

**RELACIÓN ENTRE LA CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA, LOS PATRONES DE ALIMENTACIÓN Y LOS NIVELES DE
METALES PESADOS**

ROGER ADRIAN FIGUEROA PAZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD-ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**RELACIÓN ENTRE LA CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA, LOS PATRONES DE ALIMENTACIÓN Y LOS NIVELES DE
METALES PESADOS**

ROGER ADRIAN FIGUEROA PAZ
Biólogo

**Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Epidemiología**

Directora del trabajo
Diana María Caicedo Borrero MD. Mepi.
Docente de la Escuela de Salud Pública

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD-ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2013

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	5
LISTA DE ANEXOS	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ACRONIMOS	9
RESUMEN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. ESTADO DEL ARTE	13
3. MARCO TEÓRICO	17
4. OBJETIVOS	20
4.1 Objetivo general	20
4.2 Objetivos específicos	20
5. METODOLOGÍA	20
5.1 Tipo de estudio	20
5.2 Área de estudio	21
5.3 Población y muestra	21
5.4 Definición Operacional de Variables	22
5.5 Recolección de información	25
5.6 Plan de análisis	26
5.7 Consideraciones éticas	28
6. RESULTADOS	29

6.1 Descripción de la población	29
6.2 Variables de exposición	30
6.2.1 Patrones de consumo para alimentos	30
6.2.2 Descripción patrones de consumo para alimentos bioacumuladores	31
6.2.3 Descripción concentraciones de metales pesados	32
6.3 Variables de vulnerabilidad	33
6.3.1 Descripción de variables edad, índice de masa corporal (IMC) y actividades económicas relacionadas con exposición a metales pesados (MP)	33
6.4 Análisis bivariado entre posición socioeconómica, patrones de alimentación y variables de vulnerabilidad	34
6.4.1 Descripción análisis bivariado entre variables de posición socioeconómica y frecuencia de consumo alimentos bioacumuladores	34
6.4.2 Descripción análisis bivariado entre variables de posición socioeconómica y variables de vulnerabilidad	38
6.5 Relación entre la frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores y variables de posición socioeconómicas	39
7. DISCUSIÓN	47
8. BIBLIOGRAFÍA	50

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios... Él todo lo da, a Él todo regresa.

A mi esposa, compañera amorosa e incondicional en esta etapa

A mis padres y hermana; por la formación, apoyo y amor recibido... a mis sobrinitas que, con su imagen inocente y alegre, iluminaron momentos oscuros y difíciles.

A mi tutora Diana Caicedo y a la profesora Olga Lucía Gómez, por su sabia, paciente y diligente orientación.

Al Dr. Fabián Méndez, por la confianza depositada y las enseñanzas impartidas.

A mis compañeros de estudio, que hicieron las duras jornadas más agradables y llevaderas

Al Colegio Berchmans, a la institución y compañeros de trabajo, por permitirme realizar mis estudios de maestría y por compartir conmigo su calidad humana.

A las participantes, investigadores y demás colaboradores del proyecto macro, ya que sin contribución y labor no sería posible este trabajo.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento operativo estándar para muestreo de alimentos en las comunas 13, 14,15 y 21 del oriente de la ciudad de Cali

Anexo 2. Procedimiento operativo estandarizado de la captación y la encuesta sociodemográfica

Anexo 3. Procedimiento operativo estandarizado para antropometría, encuesta alimentaria y frecuencia de consumo de alimentos. Nutrición

Anexo 4. Instrumentos de recolección de información

Anexo 5. Acta de aprobación del comité de ética

Anexo 6. Resultados del análisis de correspondencias múltiples entre la frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores, variables de posición socioeconómicas y variables de vulnerabilidad

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables de posición socioeconómica	22
Tabla 2. Variables de exposición	23
Tabla 3. Variables de vulnerabilidad	25
Tabla 4. Características de posición socioeconómica y de condiciones de vivienda en la población de estudio	29
Tabla 5. Alimentos consumidos semanalmente con mayor frecuencia	30
Tabla 6. Alimentos y preparaciones más frecuentes, consumidos en cada comida	31
Tabla 7. Frecuencia de consumo semanal de alimentos bioacumuladores muestreados y bioacumuladores posibles según literatura en la población de estudio	31
Tabla 8. Frecuencia de consumo según recordatorio 24 horas de alimentos bioacumuladores muestreados y bioacumuladores posibles según literatura por comida del día	32
Tabla 9. Concentraciones para Cd, Pb y Hg en las muestras de alimentos analizadas	33
Tabla 10. Descripción de la distribución de las variables edad, IMC y actividades económicas relacionadas con exposición a MP	34
Tabla 11. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de cárnicos y variables de posición socioeconómica	34
Tabla 12. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de verduras y variables de posición socioeconómica	36
Tabla 13. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de cárnicos y variables de vulnerabilidad.....	37
Tabla 14. Tabla de contingencia entre frecuencia de consumo semanal de verduras y variables de vulnerabilidad	37
Tabla 15. Tabla de contingencia: variables de posición socioeconómica y variables de vulnerabilidad	38
Tabla 16. ACM para variables cercanas a consumo de manteco más de 1 vez por semana	43
Tabla 17. ACM para categorías correlacionadas positivamente con consumo de manteco más de 1 vez por semana.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Determinantes Sociales de la Salud	18
Figura 2. Adaptación del modelo de Determinantes Sociales de la Salud	19
Figura 3. Variables de posición socioeconómicas y consumo de alimentos bioacumuladores	40
Figura 4. Relaciones entre variables del estudio a través de ACM	41
Figura 4a. Relaciones entre variables del estudio a través de ACM aumentada	41
Figura 5. Correlaciones frente al consumo de manteco más de 1 vez por semana	42
Figura 6. Gráfico de ACM para variables cercanas a consumo de manteco más de 1 vez por semana	44
Figura 7. Gráfico de ACM para categorías correlacionadas positivamente con consumo de manteco más de 1 vez por semana	45
Figura 8. Gráfico ACM relación entre frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores y variables de vulnerabilidad	46

LISTA DE ACRONIMOS

MP: Metales Pesados

ACM: Análisis de Correspondencias Múltiples

OMS: Organización Mundial de la Salud

POE: Procedimiento Operativo Estándar

SMMLV: Salario Mínimo Mensual Legal Vigente

Cd: Cadmio

Pb: Plomo

Hg: Mercurio

Zn: Zinc

Cu: Cobre

Ni: Níquel

Cr: Cromo

As: Arsénico

MeHg: Metilmercurio

µg/Kg: microgramo/kilogramo

ug/dl: microgramo/decilitro

hab/viv: habitante por vivienda

IMC: Índice de Masa Corporal

ASTDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry

JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey

GESP: Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional

RELACIÓN ENTRE LA CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA, LOS PATRONES DE ALIMENTACIÓN Y LOS NIVELES DE METALES PESADOS

RESUMEN

Introducción: Mundialmente se observa el aumento de la contaminación en agua y alimentos y el impacto negativo que causa en la salud humana. Los riesgos en la salud por contaminación se originan principalmente por ingesta de agua o alimentos, por presencia de compuestos tóxicos. Estos riesgos dependen de la concentración, la dosis que ingresa al organismo y el tiempo de exposición. Actualmente, la mayor preocupación se centra en posibles efectos a largo plazo de la exposición crónica a sustancias como pesticidas, metales pesados y nitratos, presentes en bajas concentraciones. En relación a los metales, las principales amenazas para la salud están asociadas con la exposición al plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Los efectos adversos por exposición crónica a éstos compuestos han sido ampliamente estudiados por organismos internacionales y pueden involucrar los sistemas neurológico, cognitivo, reproductivo y diferentes tipos de cáncer.

Métodos: Se eligió una zona al suroriente de la ciudad. Se encuestaron 233 mujeres voluntarias en edad fértil, no embarazadas, residentes en el área. Se recolectó información socio-demográfica, antropometría, condiciones de la vivienda, variables de exposición a metales pesados, frecuencia de consumo de alimentos. Para identificar concentraciones de Pb, Cd, y Hg se tomaron muestras de pollo, carne de res, lechuga, repollo, tilapia y manteco. Se realizaron estadísticas descriptivas para determinar frecuencias de consumo de alimentos bioacumuladores y análisis de correspondencias múltiples para establecer patrones entre las variables.

Resultados: Se halló presencia de Cd en tres muestras de manteco en niveles entre los 20 y 80 µg/Kg. El consumo de pescado fue reportado en desayuno (1.1%), almuerzo (11.8) y comida (1.8%). El análisis de correspondencias múltiples, encontró una correspondencia entre el consumo de manteco más de 1 vez por semana con raza negra y consumo de tilapia más de 1 vez por semana. El 43% de las participantes se hallaron en condición de sobrepeso u obesidad. El consumo de vegetales y cárnicos como pollo y res menos de 1 vez por semana fueron relacionados con categorías de posición socioeconómica como estrato 1, escolaridad primaria, ingreso menor a 1 SMMLV, hacinamiento, servicios públicos incompletos y vivienda deteriorada.

Conclusiones: La población de estudio tiene la probabilidad de consumir alimentos contaminados con metales pesados, como el manteco, cuyo consumo está relacionado con un patrón de consumo cultural y que, unido a las características metabólicas de las mujeres y a las condiciones socioeconómicas, hacen que la exposición y la vulnerabilidad a los efectos de este contaminante sea mayor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial se ha observado el aumento de la contaminación de los cuerpos de agua y el impacto negativo que está causando en los ecosistemas y en el ser humano, con cerca de un cuarto de la población mundial viviendo en áreas donde la contaminación ambiental alcanza niveles que pueden causar efectos negativos en la salud (1). Los riesgos para la salud humana por contaminación se originan principalmente por ingesta de agua o alimentos, ya sea por agentes patógenos o por compuestos tóxicos contenidos o transportados por estos medios (2)(3)

Los riesgos que estos contaminantes representan para la salud humana y el medio ambiente dependen de la concentración, la dosis que ingresa al organismo y el tiempo de exposición a los mismos. Actualmente, la mayor preocupación se ha centrado en los posibles efectos a largo plazo de la exposición crónica a sustancias presentes en bajas concentraciones en el agua potable (2)(4) y en los alimentos (5) y en los compuestos químicos, en los cuales se ha reconocido el riesgo para la salud de la presencia de algunos contaminantes como los subproductos de la desinfección, pesticidas, metales pesados y los nitratos.

En cuanto a los metales pesados, las principales amenazas para la salud humana están asociadas con la exposición al plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Los efectos adversos de éstos compuestos han sido ampliamente estudiados por organismos internacionales como la OMS y la ASTDR, pueden involucrar los sistemas neurológico, cognitivo o reproductivo y hasta diferentes tipos de cáncer (6).

Los problemas en salud por factores ambientales, son agravados por las desigualdades socioeconómicas, la distribución inequitativa de los riesgos ambientales y pertenecer a grupos vulnerables como niños, ancianos y mujeres embarazadas (7). En este aspecto, las investigaciones han mostrado que la exposición a metales pesados puede presentar diferencias en la cinética de absorción y la susceptibilidad con respecto al género o la edad, por lo que las mujeres en edad fértil, los niños y ancianos (2)(4)(5)(8) generalmente hacen parte de los grupos de la población en estudio, siendo el principal grupo estudiado la mujer en edad fértil, debido a condiciones específicas como los cambios hormonales producidos por la menarca, gestación o menopausia y a la mayor cantidad de grasa relativa, que permite la acumulación constante de químicos lipofílicos. En este sentido, el índice de masa corporal (IMC), se constituye en un factor influyente en la carga de estos metales en el cuerpo (9). Adicionalmente, los contaminantes acumulados pueden transmitirse vía placentaria madre - hijo, en caso de embarazo (10), estableciendo un riesgo adicional, ya que el embarazo es uno de los períodos de mayor movilización de compuestos grasos en el cuerpo de la mujer (11).

Teniendo en cuenta que las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos y contaminan las aguas y que la práctica del riego de cultivos con estas aguas contaminadas es una actividad difundida por todo el mundo, dadas sus ventajas económicas, se tiene como resultado la acumulación de niveles tóxicos de metales pesados en la superficie de los suelos. Cuando la capacidad del suelo de retener estos metales se disminuye debido a la descarga continua de aguas residuales o no tratadas, los metales pesados se transforman en lixiviados o quedan disponibles para su absorción por parte de las plantas. Si los metales en exceso son derivados de fuentes antropogénicas, pueden afectar de manera importante la especiación vegetal y la biodisponibilidad de estos metales (12)(13), convirtiéndolos en potencialmente tóxicos para los cultivos y quienes los consumen (14), especialmente los humanos que derivan de los vegetales una parte importante de carbohidratos, proteínas así como vitaminas, minerales y oligoelementos; llegando a desencadenar serios

problemas de salud como resultado de una acumulación excesiva de metales pesados en la dieta tales como cadmio, cromo y plomo (15). Sin embargo, no solo el agua residual está contaminada; también en India se ha reportado evidencia de una relación entre el agua subterránea contaminada con arsénico y las enfermedades en nueve distritos de este país; considerando que el agua subterránea es la fuente principal para beber, cocinar y otras actividades domésticas en estos distritos, al igual que para su sistema agrícola (16). Cabe recordar que el arsénico está asociado a una mayor probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón y de vejiga(17), al igual de que esta asociado con diabetes e hipertensión (18)

En esta línea, es importante considerar que algunos alimentos pueden lucir saludables y crecer adecuadamente a pesar de acumulación metales pesados en concentraciones que exceden los niveles considerados seguros para el consumo humano (19). Es así como en Tanzania se han encontrado altos niveles de plomo para espinaca, lechuga y frijol y de cadmio para estos dos últimos (20). En Turquía, en un estudio sobre suelo volcánico y su relación con cáncer, se detectaron seis metales (cobalto, cadmio, plomo, manganeso, níquel y cobre) en niveles significativamente más altos en frutas y vegetales, mientras el zinc conservo su nivel normal (21).

