados en este estudio

Análisis de bioacumulación de plomo, cadmio y mercurio en leche materna según la zona de estudio

Como hipótesis inicial se planteó que cada localidad río abajo desde el corregimiento el Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre, era receptor de una mayor contaminación por metales pesados debido al paso del río por municipios como Cali y Yumbo, esta hipótesis es evidente al evaluar las concentraciones de los metales mercurio y plomo en las muestras de leche materna, estas concentraciones muestran un aumento en el sentido propuesto del río. Con el

cadmio sucede lo contrario ya que su concentración en la leche disminuye desde el corregimiento El Hormiguero hasta la vereda El Paso de la Torre.

En estudios previos realizados en esta misma zona se determinaron las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en peces extraídos del río Cauca los cuales son consumidos regularmente por las mujeres de la zona y que hicieron parte de este estudio. Las concentraciones de mercurio y plomo en peces mostraron este mismo incremento y un riesgo en la salud de estas mujeres lo que permite pensar en una posible correlación entre el consumo de este pescado, el aumento de la contaminación ambiental en cada punto y el contenido de metales encontrado en la leche materna.

Análisis de Resultados de la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI)

En esta etapa de la evaluación del riesgo se comparó la ingesta de contaminantes a través de la leche materna con la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI), la cual fue establecida por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (Comisión del codex alimentarius, 2014), para cadmio, plomo y mercurio en 7, 25 y 0.3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ peso corporal respectivamente.

La ingesta provisional tolerable (PTWI) se expresa semanalmente como índice de toxicidad y es utilizada para definir “la dosis de un producto que puede ser ingerida cada semana por un individuo durante toda su vida sin riesgo para la salud”. El principal mensaje de la PTWI es que no existe un riesgo importante cuando el producto químico se ingiere a niveles similares o inferiores a esta.

En las zonas evaluadas se encontró que los niños lactantes tienen un peso corporal promedio de 5.15 kg para los de dos meses de edad, 7.25kg para los de 6 meses de edad y 9.20kg para los de 12 meses que según la encuesta poblacional consumen leche materna todos los días de la semana, por lo que se valoró la exposición por consumo directo de cadmio, mercurio y plomo comparándolo directamente con la PTWI. El cuadro 3 muestra que los valores de PTWI para mercurio y plomo sobrepasan el límite máximo permisible de ingesta semanal, por lo que existe un potencial riesgo para la salud de la población de niños lactantes entre los 0 y 12 meses de edad del corregimiento del Hormiguero, el Jarillón de la comuna 6 de la ciudad de Cali y la vereda El Paso de la Torre en el municipio de Yumbo. Para el cadmio solo dos de las 5 muestras (9F y 13F) presentaron valores menores a los establecidos por la OMS y la FAO para la PTWI. De acuerdo a lo anterior la exposición por consumo de cadmio, mercurio y plomo a través de la ingesta de leche materna se encuentra en niveles intolerables y es necesario implementar acciones correctivas.

Análisis de resultados de evaluación de riesgo en la salud

La evaluación del riesgo muestra que el riesgo cancerígeno por consumo de leche materna con contenido de cadmio, plomo y mercurio en los bebés de 6 y 12 meses

de edad se encuentran por encima de los límites de riesgo establecidos por la EPA (Riesgo Cancerígeno >10⁻⁵). El mercurio fue el metal que más aportó al cálculo riesgo cancerígeno. El valor de riesgo individual del mercurio presenta un incremento desde el corregimiento El Hormiguero hasta la vereda el Paso de la Torre, lo cual permite pensar en una correlación entre el incremento del riesgo y el aumento de la contaminación en el río a su paso por los municipios de Cali y Yumbo.

Para el riesgo no carcinogénico se observa que los valores máximos para el mercurio en los bebés de 2,6 y 12 meses en el corregimiento El Hormiguero y en el Jarillón de la Comuna 6 en la ciudad de Cali y en la vereda El Paso de la Torre en el municipio de Yumbo están por encima del REN ≥ 1 , por lo que se considera que existe un riesgo potencial inaceptable para la salud de población evaluada en estas zonas y se deberán tomar medidas para mitigarlo.

Como conclusión se puede mencionar que existe un riesgo potencial cancerígeno y no cancerígeno en la salud de los niños lactantes asociado al consumo de leche materna con contenido de plomo, cadmio y mercurio, principalmente en el grupo de edad de los bebés entre 6 a 12 meses, por lo que es necesaria la implementación de medidas correctivas para mitigar el riesgo asociado al consumo de leche materna.

4.3 Contenido de PCBs Y PBDEs en peces y leche materna

La presencia de estos compuestos fue evaluada en los laboratorios de CSIC Barcelona y se adjuntan a continuación. Estos resultados indican que el contenido en las muestras de peces supera el contenido de contaminantes a las de leche materna, pero su evaluación de riesgo no cancerígeno es preocupante en los lactantes menores de 2 años

4.4 Contenido de PCBs y plaguicidas organoclorados

Los resultados y su discusión se registran en el artículo: Semivolatile Organic Compounds (SVOCs) in the atmosphere of Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia along north-south transect using polyurethane foam disk as passive air samplers", en la Atmospheric Pollution Research.