Así mismo, se ha estudiado la presencia de metales pesados en los peces, ya que son excelentes indicadores de contaminación por su capacidad de bio-acumulación y bio-magnificación(22)(23)(24). Su efecto en la cadena alimenticia considera dos factores importantes: primero, el grado de contaminación de sus propios suministros alimenticios y la reducción de la diversidad de especies. esta última condición tiene que ver con el efecto de la contaminación por metales de eliminar a las especies susceptibles; de esta manera se le da paso a las especies más tolerantes, las cadenas alimenticias se acortan y los consumidores de pescado se ven forzados a consumir cada vez más de unas pocas o de una sola especie de peces, en este caso, resistente a los metales pesados (25)

En Colombia, los estudios realizados para determinar las concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la región de la Mojana y zona del nordeste antioqueño (valores superiores a la norma de 0,5 µg/g de mercurio) (26)(27). En Santa Marta, se registraron concentraciones diferentes, dependiendo del momento del año, de metales como Zn, Cu y Cd en tejidos del pez *Ariopsis bonillai* (28). En Córdoba, mediciones en carne de bovinos, registraron rangos de Hg, Cu, Cd y Pb por debajo de los parámetros de la Comisión Europea y la Norma Oficial Mexicana. Para Cu, el 4% de las muestras se encontraron niveles no permisibles para consumo humano (29).

Respecto a cereales y leguminosas, en un estudio preliminar realizado en Bogotá y Manizales sobre medición de niveles de cadmio en arroz, frijol y lenteja, se encontró que el 100% de las muestras de frijol sobrepasaron la recomendación CODEX de 0.1 mg/kg de alimento en base seca, mientras que el 83.3% de las de frijol y el 31.25% de las de arroz superan la dosis máxima semanal tolerable provisional del JECFA, de 7 µg/kg de masa corporal, para una porción típica de 50 g y un peso corporal de 12 kg, correspondiente a infantes de 3 a 4 años de edad (30)

A nivel fluvial, el Río Cauca es el receptor de la contaminación de las aguas residuales municipales de las ciudades y de diversos procesos industriales que se encuentran a su paso como minería, papeleras, fabricación de productos químicos y productos alimenticios (31). A su paso por Cali, al sur-orienté, en una zona caracterizada por el bajo nivel socioeconómico, alta densidad poblacional y cercana al recientemente clausurado vertedero municipal de residuos sólidos, debido a una elevada e incrementada ocurrencia de eventos de salud, como anomalías congénitas y problemas de salud en la población infantil de tipo agudo y sub-agudo, se realizaron investigaciones epidemiológicas, que han señalado a la contaminación ambiental como uno de los factores asociados. En estos estudios se observaron la presencia de metales (Cadmio, Plomo y Mercurio) y plaguicidas (Diuron y 2,4-D) en el río y metales pesados en el agua potable derivada del río y en los peces provenientes del mismo río consumidos por la población (32)

Existe abundante evidencia de que los verdaderos motores de las inequidades en salud residen en los entornos sociales, económicos y políticos (33). Un ambiente socioeconómico adecuado, se vería reflejado, por ejemplo, en un ingreso que permita acceder a recursos materiales de mejor calidad tales como la comida (34). Con relación a los metales pesados, los estudios muestran que el estado socioeconómico es muy desfavorable a los hábitos alimenticios (35). Por ejemplo, muchas poblaciones expuestas al plomo, también presentan el riesgo de deficiencias nutricionales (36); como consecuencia de esto, la forma en que viven los niños de escasos recursos, podría promover la sustitución metabólica de los elementos esenciales, como el calcio, por contaminantes como el plomo y el cadmio (37). Pero, a su vez, algunas evidencias indican la eficacia de suplementación con calcio para disminuir los niveles de plomo en sangre en mujeres adultas (38) y adicionalmente de hierro y zinc, en niños (39)(40)

De igual forma, la evidencia acumulada, sugiere que el estado nutricional de una población, los nutrientes y los tóxicos ambientales están interconectados, pero la extensión y complejidad de esas interacciones no han sido completamente investigadas. Sin embargo, se sabe que los individuos desnutridos, especialmente mujeres en edad reproductiva y niños pequeños, pueden ser más vulnerables a efectos adversos en salud por exposición a químicos. Con esta doble carga de deficiencias nutricionales y exposición ambiental, una parte importante de los niños del mundo nunca podrán ejercer su derecho a un desarrollo y salud óptimos; (36) tanto así, que esta relación se puede constituir en una moderna y “silenciosa pandemia” (41). En términos económicos, la interacción de las exposiciones químicas con la mala nutrición, puede generar un alto costo para la salud y el bienestar de los individuos y comunidades de escasos recursos, que tienen menor capacidad de hacer frente a estos gastos (36)

A pesar de estos estudios, la relación entre metales pesados, patrones de alimentación y condición socioeconómica aun no es clara, por lo que se hacen necesarios nuevos modelos para estudiar limitaciones y confusores que aún permanecen (42)

Para determinar la relación entre los patrones de alimentación y de exposición en la población de interés, es necesaria información sobre las características socioeconómicas, describir las concentraciones de metales en alimentos y en agua e identificar patrones de alimentación y de exposición. Con el fin de responder a esta necesidad, en el marco de la investigación “Evaluación del riesgo por exposición a contaminantes en agua y alimentos en un sector de la ciudad de Cali”, este proyecto propuso realizar una determinación de los patrones de alimentación y de exposición a metales pesados según posición socioeconómica en un sector de Cali, el cual dará continuidad a la línea de investigación y brindará herramientas a los tomadores de decisiones para la formulación de acciones que mitiguen esos efectos.

2. ESTADO DEL ARTE

La exposición ambiental crónica a agentes contaminantes en bajas concentraciones tales como metales pesados, nitratos y pesticidas, ha sido vinculada con problemas de salud. En relación a metales pesados, los mayores peligros se han asociado con la exposición a plomo, cadmio, mercurio y arsénico, siendo sus efectos en la salud humana largamente documentados por agencias mundiales como la ASTDR y la OMS (6). Los problemas en salud generados por estos factores están determinados por la concentración y el tiempo de exposición, y son agravados por las desigualdades socioeconómicas, la distribución inequitativa de los riesgos ambientales y pertenecer a grupos vulnerables (7)

La ingesta es una de las principales vías de exposición a estos contaminantes, donde el nivel de riesgo para la salud humana depende de la concentración y el tiempo de exposición a los mismos. Por ingesta, la exposición a

metales y agroquímicos puede darse por el consumo de agua (2)(4) o de determinados grupos de alimentos como frutas, vegetales y peces (5), que por su capacidad de bioacumulación, han sido identificados como fuentes de exposición(22)(24). Las frutas y vegetales pueden tener contacto con los micro-contaminantes por el agua utilizada para riego(16), el uso de agroquímicos y por el contenido de los mismos en el suelo(20), mientras que los peces y la comida de mar pueden absorberlos filtrándolos del medio para su alimentación.

En cuanto a metales, las investigaciones a nivel internacional ya han mostrado la presencia de estos contaminantes por encima de los límites recomendados por la OMS. Por ejemplo, estudios realizados en Europa desde los 90's, muestran en agua de consumo, niveles contaminantes de Pb, Ni, Cr y Cd asociados con efectos adversos en la salud (43)(44). En Latinoamérica, se han encontrado en el agua potable de algunas ciudades de México, alta frecuencia en la presencia de Pb, As y Hg (4) y en la cuenca amazónica se ha encontrado niveles contaminantes de Hg en el río Amazonas y en los peces consumidos por la población y que señalan la necesidad de estudios interdisciplinarios sobre los efectos para la salud humana por esta exposición (45)

Sin embargo, también hay evidencia de que aun en fuentes de agua con niveles de metales pesados dentro de los rangos considerados como no peligrosos por las normas internacionales, se han encontrado componentes de estos sistemas acuáticos tanto bióticos como abióticos, con niveles más altos que los contenidos en agua e incluso que están por encima de los permitidos por la legislación. Por ejemplo, en lago Pulicat en India, los niveles en agua de cromo, cadmio y plomo estuvieron dentro de los permitidos, pero fueron mayores en sedimentos y en algas de la especie *Ulva lactuca* (46), mientras que en un río de Nigeria, los bígaros acumularon más MP que los sedimentos y estos a su vez, que el agua; aunque los niveles registrados en los bígaros no superaron los límites recomendados para el consumo humano (47). De igual forma, en otro lago esta vez en Turquía, un estudio reportó concentraciones de Cd, Cr, Pb y Ni por debajo de los límites establecidos por varios estándares internacionales. No obstante, estos niveles superaron los tolerables, en el análisis realizado a peces de la especie *Cyprinus carpio*, conocido como carpa común (48).

En Colombia, las corporaciones autónomas regionales y estudios locales han señalado la contaminación por metales pesados en ríos importantes como el río Magdalena que ha sido estudiado desde los años 80's (26), en el río Bogotá en la zona centro que posee múltiples focos de contaminación (49), la Gran Ciénaga (principalmente Hg) y el Río Sinú, al noroeste (50)(51) y el río Cauca al sur-occidente del país (32).

En éste último estudio, se realizaron 10 muestreos mensuales en 4 puntos en el río Cauca y 5 muestreos mensuales en 3 puntos de la red de agua potable abastecida del mismo río, donde se midieron Cadmio, Plomo, mercurio y arsénico; en los resultados se observó un mayor porcentaje de muestras con presencia de plomo (42.5% en muestras de río y 21.4%, en agua potable), seguido de cadmio (27.5% en el río y 7.1% en agua potable) y mercurio y (7.5% en el río y 14.3% en agua potable). Adicionalmente en esta investigación realizaron muestreos en peces del río Cauca consumidos por la población y se encontró presencia de los mismos metales entre 6.1% y 16.3% de las muestras de 2 de las 3 especies recolectadas. Estos resultados mostraron de manera exploratoria un potencial riesgo en ingesta de agua de consumo y de peces del río Cauca debido a metales (32).

De igual manera, en un estudio entre 2009-2011, en un área urbana de Cali, se encontró presencia de Pb y Cd en agua y alimentos, en especial en pescado. Los metales se midieron en el agua potable en 11 muestras mensuales de 6 puntos en el área de estudio, detectándose en cerca del 90% de las muestras presencia estos metales. En 3 meses del muestreo cerca de 50% presentaron niveles de Pb cercanos o superiores al límite recomendado, y en uno el 50% de las muestras presentaron niveles de Cd cercanos al límite superior recomendado por la OMS. En alimentos, las muestras fueron recolectadas de los alimentos con potencial bio-acumulador, consumidos con una frecuencia de al menos 1 vez por semana. El 37.0% de las muestras tuvieron presencia de Pb y el 22.1% de Cd, entre las muestras con presencia de metales, el 31.6% y el 85.3%

respectivamente excedieron los límites recomendados por la FAO. La mayor frecuencia de presencia de Pb pescado (21.1%) y Cd (32.4%) fue en pescado respectivamente (52).

En datos publicados por la FDA sobre niveles de mercurio en peces comerciales y mariscos entre 1990 y 2010, el tiburón, pez espada, caballa gigante y el blanquillo se encontraron como los peces con mayores niveles de Metilmercurio (MeHg), mientras que los camarones, salmón, abadejo y bagre reportaban los niveles más bajos (53)

En alimentos, una vez estén presentes los metales, su concentración es raramente modificada por la cocción (54). Se ha estudiado la presencia de metales principalmente en pescado, ya que son excelentes indicadores de contaminación por metales pesados por su capacidad de bio-acumulación y bio-magnificación. Se ha reportado en peces y comida de mar, la presencia de Pb, Cd, As y Hg con valores cercanos o por encima de los límites recomendados en Eslovaquia, Croacia, Cataluña y la costa española y New Jersey en Estados Unidos, y altos niveles de Cd en peces del mar mediterráneo y Egipto (55) y a altas concentraciones de Hg en peces de uno de los ríos de esta región (56).

No solo en peces se tiene evidencia de presencia de metales pesados (MP). Hay estudios en diferentes regiones que indican la existencia de cultivos contaminados con estos metales. Por ejemplo, en Bangladesh y en Turquía los vegetales presentaron altos niveles de cadmio y arsénico;(57) y de cobalto, cadmio plomo, manganeso, níquel y cobre(21), respectivamente. Es importante destacar que la fuente de contaminación en el primer estudio es el agua de pozos subterráneos usada para riego y que también bioacumula el arroz, mientras que en el segundo las muestras provienen de un suelo de tipo volcánico en el que las frutas también registraron altos de niveles de MP. Asimismo, en Zimbabwe, cultivos de maíz y mostaza mostraron los más altos niveles de cadmio cobre, plomo y zinc dentro de los cultivos de consumo básico (19) y en Tanzania, altos niveles de cadmio se hallaron en espinaca, lechuga y caupí, una especie de frijol (20)

En Colombia, en el 13.5% de especies analizadas en un estudio, se hallaron valores de mercurio superiores al límite para consumo humano en peces, la gran mayoría carnívoros (27). Respecto a cereales y leguminosas, en un estudio preliminar realizado en Bogotá y Manizales sobre medición de niveles de cadmio en arroz, frijol y lenteja, se encontró que el 100% de las muestras de frijol sobrepasaron la recomendación CODEX de 0.1 mg/kg de alimento en base seca, mientras que el 83.3% de las de frijol y el 31.25% de las de arroz superan la dosis máxima semanal tolerable provisional del JECFA, de 7 µg/kg de masa corporal, para una porción típica de 50 g y un peso corporal de 12 kg, correspondiente a infantes de 3 a 4 años de edad (30)

La disponibilidad de contaminantes peligrosos en el medio ambiente aumenta constantemente las concentraciones de metales, contaminando así el suministro de alimentos. Aproximadamente, un tercio de la ingesta dietética de cadmio se atribuye a la ingestión de productos de origen animal, mientras que los vegetales proporcionan los restantes 2/3. Los mariscos y los riñones de animales pueden acumular cantidades significativas de cadmio de su entorno. Respecto al plomo, se estima que aproximadamente la mitad de la ingesta humana es a través de los alimentos, la mitad proveniente de las plantas. El contenido de plomo en productos alimenticios de vegetales es más alto que en los productos alimenticios procedentes de animales. En las regiones donde aún se utilizan tuberías de plomo, las concentraciones de plomo en el agua potable aumentan significativamente la ingesta de plomo a través de bebidas y alimentos cocidos en agua (58).

El nivel de mercurio en los alimentos refleja el nivel de contaminación del medio ambiente local. Las plantas absorben sólo cantidades limitadas de mercurio a través de sus raíces, incluso en suelos altamente contaminados. El hígado y los riñones de animales de reserva, el pescado y los mariscos tienden a concentrar el mercurio ambiental. Los organismos marinos poseen una notable capacidad para convertir el mercurio

inorgánico en compuestos orgánicos (MeHg), haciendo así el mercurio más fácilmente transferibles a través de la cadena alimenticia. Tiburón, atún y otras especies de grandes depredadores tienden a la bioacumulación de mercurio y puede contener concentraciones muy elevadas de elemento. El consumo de peces y otros animales acuáticos es la principal fuente de mercurio en el ser humano (58).

Dentro de los estudios que asocian la exposición a metales y efectos en la salud, se ha encontrado que en Europa desde la década de los 90s, asociaciones de MeHg por amalgamas y consumo de peces con efectos nocivos cardiovasculares, en el sistema nervioso central y riñones (43), en Francia, mostraron asociación entre consumo de comida de mar y niveles en sangre de MeHg, donde el 33% excedieron los límites recomendables (59). En América, en Florida por medio de una cohorte, encontraron asociación entre consumo de pescado y niveles de Hg en mujeres, que en varios casos sobrepasaron los límites establecidos por NHANES (60).

En alimentos, se han encontrado asociaciones adversas por ingesta de peces con metales. Dos grandes estudios epidemiológicos investigaron encontraron asociación entre la exposición materna al mercurio y el deterioro del desarrollo neurológico en sus hijos en dos regiones donde el consumo de pescados y mariscos es alto. Otros estudios también han asociado los metales Cd, Pb y As a serios efectos en la salud por exposición en consumo de pescado con altas concentraciones de alguno de estos metales (55). Otro efecto que se ha observado, es que la forma en que viven los niños de escasos recursos podría promover la sustitución metabólica de los elementos esenciales, como el calcio, por contaminantes como el plomo y el cadmio (37)

En Córdoba (Colombia), mediciones en carne de bovinos, registraron rangos de Hg, Cu, Cd y Pb por debajo de los parámetros de la Comisión Europea y la Norma Oficial Mexicana. Aunque en el 4% de las muestras se encontraron niveles de Cu no permisibles para consumo humano y que los niveles de mercurio se hallaron en los límites permisibles, la evaluación del riesgo basado en el índice de peligrosidad, sugiere que el consumo diario de 100 gramos de productos cárnicos con niveles de 0.08 ppm, podría incrementar el riesgo de envenenamiento a una persona de 70Kg (29)

Otros estudios realizados entre el 2007 y 2009 de factores asociados a malformaciones congénitas en el sur-oriente de Cali, debido al clúster de sirenomelia y ciclopía presentado en la ciudad, se midieron plomo, cadmio y mercurio, en agua del río Cauca, en peces y en agua potable que se abastece del mismo río. En este estudio hubo presencia de éstos metales en el agua del río, en agua potable y en varias muestras de peces, sin embargo la asociación directa con el evento estudiado no fue concluyente (32). Al realizar el análisis de agregación a nivel de Valle del Cauca de las anomalías congénitas presentadas, se observó una relación espacial debido principalmente a la inequidad ambiental presentada, con estar cerca al río Cauca y en Cali con la cercanía al río Cauca y al vertedero de residuos sólidos municipales, que exponen a mujeres susceptibles en edad fértil a factores ambientales con efectos adversos en los lugares que habitan (61).

Entre 2009-2011 se halló presencia de contaminantes (Pb y Cd) al inicio de la gestación en cerca del 70% de las mujeres de la zona suroriental de la ciudad de Cali. Menos del 5% de la población a estudio se encontró expuesta a niveles de $Pb \geq 5\mu g/dl$, considerados de riesgo para la salud perinatal. Entre el 12 y 17% de la población a estudio presentó niveles de Cd iguales o por encima del límite superior ($\geq 1\mu g/l$) del valor de referencia para la población general (52)

Ahora, en relación a una posible asociación entre el consumo de alimentos contaminados con metales pesados y la condición socioeconómica de la población, se encuentra poca literatura al respecto. Una investigación en Italia señala varios estudios que reportan asociación entre variables de privación y posibles factores de riesgo a cáncer como los hábitos alimenticios, en relación a las fuentes industriales de polución del aire, fuentes por si mismas de metales pesados que con frecuencia, están localizadas cerca de barrios de bajo estrato (62). En

Taiwán, se encontró una asociación geográfica y estadística entre las concentraciones de arsénico y níquel en los suelos agrícolas y la incidencia de cáncer oral, en donde la ingesta de vegetales y frutas con altos contenidos de metales pesados se proponen como posibles rutas de exposición y como factor de alto riesgo al desarrollo de cáncer (63). Un estudio realizado en la zona minera de mercurio de Wanshan, en la provincia de Guizhou en China, demostró que el arroz de esa región contenía niveles elevados de mercurio total y mercurio metilado siendo este un alimento básico en la dieta de la población (64). En Nepal, no se encontró asociación entre los niveles de Pb, Zn, Se, and Cu en sangre de cordón umbilical y el estatus socioeconómico; sin embargo, no se midieron variables como la fuente de agua y la ingesta de alimentos (65). Sin embargo, en un estudio realizado en Canadá para examinar las características sociodemográficas de la comunidad Inuit (esquimales) asociadas con el consumo de comida tradicional y su asociación con exposición a mercurio y policlorobifenilos, se encontraron importantes hallazgos, tales como la asociación del consumo de pescado con una condición socioeconómica baja, incluso con el nivel de educación. En contraste, el consumo de carne de beluga y de grasa de piel de ballena no está relacionado con las circunstancias socioeconómicas, sugiriendo que el consumo de estos alimentos es valorado en todos los estratos. Por otro lado, el consumo de carne de foca está asociado con contextos socioeconómicos bajos, aunque en menor grado que el pescado (66).

En Cali (Colombia), las concentraciones de Pb se asociaron a variables sociodemográficas que se relacionan con condiciones de exposición diferencial, representados en un incremento de las concentraciones en las semanas 11-13 de la gestación en mujeres con niveles bajos de educación, de raza negra y de estrato socioeconómico bajo. Por otro lado, las concentraciones de Cd se asociaron a variables sociodemográficas, representados en un incremento de las concentraciones en el tercer trimestre, residentes en viviendas compartidas en estrato 1, y una oportunidad de tener niveles en sangre $\geq 5\mu\text{g/dl}$ en las semanas 11-13 de la gestación en mujeres no afiliadas al sistema de salud y a mujeres con viviendas de estrato 1 y a residentes fuera de la zona de estudio en el tercer trimestre (52).

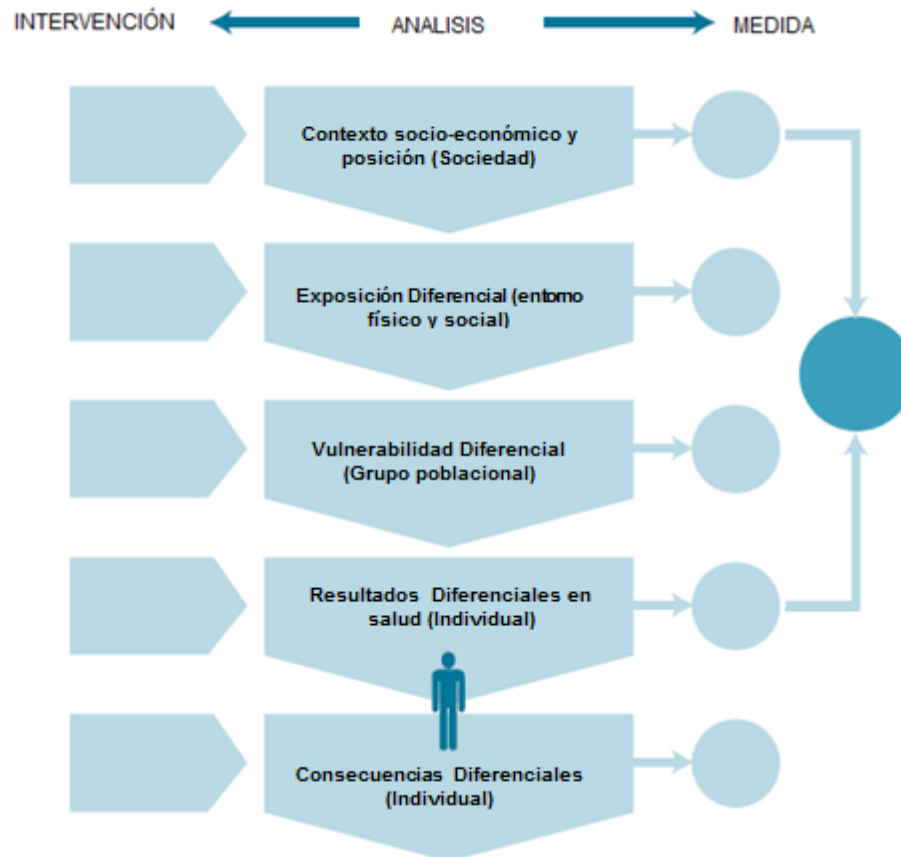
Según la literatura, ya existe evidencia de la contaminación en las fuentes hídricas y de los alimentos por metales pesados y plaguicidas, en niveles que pueden llegar a comprometer la salud de la población. En el Valle del Cauca y específicamente en Cali, la presencia de metales pesados y plaguicidas que en determinados momentos han sobrepasado los límites recomendables por la WHO o la FAO, indican un riesgo potencial para la presencia de enfermedades cancerígenas o no cancerígenas en la población y que existe por lo tanto la necesidad de realizar investigaciones que evalúen el riesgo para la salud humana tanto en agua como alimentos. Con el fin de aportar información en este aspecto, este proyecto de investigación propuso realizar una determinación de los patrones de alimentación y de exposición a metales pesados teniendo en cuenta el determinante socioeconómico.

3. MARCO TEÓRICO

La dinámica de los efectos en la salud debidos a la contaminación por metales pesados es compleja; las personas pueden estar expuestas a agentes biológicos, físicos y químicos potencialmente nocivos a través de un amplio rango de procesos y vías que incluyen el aire, aguas superficiales y el suelo (5). Además, estos efectos son acrecentados por las inequidades en salud, las cuales están relacionadas de manera significativa con los entornos sociales, económicos y políticos de la población (33). Por este motivo, el marco de referencia que se utilizará en el presente trabajo será el Modelo de Determinantes Sociales de la Salud de la OMS, que abarca tres dimensiones y cinco niveles de análisis. Las dimensiones son: analizar, intervenir y medir. En cuanto a los niveles, el primero está relacionado con la estructura de la sociedad, el segundo nivel con el ambiente denominado exposición diferencial, nivel en el cual nos ubicaremos para realizar el análisis de la investigación, así como en el

nivel de vulnerabilidad diferencial. Los dos restantes tienen que ver con el individuo (33). Brevemente se describen a continuación:

Figura 1. Modelo de Determinantes Sociales de la Salud (33)

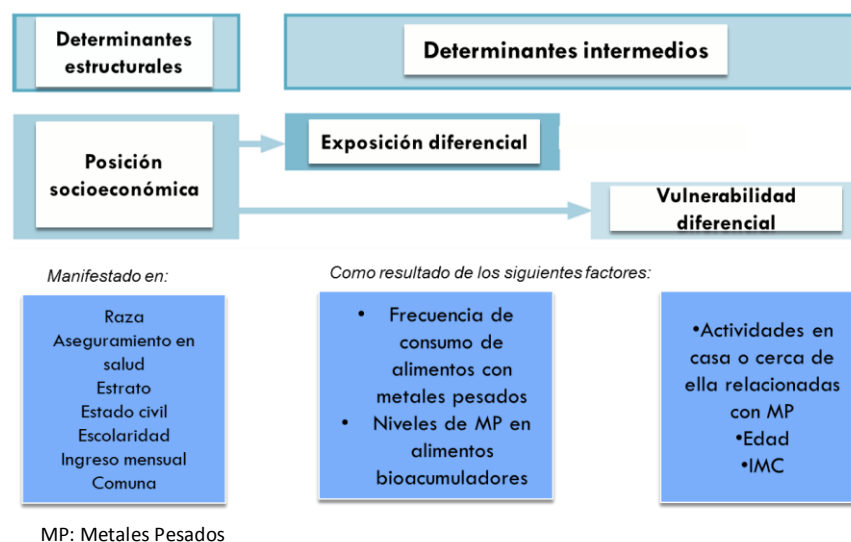


- Posición y contexto socioeconómico: la posición social ejerce una fuerte influencia en la capacidad, calidad y distribución de la salud en las sociedades; en este caso, puede influir en la seguridad alimentaria, más específicamente, en los patrones de alimentación. El control del poder y los recursos genera escalas en el accionar de las instituciones y distorsiona las fuerzas políticas y de mercado. Si bien la estratificación social se asocia como un asunto de otros sectores políticos, entender y direccionar esta estratificación es crítico para reducir las inequidades en salud. Entre los factores que definen la posición se incluyen: la clase social, el género, la raza, la educación, la ocupación, el ingreso (33).
- Exposición diferencial: Existe una relación inversa entre la exposición a la mayoría de los riesgos (material, psicosocial y conductuales) y la posición social. Numerosos programas de salud no tienen en cuenta la posición socioeconómica en el desarrollo de estrategias de reducción del riesgo, aun cuando esta diferenciación clarificaría cuales factores de riesgo son determinantes para cada grupo y si estos coinciden con los reportados para la población general. Es menester entender las “causa detrás de las causas” para actuar adecuadamente en pro de la equidad en salud. Hay evidencia de que las personas en posiciones desventajosas son sujetos de exposiciones diferenciales a un número de riesgos, por ejemplo, contaminación por metales pesados, crisis naturales o antropogénicas, viviendas insalubres,

condiciones laborales, baja disponibilidad y calidad de alimentos; también incluye las barreras para adoptar comportamientos saludables (33).

- **Vulnerabilidad diferencial:** un mismo nivel de exposición puede tener efectos disímiles en grupos socioeconómicos diferentes, dependiendo de su contexto social, cultural y económico así como de factores acumulados en el transcurso de la vida. La agrupación de algunos de estos factores de riesgo en ciertos grupos poblacionales, por ejemplo, la exclusión social, bajo ingreso, abuso de alcohol, viviendas estrechas y pobre acceso a los servicios de salud, pueden llegar a ser tan importantes como la exposición en sí misma. En nuestro caso particular, las deficiencias en la calidad de la dieta también pueden aumentar la vulnerabilidad (33)
- **Resultados diferenciales del cuidado en salud:** la equidad en este sentido consiste en que todas las personas, ante la necesidad de un cuidado en salud, lo reciban en forma favorable, independientemente de su condición social. Se esperaría como resultado de este actuar ideal, la reducción de todas las brechas en los resultados sanitarios entre los diferentes grupos socioeconómicos. El efecto en los tres niveles superiores se puede ver magnificado por la prestación inapropiada e ineficiente de servicios de salud (33)
- **Consecuencias diferenciales:** una salud deteriorada genera consecuencias socioeconómicas. Las personas enfermas frecuentemente enfrentan cargas extras (pérdida de ingresos, pérdida de habilidad para trabajar y exclusión social) que las hacen menos capaces de pagar la atención médica, los medicamentos y de reincorporarse a la actividad socioeconómica. Sin embargo, estas consecuencias son más graves para unos que para otros. Por ejemplo, las poblaciones favorecidas esta mejor protegidas en términos de seguridad laboral y en salud, mientras que los menos favorecidos, estar enfermo podría provocar una degradación socioeconómica, limitando con la pobreza y acelerando una espiral descendente que perjudicaría su salud (33).

Figura 2. Adaptación del modelo de Determinantes Sociales de la Salud (33)



Entre las inequidades en salud, la inseguridad alimentaria constituye un gran problema de salud pública. Sus implicaciones a nivel nacional van desde un bajo ingreso, problemas en las rutas de transporte hasta la contaminación ambiental. A nivel poblacional, los efectos de la degradación ambiental se ven modulados por las características de posición socioeconómica, la calidad del alimento, los patrones de consumo de los mismos, las actividades humanas generadoras de contaminación, en este caso, por metales pesados, así como por condiciones como la edad y el sobrepeso. Esta investigación incluyó los tres componentes iniciales del modelo (posición y contexto socioeconómico, exposición diferencial y vulnerabilidad diferencial) para evaluar su relación, de la siguiente manera: Las variables de posición socioeconómica se relacionan con una exposición diferencial a metales pesados en cuanto que la exposición varía acorde a los patrones de alimentación de la población, es decir, la frecuencia de consumo de alimentos con presencia de estos metales, así como por la concentración del contaminante presente en el alimento. Así mismo, estas condiciones socioeconómicas pueden aumentar la vulnerabilidad de la población ante la exposición a metales pesados a través de condiciones demográficas como la edad, cuya relación es inversamente proporcional a la capacidad de resiliencia ante las presiones socioeconómicas; características individuales expresadas en variables como el IMC, indicativo de tejido adiposo en que se acumulan los metales pesados provenientes de alimentos a bajo precio y dudosa calidad, y determinantes urbanísticos como la presencia de actividades comerciales relacionadas con la exposición a metales pesados, cuyo origen y distribución se relacionan con procesos de inequidad social.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la condición socioeconómica, los patrones de alimentación y los niveles de metales pesados en el distrito de Aguablanca

4.2 Objetivos específicos

- Describir las características de posición socioeconómica de una población de mujeres en edad fértil del distrito de Aguablanca
- Describir patrones de alimentación en una población de mujeres en edad fértil del distrito de Aguablanca
- Describir las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio en algunos alimentos bioacumuladores y en el agua de consumo.
- Determinar los patrones de alimentación y de exposición a metales pesados en una población de mujeres en edad fértil según posición socioeconómica.

5. METODOLOGIA

5.1 Tipo de estudio:

Basado en una investigación macro ya realizada denominada “Evaluación del riesgo por exposición a contaminantes en agua y alimentos en un sector de la ciudad de Cali”, se utilizaron las bases de datos de este estudio para realizar un estudio transversal descriptivo en un sector de la ciudad, que permitió caracterizar el estado de salud de la población entre abril de 2012 y junio de 2013, para tres dimensiones en particular: la

condición socioeconómica, los patrones de consumo alimenticio y las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo a las que se expuso la población de estudio.

5.2 Área de estudio

Se seleccionó como área de estudio el sector del Distrito Agua Blanca de la ciudad de Cali, área de estudio de la investigación macro, donde también se realizaron investigaciones previas relacionadas con condiciones ambientales de riesgo como los proyectos de "Factores ambientales relacionados con malformaciones congénitas" y "Exposición a plomo y cadmio y relación con bajo peso al nacer en una cohorte de mujeres embarazadas", que mostraron presencia de herbicidas y metales en el río Cauca que se encuentra cercano al sector, y de metales en la red de distribución de agua potable y en alimentos consumidos en el sector.

Este sector está ubicado al sur-oriente de la ciudad de Cali e incluye las Comunas 13, 14, 15 y 21, que suman el 27% de la población urbana de la ciudad. La población estimada es de 602,401 habitantes (51% son de sexo femenino) distribuidos en 53 barrios, la mayoría de bajo nivel socioeconómico. Este sector limita al oriente con el río Cauca, con un caudal promedio de 200 m³/s que suministra cerca del 80% del agua de consumo de Cali y que ha sido contaminado por varios años con aguas residuales municipales e industriales por los departamentos que lo rodean, y limita al sur con una zona de expansión donde está ubicado el antiguo vertedero de residuos sólidos municipales "Navarro", que operó por cerca de 40 años hasta el 2008 y donde se depositaban en los últimos años de funcionamiento cerca de 1700 toneladas/día de residuos.

5.3 Población y muestra

En la investigación macro, se seleccionó para la encuesta uno de los grupos poblacionales considerados de mayor vulnerabilidad para exposición a metales pesados (10) como son las mujeres en edad fértil. Los niños a pesar de ser población vulnerable no fueron considerados como parte del estudio, debido a que existe un mayor grado de complejidad en el análisis de su dieta por las variaciones que presenta según el rango de edad y que su respuesta depende de los padres, por lo que se puede incurrir en sesgos de información. Los criterios de inclusión para realizar la encuesta en el grupo de mujeres fueron:

- Mujeres adultas en edad fértil entre 18 y 49 años (según criterios de la OMS).
- No encontrarse en embarazo en el momento de la encuesta, ya que las mujeres en embarazo tienden a cambiar sus prácticas de consumo y su peso varía por la gestación.
- Residir en el área de estudio (Comunas 13, 14, 15 y 21).

Se realizó una encuesta poblacional en mujeres adultas en edad fértil, provenientes en su mayoría de la cohorte del estudio "Exposición a plomo y cadmio y relación con bajo peso al nacer en una cohorte de mujeres embarazadas". Las mujeres fueron contactadas telefónicamente. Luego de expresar su disposición de participar voluntariamente en el estudio, de recibir información general del mismo y de verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión, se programaron las fechas de visita donde se realizó la firma del consentimiento informado y las respectivas encuestas. Esta muestra se seleccionó por conveniencia dado que ya se tenía información sobre la ingesta y el tiempo de exposición (residencia en la zona) de estas mujeres; el resto fueron captadas en una institución de salud quienes asistían a consulta externa para que fueran similares a las ya incluidas.

Para el cálculo de tamaño de muestra se tuvo en cuenta la población estimada para el 2010 en el área de estudio de 602,401 habitantes en 114,042 viviendas (aprox. 5 hab/viv), la probabilidad de presentar algún

contaminante estimada en 25% (según estudios anteriores se presentaron entre 7.1% - 42.5% en agua y entre 5.2% - 13.8% en alimentos), un nivel de confianza de 95% y un error alfa de 5%. Con estos valores se obtiene un tamaño de muestra de 224, para el cual se estima un porcentaje de no participación de 25%, que da un tamaño de muestra total de 280. Para esta investigación se utilizaron todos los registros de la base de datos de la cohorte del proyecto macro.

5.4 Definición Operacional de Variables

Para este estudio la fuente de información fue la base de datos que se obtuvo en el estudio macro. Las tablas 1, 2 y 3 presentan la definición operacional de las variables utilizadas. Debido al método de análisis utilizado (análisis de correspondencias múltiples), las variables de posición socioeconómica y vulnerabilidad que eran continuas y/o discretas fueron convertidas a variables categóricas. En la última columna de las tablas se indica el método de recolección de información que se efectuó en el estudio macro.

Tabla 1. Variables de posición socioeconómica

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Método de recolección de la investigación macro
Raza	Raza a la cual el participante considera que pertenece	Categórica nominal	Negra, Mulata, Indígena, Mestiza, Blanca	Encuesta
Aseguramiento en salud	Tener afiliación al sistema de seguridad social en salud	Categórica nominal	Si No	Encuesta
Estrato socio Económico	Clasificación en estrato del inmueble donde reside la participante según servicios públicos domiciliarios	Categórica ordinal	0 a 6	Encuesta
Estado civil	Situación jurídica de la participante en la familia y la sociedad respecto al matrimonio	Categórica nominal	Soltera Casada o unión libre Separada ó Divorciada	Encuesta
Escolaridad	Ultimo nivel de escolaridad de la participante según último año aprobado	Categórica ordinal	Primaria Secundaria Técnico/tecnológico/universitario	Encuesta
Ingreso último mes	Dinero que entró al hogar de la participante el último mes	Categórica ordinal	< \$535.000 Entre \$535.000 y \$1.070.000 > 1.070.000	Encuesta
Comuna	Comuna en que reside la participante	Categórica nominal	13, 14, 15 y 21	Encuesta
Condiciones de la vivienda				
Servicios públicos	Porcentaje de viviendas con servicios públicos básicos	Categórica nominal	Servicios públicos completo (0-100) Falta algún servicio público (0-100)	Encuesta
Hacinamiento mitigable	Frecuencia de hogares que habitan en viviendas con más de tres a menos de cinco personas por cuarto	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Condición de la vivienda	Porcentaje de viviendas con estructuras deterioradas (techo, paredes, piso)	Cuantitativa continua	Con una estructura deteriorada (0-100) Con dos estructuras deterioradas (0-100) Con tres estructuras deterioradas (0-100)	Encuesta

Tabla 2. Variables de exposición

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Método de recolección de la investigación macro
Consumo de agua	Cantidad de agua de la llave que consume en el día, en cc	Cuantitativa discreta	1,2... n	Encuesta
Consumo de agua en comidas	Cantidad de agua de la llave que consume en alimentos y/o preparaciones durante en el día, en cc	Cuantitativa discreta	1,2... n	Encuesta
Consumo diario de manteco	Frecuencia de consumo diario de alimentos bioacumuladores muestreados para metales pesados: manteco	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de tilapia	Frecuencia de consumo diario de alimentos bioacumuladores muestreados para metales pesados: tilapia	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de lechuga	Frecuencia de consumo diario de alimentos bioacumuladores muestreados para metales pesados: lechuga	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de repollo	Frecuencia de consumo diario de alimentos bioacumuladores muestreados para metales pesados: repollo	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de atún	Frecuencia de consumo diario de posibles alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: atún	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de arroz	Frecuencia de consumo diario de posibles alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: arroz	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de espinaca	Frecuencia de consumo diario de posibles alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: espinaca	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de frijol	Frecuencia de consumo diario de posibles alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: frijol	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de hígado	Frecuencia de consumo diario de posibles alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: hígado	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo diario de otros alimentos	Frecuencia de consumo de otros alimentos y preparaciones presentes en la dieta durante 1 día	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de manteco	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores muestreados para metales pesados: manteco	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de tilapia	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores muestreados para metales pesados: tilapia	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta

Consumo semanal de lechuga	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores muestreados para metales pesados: lechuga	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de repollo	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores muestreados para metales pesados: repollo	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de atún	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: atún	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de arroz	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: arroz	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de espinaca	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: espinaca	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de frijol	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: frijol	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de hígado	Frecuencia de consumo semanal de alimentos bio-acumuladores de metales pesados, reportados en la literatura: hígado	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Consumo semanal de otros alimentos	Frecuencia de consumo semanal de otros alimentos y preparaciones presentes en la dieta	Cuantitativa continua	0 - 100	Encuesta
Concentración de Plomo en lechuga	Concentración de plomo en tejido de lechuga en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de Plomo en repollo	Concentración de plomo en tejido de repollo en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de Plomo en manteco	Concentración de plomo en tejido de manteco en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de Plomo en tilapia	Concentración de plomo en tejido de tilapia en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de cadmio en lechuga	Concentración de cadmio en tejido de lechuga en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de cadmio en repollo	Concentración de cadmio en tejido de repollo en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de cadmio en manteco	Concentración de cadmio en tejido de manteco en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de cadmio en tilapia	Concentración de cadmio en tejido de tilapia en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de mercurio en lechuga	Concentración de mercurio en tejido de lechuga en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de mercurio en repollo	Concentración de mercurio en tejido de repollo en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de mercurio en manteco	Concentración de mercurio en tejido de manteco en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento
Concentración de mercurio en tilapia	Concentración de mercurio en tejido de tilapia en µg/kg	Cuantitativa continua	1, 2... n	Medición en alimento

Tabla 3. Variables de vulnerabilidad

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Método de recolección de la investigación macro
IMC	Índice de masa corporal de la participante	Catégorica ordinal	Bajo Normal Sobrepeso u obesidad	Encuesta
Edad	Edad en años cumplidos	Catégorica ordinal	Menor de 25 Mayor o igual a 25	Encuesta
Actividades realizadas en casa relacionadas con MP	Presencia de actividades comerciales o laborales en casa relacionadas con exposición a metales pesados	Catégorica nominal	Sí No	Encuesta
Actividades realizadas cerca de casa relacionadas con MP	Presencia de actividades comerciales o laborales cerca de casa relacionadas con exposición a metales pesados	Catégorica nominal	Sí No	Encuesta

5.5 Recolección de información

Se utilizó la información producto de la investigación macro relacionada con las condiciones de posición socioeconómica, con el consumo de alimentos y del estado nutricional y tiempo de exposición, para lo que se aplicaron 3 tipos de cuestionarios y mediciones antropométricas.

El primer cuestionario realizado a las participantes, recolectó información individual sobre características socio-demográficas y de movilidad como ubicación, edad, sexo, nivel de ingresos, nivel de educación. El segundo, fue un cuestionario de frecuencia semicuantitativa, el cual está constituido por una lista cerrada de alimentos sobre la que se solicitó la frecuencia (diaria o semanal) de consumo de cada uno de ellos. Los grupos de alimentos evaluados para este trabajo fueron el grupo a) Cereales, Raíces, Tubérculos y Plátanos. b) Hortaliza, Verduras y Leguminosas Verdes. c) Frutas. d) Carne, Huevo, Leguminosas secas y Mezclas Vegetales. e) Lácteos. f) Azúcares y Dulces g) Bebidas. La tercera fue una encuesta recordatorio del consumo de alimentos en las 24 horas previas. Las mediciones antropométricas se realizaron con el propósito de comprender los cambios físicos de la participante y realizar seguimiento, ya que provenían en su mayoría de una cohorte anterior. Las medidas tomadas fueron talla, peso, y circunferencias de abdomen, cintura y cadera.

Los cuestionarios se diseñaron de acuerdo con la revisión del estado del arte, investigaciones previas y fueron discutidos y ajustados en reuniones de los grupos de investigación participantes. Antes de su aplicación sistemática se elaboró un POE para la recolección de la información y se realizaron pruebas piloto con el instrumento de la encuesta poblacional para identificar posibles dificultades con la comprensión de las preguntas y el orden de las secciones. Los cuestionarios fueron diseñados en el aplicativo Isurvey© y administrados por personal de salud previamente capacitados para estas actividades, siguiendo las instrucciones del POE.

Las encuestas fueron realizadas previa aceptación por consentimiento informado de la mujer a ser encuestada. Adicionalmente, se utilizó la base de datos de los resultados del muestreo ambiental con el fin de conocer las fuentes principales de alimentos y las posibles rutas de exposición.

Para la medición de los contaminantes, se eligieron dos especies de pez (tilapia y manteco) y 2 tipos de vegetales (lechuga y repollo) con potencial bioacumulador, los cuales son de mayor frecuencia de consumo en la población del área de estudio. Los metales evaluados fueron mercurio, plomo y cadmio, cuyos límites de detección fueron 26 µg/kg, 20 µg/kg y 2 µg/kg, respectivamente. En el primer muestreo se analizaron 4 muestras por cada pescado, 2 por cada vegetal y 4 adicionales, 2 de cebolla y 2 de tomate, con el fin de evaluar

pesticidas. Para el segundo muestreo, se procedió de igual forma que en el primero, solamente se reemplazaron las muestras de cebolla y tomate por muestras de carne de pollo y de res. Se tuvieron como puntos de muestreo 6 de los distribuidores mayoritarios identificados por los expendios menores frecuentados por la población según encuesta poblacional en el sector. La colecta de las muestras, la preparación y envío fue realizado por personal previamente capacitado para estas actividades, siguiendo las instrucciones del POE.

Respecto al control de calidad de la información, el encuestador verificó, antes de terminar la encuesta, el diligenciamiento completo de todas las preguntas y realizó el conteo de los formularios antes de entregarlos al coordinador. Por su parte, el coordinador realizó una nueva revisión antes de terminar la jornada. De igual forma, re-encuestó a por lo menos una de cada diez encuestas entregadas, acompañó a los encuestadores en el momento de la ejecución del instrumento y examinó semanalmente la base de datos en búsqueda de inconsistencias

5.6 Plan de análisis

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio para identificar la frecuencia de presentación y distribución de cada una de las variables: características sociodemográficas, variables de exposición y variables de vulnerabilidad. Se usaron histogramas y diagramas de cajas y bigotes para las variables continuas. Se realizó un análisis descriptivo univariado en el cual las variables cuantitativas fueron descritas como medias y desviación estándar en el caso de tener distribución normal o como mediana y rango intercuartílico si no tenían distribución normal. El supuesto de normalidad se evaluó con el test de Kolmogorov-Smirnoff y los test de simetría y curtosis. Las variables cualitativas fueron descritas como números absolutos y porcentajes.

Objetivos 1, 2 y 3: Se realizó un análisis descriptivo univariado en el cual las variables cualitativas fueron descritas como números absolutos y porcentajes. La distribución de las variables cualitativas se realizó con el test de Chi2 o con test exacto de Fisher, según la distribución de la variable. Se elaboraron tablas de frecuencias para organizar y conocer la información socioeconómica de las participantes, para establecer el patrón de consumo general, el patrón de consumo de los alimentos muestreados, tanto por comida diaria como por semana y para las concentraciones de metales pesados en alimentos.

También se realizó un análisis bivariado con tablas de contingencias con el propósito de describir relaciones entre las variables de posición socioeconómica y las variables de exposición (frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores) e identificar perfiles de mujeres con tendencia a mayor consumo de estos alimentos, para lo cual se estableció como criterio de elección, valores p menores a 0.25. Este análisis exploratorio es independiente del análisis de correspondencias múltiples.

Se dicotomizaron las variables de frecuencia de consumo de alimentos de la siguiente manera: consumo menos de 1 vez por semana y más de 1 vez por semana; esto siguiendo la definición de patrón de consumo de alimentos de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia - ENSIN 2010, la cual lo define como el “conjunto de productos que un individuo, familia o grupo de personas consume de forma habitual por lo menos una vez a la semana o al mes”(67). De igual forma, otra justificación para la categorización de estas variables fue la técnica estadística, análisis de correspondencias múltiples, que se explica en el siguiente objetivo.

Objetivo 4: El análisis de correspondencias múltiples (ACM). El ACM es un método estadístico multivariado exploratorio y descriptivo que estudia los vínculos que puedan existir entre más de dos variables, sobre un espacio de pocas dimensiones, mientras que al mismo tiempo se describen las relaciones entre las categorías de cada variable. Para cada variable, las distancias sobre un gráfico entre los puntos de categorías reflejan las relaciones entre las categorías; con las categorías similares representadas próximas unas a otras (66). El método permitió configurar relaciones entre los patrones de alimentación de alimentos bioacumuladores, las variables de posición socioeconómica y las variables de vulnerabilidad. Por otro lado, este tipo de análisis fue una opción adecuada teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, cuando este tamaño no permite hacer análisis de inferencia

Recordando que el propósito de un ACM es reproducir las distancias de los perfiles en un espacio de poca dimensionalidad, para la ejecución de este análisis se tuvieron en cuenta las dimensiones uno y dos, ya que estas explican la mayor inercia del modelo, medida que expresa el porcentaje de variabilidad entre los datos. Así, en un plano cartesiano se puede observar una aproximación gráfica a las verdaderas posiciones que se establecen a partir de las múltiples relaciones entre categorías (68)

Inicialmente, se indagó sobre las relaciones entre la frecuencia de consumo de los alimentos de interés y las variables de posición socioeconómica. Aquí, el análisis se centró en las discriminaciones que proporcionan las ubicaciones de los puntos en relación a los ejes positivo y negativo para el eje X y para el eje Y. En el ACM estos ejes reciben el nombre de dimensión 1, para el eje X y dimensión 2 para el eje Y. Esta misma instrucción se aplicó para examinar las relaciones entre la frecuencia de consumo y las variables de vulnerabilidad, aunque con el elemento adicional de que, también se tuvo en cuenta las agregaciones de puntos, es decir, las distancias entre las diferentes categorías representadas por puntos (categorías)

Posteriormente, se ejecutó un ACM con todas las variables (socioeconómicas, exposición y vulnerabilidad) con dos propósitos: encontrar nuevas agregaciones de puntos y el segundo, más específico, orientado a estimar las relaciones de alimentos con presencia de metales pesados con el resto de variables. Este segundo se hizo teniendo en cuenta dos criterios: el primero, como en el párrafo anterior, a través de las agregaciones de puntos. En el segundo, se trazó una línea recta desde la categoría de interés, pasando por el punto de intersección de los ejes X,Y; al se le denominara “el origen” de aquí en adelante, y después se trazaron sendas líneas perpendiculares desde cada categoría a la línea de la marca (en ángulo de 90°). La relación que existe entre la variable de interés y las demás categorías estuvo determinada por el punto, de la línea la variable de interés, en el que interseccionan las líneas de las otras variables. Se denominaron correlaciones positivas cuando la línea de las otras variables interseccionó en el mismo lado del gráfico que la variable de interés y las negativas cuando están en el lado contrario de la línea (69). Luego se escogieron las categorías de variables con distancias más cortas a la línea recta y se ejecutó otro ACM específico.

En este análisis no se incluyeron los niveles de metales pesados evaluados en los alimentos debido a que se trata de mediciones que no tienen una relación uno a uno con las participantes. En primer lugar, los alimentos muestreados no se tomaron directamente de los víveres de las casas de las participantes, sino que se muestrearon en expendios que geográficamente y por información de encuesta, se encuentran en la zona de estudio y en la preferencia de las encuestadas. En segundo lugar, el tamaño de muestra de los alimentos analizados es pequeño (n=36) y más aun considerando que fueron ocho alimentos.

5.7 Consideraciones éticas:

La investigación macro denominada “Evaluación del riesgo por exposición a contaminantes en agua y alimentos en un sector de la ciudad de Cali”, presentó para las participantes un riesgo mínimo, el cual estaba relacionado específicamente con la recolección de información a través de encuestas sobre ingesta de agua y alimentos y la toma de medidas antropométricas tales como talla y peso. Estos se constituyen en procedimientos comunes consistentes para el registro de dato, por lo cual no pusieron en riesgo significativamente a las participantes.

Las consideraciones éticas que guiaron el desarrollo de este proyecto son coherentes con la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 del Ministerio de Salud de Colombia, por lo tanto se buscó garantizar:

- El cumplimiento de los principios de beneficencia y no maleficencia, autonomía y justicia.
- La confidencialidad de la información suministrada por los participantes y la toma de las medidas tendientes a cumplir con este aspecto, por parte de las personas que puedan conocer de ella en las diferentes etapas de la investigación.
- La solicitud de consentimiento informado a las participantes del estudio.

Para cumplir con los puntos mencionados, en la ejecución de la investigación se desarrollaron las siguientes acciones:

Información: a las mujeres participantes se les hizo entregó información acerca de la descripción de la investigación, sus objetivos, su duración, los usos que se le pretenden dar a la información y los mecanismos que garantizan la confidencialidad de la información que el sujeto proporciona. Se les entregó además datos sobre los investigadores y su ubicación en caso de que los sujetos requieran contactarlos. Adicionalmente, el personal que realizó el seguimiento estuvo en capacidad de responder preguntas relacionadas con el desarrollo de la investigación, para lo cual se programó el correspondiente periodo de capacitación y actividades de reentrenamiento.

Garantía de Confidencialidad: el personal que participó en el estudio, firmó un documento conjuntamente con los investigadores, en el cual queda establecido su compromiso de acatar los principios éticos que aquí se definen. Los aspectos éticos hicieron parte de la capacitación programada con dicho personal.

Consentimiento Informado: se llevó a cabo el proceso de Consentimiento Informado que se formalizó con la firma de un formato elaborado específicamente para este proyecto y que se firmó por cada participante, el investigador principal y dos testigos. Este formato fue leído por las personas entrevistadas y sólo se procedió a su firma una vez el entrevistador se cercioró de que la persona tuvo claro el significado del mismo. Se entregó a la participante una copia del formato de consentimiento y el original fue archivado por los investigadores.

Por tanto, teniendo en cuenta todo lo anterior y considerando que el presente estudio utiliza las fuentes secundarias de la investigación macro, este proyecto fue clasificado por el comité de ética de la Universidad del Valle como investigación sin riesgo (Anexo 5)

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de la población

En la tabla 4 se resume la información de las variables de posición socioeconómica. Participó un grupo de 233 mujeres, en su mayoría de razas negra (30.9%) y mestiza (30.5%), distribuidas en las comunas 13 (41.2%), 14 (26.2%), 15 (26.6%), 21 (6%) y pertenecientes al estrato 1 principalmente (64.8%). Casi la totalidad se encontraban afiliadas al régimen de seguridad social y salud (96.1%) y en un 70.4% había cursado hasta la secundaria. Su estado civil más frecuente fue unión libre o matrimonio, en cuyos hogares el ingreso mensual fluctúa entre 1 y 2 SMMLV en un 68.7% de los casos. Adicionalmente, la mayoría vivían en viviendas independientes arrendadas o familiares en buen estado que contaban con los servicios públicos básicos (agua, energía, alcantarillado, gas y recolección de basuras), aunque el 13.4% de ellas tenían alguna de sus estructuras (techo, piso, paredes) deteriorada. Así mismo, un 11.7% vive en condiciones de hacinamiento.

Tabla 4. Características de posición socioeconómica y de condiciones de vivienda en la población de estudio

variable (n=233)	N°	%
Raza		
Negra	72	30.9
Mulata	40	17.2
Indígena	5	2.1
Mestiza	71	30.5
Blanca	45	19.3
Afiliación		
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/divorciada)	60	25.8
Con pareja (casada/unión libre)	173	74.2
Escolaridad		
Primaria	24	10.3
Secundaria	164	70.4
Tec/tecno/univ	45	19.3
Ingreso en el hogar 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 1 estructura deteriorada	31	13.4

6.2 Variables de exposición

6.2.1 Patrones de consumo para alimentos. El patrón de consumo de los alimentos que se consumen más de 1 vez por semana en el 50% o más de la población, así como los alimentos más frecuentes en cada comida del día, se describen en la tabla 5y 6, respectivamente

Tabla 5. Alimentos consumidos semanalmente con mayor frecuencia

Alimento (n=226)	< 1 semana	> 1 semana
Arroz	3(1.3)	223 (98.7)
Pollo	6 (2.7)	220 (97.3)
Papa	9 (4.0)	217 (96.0)
Huevo	14 (6.2)	212 (93.8)
Fríjol	26 (11.5)	200 (88.5)
Lenteja	26 (11.5)	200 (88.5)
Res	32 (14.2)	194 (85.8)
Leche	49 (21.7)	177 (78.3)
Arepa	60 (26.5)	166 (73.5)
Papa criolla	62 (27.4)	164 (72.6)
Sopa	75 (33.2)	151 (66.8)
Naranja	82 (36.3)	144 (63.7)
Galletas	92 (40.7)	134 (59.3)
Banano	91 (40.3)	135 (59.7)
Guayaba	97 (42.9)	129 (57.1)
Mango	99 (43.8)	127 (56.2)
Mazorca	105 (46.5)	121 (53.5)
Queso	108 (47.8)	118 (52.2)

Tabla 6. Alimentos y preparaciones más frecuentes, consumidos en cada comida

Desayuno			Almuerzo			Comida		
Alimento	n	%	Alimento	n	%	Alimento	n	%
Pan	85	30.6	Arroz	255	91.4	Arroz	164	59.0
Huevo	81	29.1	Jugo de fruta	169	60.6	Jugo de fruta	86	30.9
Arepa	71	25.5	Sopa	79	28.3	Agua de panela	41	14.7
Café con leche	57	20.5	Pollo	71	25.4	Res	35	12.6
Café	52	18.7	Res	62	22.2	Pollo	33	11.9
Queso	55	19.8	Tajada	38	13.6	Tajada	32	11.5
Agua de panela	40	14.4	Pescado	33	11.8	Otro alimento	30	10.8
Chocolate	34	12.2	Agua de panela	32	11.5	Refresco	28	10.1
Pandebono	29	10.4	Lenteja	30	10.8	Otra bebida	21	7.6
Embutido	26	9.4	Lechuga	28	10.0	Café	20	7.2

6.2.2 Descripción patrones de consumo para alimentos bioacumuladores. La mayoría de la población consumió carne de pollo y de res en más de 1 vez en la semana (más del 85%); en el caso de la lechuga, el repollo, la tilapia y el manteco, fueron ingeridos más de 1 vez por semana en un rango entre el 40.3 y 15.9%.

Tabla 7. Frecuencia de consumo semanal de alimentos bioacumuladores muestreados y bioacumuladores posibles según literatura en la población de estudio

Alimentos muestreados (n=226)			Posibles alimentos acumuladores de MP		
Alimento	< 1 semana	> 1 semana	Alimento	< 1 semana	> 1 semana
Pollo	6 (2.7)	220 (97.3)	Arroz	3 (1.3)	223 (98.7)
Res	32 (14.2)	194 (85.8)	Fríjol	26 (11.5)	200 (88.5)
Lechuga	135 (59.7)	91 (40.3)	Atún	134 (59.3)	83 (36.7)
Repollo	142 (62.8)	84 (37.2)	Espinaca	154 (68.1)	72 (31.9)
Tilapia	177 (78.3)	49 (21.7)	Hígado	184 (81.4)	42 (18.6)
Manteco	190 (84.1)	36 (15.9)	Camarón	223 (98.7)	3 (1.3)
			Cangrejo	223 (98.7)	3 (1.3)
			Calamar	226 (100.0)	0 (0.0)
			Riñón	223 (98.7)	3 (1.3)

El patrón alimentario establecido para estos alimentos con base al recordatorio de 24 horas, reporta al pescado y a la carne de res como los más frecuentes en el desayuno (1.1 y 0.7%, respectivamente). El pollo y la carne de res fueron las principales preparaciones del almuerzo con un 25 y 22%, respectivamente; en el 10 y 7% de los almuerzos, también estuvieron presentes la lechuga y el repollo. Finalmente, en la comida destacaron la carne de res (12.6%) y de pollo (11.9%).

Tabla 8. Frecuencia de consumo según recordatorio 24 horas de alimentos bio-acumuladores muestreados y bio-acumuladores posibles según literatura por comida del día.

Alimentos muestreados*	Desayuno (n=282)	Almuerzo (n=279)	Cena (n=278)
Res	2 (0.7)	62 (22.2)	35 (12.6)
Pescado	3 (1.1)	33 (11.8)	5 (1.8)
Pollo	0 (0.0)	71 (25.4)	33 (11.9)
Lechuga	0 (0.0)	28 (10.0)	1 (0.4)
Repollo	0 (0.0)	20 (7.2)	0 (0.0)
Alimentos según literatura			
Arroz	14 (5.0)	255 (91.4)	164 (59.0)
Espinaca	0 (0.0)	4 (1.4)	0 (0.0)
Atún	0 (0.0)	2 (0.7)	6 (2.2)
Hígado	0 (0.0)	8 (2.9)	1 (0.4)
Fríjol	2 (0.7)	26 (9.3)	7 (2.5)
Camarones	0 (0.0)	1 (0.4)	1 (0.4)
Riñón	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

*el consumo de pescado no se encuentra discriminado

6.2.3 Descripción concentraciones de metales pesados.

Como parte de los resultados de otro componente del proyecto macro, se obtuvo información de una encuesta aplicada a los establecimientos de venta de alimentos de la zona de estudio, principalmente los que vendían Carnes (Res y Cerdo), Frutas y Verduras. Esta encuesta permitió obtener datos sobre la calidad del producto, procedencia del mismo y cantidad vendida al público, así como información suministrada por las participantes, sobre el sitio de compra de los alimentos para su consumo. A partir de estos datos, se eligieron los establecimientos en los que se muestrearon los alimentos, cuyos resultados se reseñan a continuación.

Como se observa en la tabla 9, el único alimento que reportó concentraciones para metales pesados por encima de los límites de detección del método fue el manteco. Para este alimento, 3 de las 8 muestras tomadas reportaron presencia de Cadmio en niveles de 20, 30 y 80 µg/Kg. Considerando los estándares del Codex Alimentarius publicado por la OMS que reporta niveles permisibles de Cd en pescado hasta de 100 µg/Kg, ninguna de las muestras excedió los límites permisibles.

De acuerdo a la base de datos del proyecto macro, de las 36 mujeres que consumieron manteco mas de 1 vez en la semana, 4 compraron en uno de los establecimientos donde el pescado se reportó positivo para cadmio; dos de las mujeres eran de raza negra.

Tabla 9. Concentraciones para Cd, Pb y Hg en las muestras de alimentos analizadas.

NOMBRE ESTABLECIMIENTO	COM	TIPO MUESTRA	Muestreo 02/05/2012			Muestreo 02/05/2013		
			Hg* (µg/kg)	Cd** (µg/kg)	Pb*** (µg/kg)	Hg (µg/kg)	Cd (µg/kg)	Pb (µg/kg)
AVICOLA Y PESQUERA DON CARLOS	21	MANTECO	LD	30.0	LD	LD	LD	LD
		TILAPIA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
HERMANOS GIRALDO SUPERMERCADO	21	REPOLLO	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		LECHUGA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
AUTOSERVICIO SUPER TIGRE	13	TILAPIA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		MANTECO	LD	20.0	LD	LD	LD	LD
		LECHUGA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		REPOLLO	LD	LD	LD	LD	LD	LD
AUTOSERVICIO LA GRAN COLOMBIA	14	MANTECO	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		TILAPIA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		REPOLLO ^b	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		LECHUGA ^b	LD	LD	LD	LD	LD	LD
LA GALERÍA SUPERMERCADO	15	TILAPIA	LD	LD	LD	LD	LD	LD
COMPLETÍSIMA PLAZA	15	MANTECO	LD	80.0	LD	LD	LD	LD
		LECHUGA ^b	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		REPOLLO ^b	LD	LD	LD	LD	LD	LD

^b Tomado solo para el segundo muestreo; COM: Comuna

*límite detección Hg: 26µg/kg; ** límite detección Cd: 2µg/kg; ***límite detección Pb: 20µg/kg

6.3 Variables de vulnerabilidad

6.3.1 Descripción de variables edad, índice de masa corporal (IMC) y actividades económicas relacionadas con exposición a metales pesados (MP). La edad de las participantes estuvo en el rango entre los 19 y 39 años, con un promedio de 26 (DE 4.7). La mediana de las edades se ubicó en 25 años. Respecto al IMC, la mitad del grupo de mujeres se ubicó en la categoría normal y un 43.8% en sobrepeso u obesidad. En relación a las actividades económicas relacionadas con la exposición a metales pesados, es más frecuente encontrarlas cerca de la vivienda (54.1%) que la actividad se realizará en la casa de las encuestadas (6%). Dentro de las actividades se tuvieron en cuenta: cerrajería, ebanistería, cerrajería, agricultura urbana, taller de mecánica, reciclaje o manipulación de baterías, reciclaje de chatarra o de radiadores de carros, reparación de joyería, trabajo con pinturas, soldadura, pulidora, metales, cerámica, tintas, tintes, esmaltes.

Tabla 10. Descripción de la distribución de las variables edad, IMC y actividades económicas relacionadas con exposición a MP

Variable	N°	%
Edad		
Menor de 25 años	109	46.8
Igual o mayor a 25 años	124	53.2
IMC		
Bajo peso	14	6.2
Normal	113	50.0
Sobrepeso u obesidad	99	43.8
Actividad relacionada a MP en casa		
Sí	14	6.0
No	219	94.0
Actividad relacionada con MP cerca de casa		
Sí	126	54.1
No	107	45.9

6.4 Análisis bivariado entre posición socioeconómica, patrones de alimentación y variables de vulnerabilidad

A continuación, se listan las tablas de contingencias generadas por el análisis bivariado, entre las variables de posición socioeconómica y de vulnerabilidad y la frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores muestreados.

6.4.1 Descripción análisis bivariado entre variables de posición socioeconómica y frecuencia de consumo alimentos bioacumuladores. Se encontró que Mujeres de raza negra, residentes en estrato 1 y con carencia de algún servicio público tienden a consumir manteco (36.8%, $p=0.00$; 19.9%, $p=0.05$; 24.2%; $p=0.16$) y tilapia (33.8%, $p=0.02$; 24.0%, $p=0.06$; 19.7%, $p=0.08$) más de 1 vez por semana, respectivamente. El consumo de carne de res está relacionado con buenas condiciones de la vivienda, pues su consumo más de 1 vez por semana se presenta preferiblemente, en hogares no hacinados (87.8%, $p=0.02$) y en viviendas con estructuras en buen estado (87.8%, $p=0.03$). Otras variables socioeconómicas que pueden estar influyendo en el consumo de estos alimentos podrían ser el ingreso mensual y la comuna. La información detallada se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de cárnicos y variables de posición socioeconómica

PSE/ALIMENTO	Manteco		Tilapia		Pollo		Res	
Variable	< 1v/s ^a	> 1v/s ^b	< 1v/s	> 1v/s	< 1v/s	> 1v/s	< 1v/s	> 1v/s
Raza								
Negra	43(63.2)	25(36.8)	45(66.2)	23(33.8)	2(2.9)	66(97.1)	9(13.2)	59(86.8)
Mulata	36(90.0)	4(10.0)	30(75.0)	10(25.0)	1(2.5)	39(97.5)	4(10.0)	36(90.0)

Indígena	4(80.0)	1(20.0)	4(80.0)	1(20.0)	0(0.0)	5(100.0)	1(20.0)	4(80.0)
Mestiza	66(93.0)	5(7.0)	62(87.3)	9(12.7)	1(1.4)	70(98.6)	12(16.9)	59(83.1)
Blanca	41(97.6)	1(2.4)	36(85.7)	6(14.3)	2(4.8)	40(95.2)	6(14.3)	36(85.7)
Afiliación								
Si	182(83.9)	35(16.1)	171(78.8)	46(21.2)	6(2.8)	211(97.2)	32(14.7)	185(85.3)
No	8(88.9)	1(11.1)	6(66.7)	3(33.3)	0(0.0)	9(100.0)	0(0.0)	9(100.0)
Estrato								
1	117(80.1)	29(19.9)	111(76.0)	35(24.0)	4(2.7)	142(97.3)	24(16.0)	122(84.0)
2	68(91.9)	6(8.1)	63(85.1)	11(14.9)	2(2.7)	72(97.3)	8(10.8)	66(89.2)
3	4(83.3)	1(16.7)	3(50.0)	3(50.0)	0(0.0)	6(100.0)	0(0.0)	6(100.0)
Estado civil								
Soltera/separada	48(82.8)	10(17.2)	47(81.0)	11(19.0)	2(3.5)	56(96.5)	9(15.5)	49(84.5)
Casada/unión libre	142(84.5)	26(15.5)	130(77.4)	38(22.6)	4(2.4)	164(97.6)	23(13.7)	145(86.3)
Escolaridad								
Primaria	19(79.2)	5(20.8)	19(79.2)	5(20.8)	0(0.0)	24(100)	3(12.5)	21(87.5)
Secundaria	136(85.5)	23(14.5)	124(78)	35(22.0)	5(3.1)	154(96.9)	26(16.3)	133(83.7)
Tec/tecno/univ	35(81.4)	8(18.6)	34(79.1)	9(20.9)	1(2.3)	42(97.7)	3(14.2)	40(93.0)
Ingreso último mes								
< 1 SMMLV ^c	48(80.0)	12(20.0)	44(73.3)	16(26.7)	3(5.0)	57(95.0)	11(18.3)	49(81.7)
≥ 1 SMMLV	142(85.5)	24(14.5)	133(80.1)	33(19.9)	3(1.8)	163(98.2)	21(12.6)	145(87.4)
Comuna								
13	76(83.5)	15(16.5)	69(75.8)	22(24.2)	2(2.2)	89(97.8)	13(14.3)	78(85.7)
14	49(83.0)	10(17.0)	48(81.4)	11(18.6)	2(3.4)	57(96.6)	5(8.5)	54(91.5)
15	52(83.9)	10(16.1)	47(75.8)	15(24.2)	2(3.2)	60(96.8)	10(16.1)	52(83.9)
21	13(92.9)	1(7.1)	13(92.9)	1(7.1)	0(0.0)	14(100.0)	4(28.6)	10(71.4)

CONDICIONES VIVIENDA

Servicios públicos completos

Si	165(85.5)	28(14.5)	155(80.3)	38(19.7)	6(3.1)	187(96.9)	27(14.0)	166(86.0)
No	25(75.8)	8(24.2)	22(66.7)	11(33.3)	0(0.0)	33(100.0)	5(15.1)	28(84.9)

Hacinamiento

Si	24(88.9)	3(11.1)	22(81.5)	5(18.5)	1(3.7)	26(96.3)	8(29.6)	19(70.4)
No	164(83.7)	32(16.3)	154(78.6)	42(21.4)	5(2.5)	191(97.5)	24(12.2)	172(87.8)

Condiciones de la vivienda (pared, techo, piso)

Vivienda con estructuras en buen estado	165(84.2)	31(15.8)	155(79.1)	41(20.9)	4(2.0)	192(98.0)	24(12.2)	172(87.8)
Vivienda con 1 estructura deteriorada	25(86.2)	4(13.8)	22(75.9)	7(24.1)	2(6.9)	27(93.1)	8(27.6)	21(72.4)

a < 1v/sem = menos de 1 vez por semana; b > 1v/sem = más de 1 vez por semana; c SMMLV = salario mínimo mensual legal vigente

 p < 0.25

Respecto al consumo de verduras, hubo un mayor consumo de lechuga más de 1 vez por semana en las participantes con nivel de escolaridad técnico o superior (55.8%, $p=0.02$), las que ganan más de 1 SMMLV (45.8%, $p=0.00$) y habitaban una vivienda en buen estado (42.4%, $p=0.13$). El repollo fue preferido más de 1 vez por semana en estrato 3 que en estratos 1 y 2 (66.7%, $p=0.02$)

Tabla 12. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de verduras y variables de posición socioeconómica

POSICION SOCIOECONOMICA/ALIMENTO	Repollo		Lechuga	
Variable	< 1v/s ^a	> 1v/s ^b	< 1v/s	> 1v/s
Raza				
Negra	43(63.2)	25(36.8)	42(61.8)	26(38.2)
Mulata	22(55.0)	18(45.0)	27(67.5)	13(32.5)
Indígena	4(80.0)	1(20.0)	3(60.0)	2(40.0)
Mestiza	46(64.8)	25(35.2)	39(54.9)	32(45.1)
Blanca	27(64.3)	15(35.7)	24(57.1)	18(42.9)
Afiliación				
Si	136(62.7)	81(37.3)	130(59.9)	87(40.1)
No	6(66.7)	3(33.3)	5(55.6)	4(44.4)
Estrato				
1	100(68.5)	46(31.5)	87(59.6)	59(40.4)
2	40(54.0)	34(46.0)	46(62.2)	28(37.8)
3	2(33.3)	4(66.7)	2(33.3)	4(66.7)
Estado civil				
Soltera/separada	37(63.8)	21(36.2)	35(60.3)	23(39.7)
Casada/unión libre	105(62)	63(38)	100(59.5)	68(40.5)
Escolaridad				
Primaria	17(70.8)	7(29.2)	19(79.2)	5(20.8)
Secundaria	98(61.6)	61(38.4)	97(61.0)	62(39.0)
Tec/tecno/univ	27(62.8)	16(37.2)	19(44.2)	24(55.8)
Ingreso último mes				
< 1 SMMLV ^c	38(63.3)	22(36.7)	45(75.0)	15(25.0)
≥ 1 SMMLV	104(62.6)	62(37.4)	90(54.2)	76(45.8)
Comuna				
13	51(56.0)	40(44.0)	53(58.2)	38(41.8)
14	39(66.1)	20(33.9)	31(52.5)	28(47.5)
15	44(71.0)	18(29.0)	42(67.7)	20(32.3)
21	8(57.1)	6(42.9)	9(64.3)	5(35.7)
Servicios públicos completos				
Si	122(63.2)	71(36.8)	113(58.5)	80(41.4)
No	20(60.6)	13(39.4)	22(66.7)	11(33.3)
Hacinamiento				
Si	19(70.4)	8(29.6)	17(63.0)	10(37.0)
No	120(61.2)	76(38.8)	115(58.7)	81(41.3)

Condiciones de la vivienda (pared, techo, piso)

Vivienda con estructuras en buen estado	122(62.2)	74(37.8)	113(57.6)	83(42.4)
Vivienda con 1 estructura deteriorada	19(65.5)	10(34.5)	21(72.4)	8(27.6)

a < 1v/sem = menos de 1 vez por semana; b > 1v/sem = más de 1 vez por semana; c SMMLV = salario mínimo mensual legal vigente;

 p < 0.25

En cuanto a las variables de vulnerabilidad, el consumo de cárnicos presentó una tendencia a una mayor frecuencia de consumo en relación a las actividades económicas con exposición a metales pesados realizadas cerca de casa, el sobrepeso (IMC) y la edad. Se observó una diferencia significativa en el consumo semanal de carne de res ($p > 0.1$) en relación a los grupos etarios mayor a 25 años y menor a 25 años, respectivamente (tabla 13)

Tabla 13. Tabla de contingencia frecuencia de consumo semanal de cárnicos y variables de vulnerabilidad

ALIMENTO	Manteco		Tilapia		Pollo		Res	
VARIABLE	< 1v/s ^a	> 1v/s ^b	< 1v/s	> 1v/s	< 1v/s	> 1v/s	< 1v/s	> 1v/s
Edad								
< 25 años	92 (86.0)	15 (14.0)	83 (77.6)	24 (22.4)	4(3.7)	103(96.3)	21(19.6)	86(80.4)
> 25 años	98 (82.3)	21 (17.7)	94 (79)	25 (21.0)	2(1.7)	117(98.3)	11(9.2)	108(90.8)
IMC^d								
Bajo peso	12(85.7)	2(14.3)	9(64.3)	5(35.7)	0(0.0)	14(100.0)	4(28.6)	10(71.4)
Normal	99(88.4)	13(11.6)	91(81.2)	21(18.8)	4(3.6)	108(96.4)	15(13.4)	97(86.6)
Sobrepeso u obesidad	78(78.8)	21(21.2)	76(76.8)	23(23.2)	2(2.0)	97(98.0)	13(13.1)	86(86.9)
AEMP^c en casa								
Sí	13(92.9)	1(7.1)	10(71.4)	4(28.6)	1(7.1)	13(92.9)	1(7.1)	13(92.9)
No	177(83.5)	35(16.5)	167(78.8)	45(21.2)	5(2.4)	207(97.6)	31(14.6)	181(85.4)
AEMP cerca de casa								
Sí	95(78.5)	26(21.5)	100(82.6)	21(17.4)	5(4.1)	116(95.9)	20(16.5)	101(83.5)
No	95(90.5)	10(9.5)	77(73.3)	28(26.7)	1(1.0)	104(99.0)	12(11.4)	93(88.6)

a < 1v/sem = menos de 1 vez por semana; b > 1v/sem = más de 1 vez por semana; d IMC = índice de masa corporal; c Actividad económica relacionada con exposición a metales pesado

 p < 0.25

Las actividades económicas con exposición a metales pesados realizadas en casa y cerca de ella también influenciaron el consumo de verduras. A pesar de que el consumo de lechuga menos de 1 vez por semana predominó, se observó una tendencia a consumirla más de 1 vez por semana en las mujeres mayores de 25 años (46.2%, $p = 0.05$).

Tabla 14. Tabla de contingencia entre frecuencia de consumo semanal de verduras y variables de vulnerabilidad

VARIABLE/ALIMENTO	Repollo		Lechuga	
	< 1v/s ^a	> 1v/s ^b	< 1v/s	> 1v/s
Edad				
< 25 años	67(62.6)	40(37.4)	71(66.4)	36(33.6)
> 25 años	75(63)	44(37)	64(53.8)	55(46.2)

IMC^d				
Bajo peso	7(50.0)	7(50.0)	10(71.4)	4(28.6)
Normal	73(65.2)	39(34.8)	64(57.1)	48(42.9)
Sobrepeso u obesidad	61(61.6)	38(38.4)	61(61.6)	38(38.4)
AEMP^c en casa				
Sí	5(35.7)	9(64.3)	10(71.4)	4(28.6)
No	137(64.6)	75(35.4)	125(59.0)	87(41.0)
AEMP cerca de casa				
Sí	79(65.3)	42(34.7)	65(53.7)	56(46.3)
No	63(60.0)	42(40.0)	70(66.7)	35(33.3)

a < 1v/sem = menos de 1 vez por semana; b > 1v/sem = más de 1 vez por semana; d IMC = índice de masa corporal; c Actividad económica relacionada con exposición a metales pesado

 p < 0.25

6.4.2 Descripción análisis bivariado entre variables de posición socioeconómica y variables de vulnerabilidad.

Se encontró que mujeres mayores de 25 residen en estratos 1 y 3, el sobrepeso y obesidad estuvo presente en su mayoría en los estratos 2 y 3, y la presencia de las actividades arriba mencionadas se concentró en viviendas del estrato 1. Así mismo, el nivel de escolaridad estableció una diferenciación entre las categorías de las variables de vulnerabilidad de la tabla: las mujeres con escolaridad primaria, 75% son mayores de 25 años, 58.3% se encontró en condición de sobrepeso u obesidad y el 16.7% habitó en casas donde se realizaron actividades relacionadas con exposición a metales pesados. La información detallada se resume en la tabla 15.

Tabla 15. Tabla de contingencia: variables de posición socioeconómica y variables de vulnerabilidad

PSE/VUL	Edad (años)		IMC			AEMP cerca de casa		AEMP en casa	
Variable	<25	>25	Bajo	normal	sobrepeso	Si	no	Si	no
Raza									
Negra	27(37.5)	45(62.5)	5(7.2)	32(46.4)	32(46.4)	43(59.7)	29(40.3)	3(4.2)	69(95.8)
Mulata	25(62.5)	15(37.5)	1(2.5)	22(55.0)	17(42.5)	21(52.5)	19(47.5)	2(5.0)	38(95.0)
Indígena	2(40.0)	3(60.0)	0(0.0)	3(60.0)	2(40.0)	3(60.0)	2(40.0)	1(20.0)	4(80.0)
Mestiza	31(43.7)	40(56.3)	3(4.3)	38(54.3)	29(41.4)	36(50.7)	35(49.3)	2(2.8)	69(97.2)
Blanca	24(53.3)	21(46.7)	5(11.9)	18(42.9)	19(45.2)	22(48.9)	23(51.1)	6(13.3)	39(86.7)
Afiliación									
Si	103(46.0)	121(54.0)	14(6.4)	106(48.8)	97(44.8)	101(45.1)	123(54.9)	210(93.7)	14(6.3)
No	6(66.7)	3(33.3)	0(0.0)	7(77.8)	2(22.2)	6(66.7)	3(33.3)	9(100.0)	0(0.0)
Estrato									
1	64(42.4)	87(57.6)	8(5.4)	80(54.4)	59(40.2)	89(58.9)	62(41.1)	8(5.3)	143(94.7)
2	43(56.6)	33(43.4)	5(6.8)	33(45.2)	35(48.0)	37(48.7)	39(51.3)	6(7.9)	70(92.1)
3	2(33.3)	4(66.7)	1(16.7)	0(0.0)	5(83.3)	0(0.0)	6(100.0)	0(0.0)	6(100.0)
Estado civil									
Soltera/separada	31(51.7)	29(48.3)	8(13.8)	27(46.5)	23(39.7)	31(51.7)	29(48.3)	4(6.7)	56(93.3)
Casada/unión libre	78(45.1)	95(54.9)	6(3.6)	86(51.2)	76(45.2)	95(54.9)	78(45.1)	10(5.8)	163(94.2)
Escolaridad									
Primaria	6(25.0)	18(75.0)	1(4.2)	9(37.5)	14(58.3)	11(45.8)	13(54.2)	4(16.7)	20(83.3)
Secundaria	86(52.4)	78(47.6)	13(8.2)	79(50.0)	66(41.8)	83(50.6)	81(49.4)	8(4.9)	156(95.1)

Tec/tecno/univ	17(37.8)	28(62.2)	0(0.0)	25(56.8)	19(43.2)	32(71.1)	13(28.9)	2(4.4)	43(95.6)
Ingreso último mes									
< 1 smmlv ^c	28(45.2)	34(54.8)	4(6.7)	24(40.0)	32(53.3)	26(41.9)	36(58.1)	2(3.2)	60(96.8)
≥ 1 SMMLV	81(47.4)	90(52.6)	10(6.0)	89(53.6)	67(40.4)	100(58.5)	71(41.5)	12(7.0)	159(93.0)
Comuna									
13	51(53.1)	45(46.9)	8(8.8)	44(48.3)	39(42.9)	49(51.0)	47(49.0)	6(6.3)	90(93.7)
14	18(29.5)	43(70.5)	3(5.1)	29(49.1)	27(45.8)	38(62.3)	23(37.7)	4(6.6)	57(93.4)
15	33(53.2)	29(46.8)	3(4.8)	32(51.6)	27(43.6)	34(54.8)	28(45.2)	3(4.8)	59(95.2)
21	7(50.0)	7(50.0)	0(0.0)	8(57.1)	6(42.9)	5(35.7)	9(64.3)	1(7.1)	13(92.9)
Servicios públicos completos									
Si	14(41.2)	20(58.8)	3(9.1)	13(39.4)	17(51.5)	15(44.1)	19(55.9)	3(8.8)	31(91.2)
No	95(47.7)	104(52.3)	11(5.7)	100(51.8)	82(42.5)	111(55.8)	88(44.2)	11(5.5)	188(94.5)
Hacinamiento									
Si	15(55.6)	12(44.4)	1(3.7)	9(33.3)	17(63.0)	11(40.7)	16(59.3)	0(0.0)	27(100.0)
No	94(46.3)	109(53.7)	13(6.6)	103(52.5)	80(40.9)	113(55.7)	90(44.3)	14(6.9)	189(93.1)
Condiciones de la vivienda (pared, techo, piso)									
Vivienda con estructuras en buen estado	97(48.3)	104(51.7)	12(6.1)	102(52.0)	82(41.9)	104(51.7)	97(48.3)	11(5.5)	190(94.5)
Vivienda con 1 estructura deteriorada	12(38.7)	19(61.3)	2(6.9)	11(37.9)	16(55.2)	21(67.7)	10(32.3)	3(9.7)	28(90.3)

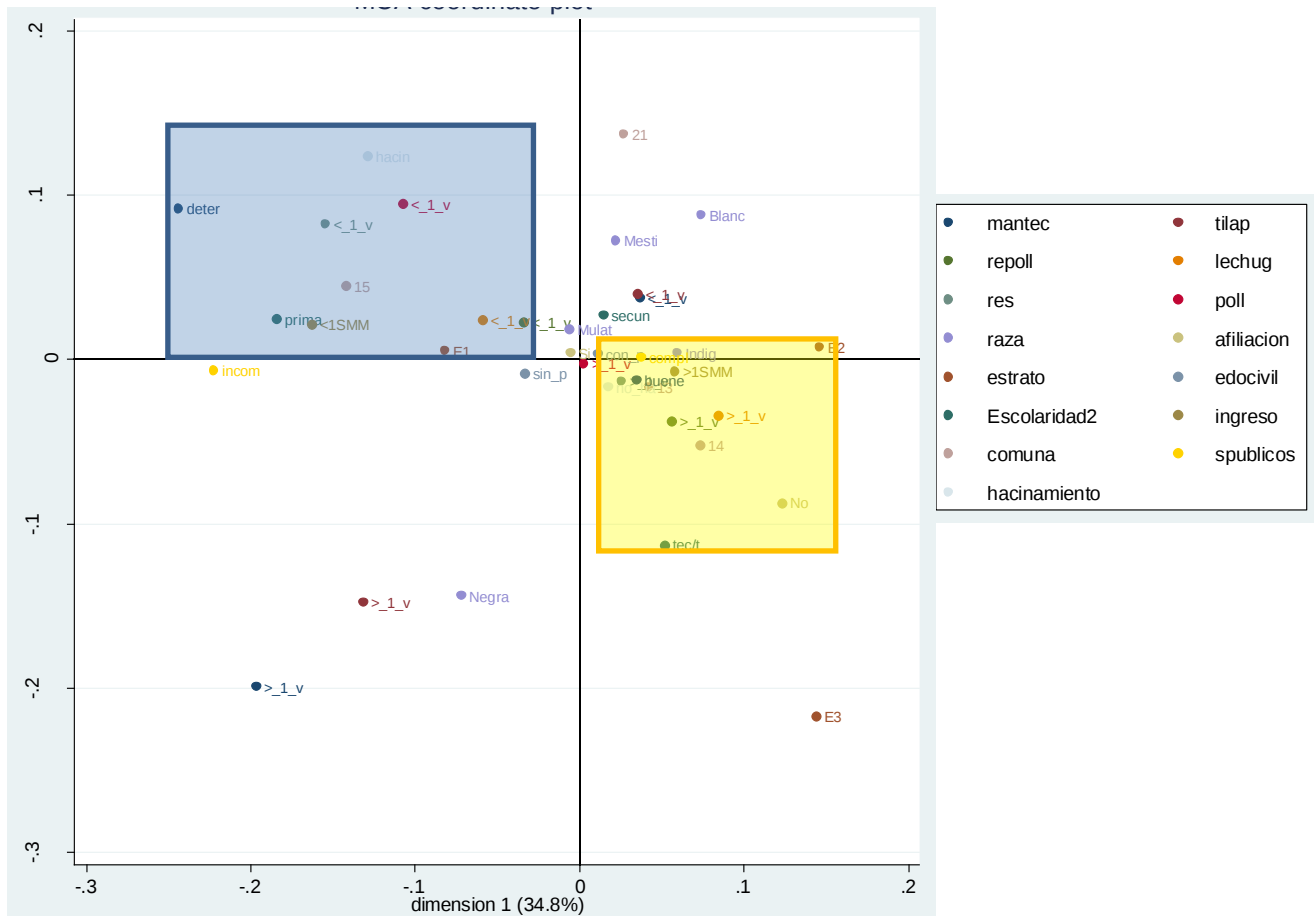
 p < 0.25

6.5 Relación entre la frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores y variables de posición socioeconómicas

El ACM para variables de posición socioeconómica indicó que las variables de posición socioeconómica explicaron el 50.7% de la inercia en la frecuencia de consumo de los alimentos muestreados, agrupada principalmente en las dimensiones 1 (34.8%) y 2 (15.9%) (Ver anexo 6). No se calcularon centroides ya que se requieren nubes de puntos más amplias

En la representación gráfica se observó una discriminación clara de las variables que refieren una posición socioeconómica, reuniendo categorías como estrato 1, escolaridad primaria, menos de 1 SMMLV, hacinamiento, carencia de algún servicio público y vivienda con estructura deteriorada en el lado negativo del eje x (recuadro azul), en contraste otras categorías indicativas de una mejor posición tales como estrato 2, escolaridad técnica o superior, presencia de todos los servicios públicos, no hacinamiento y vivienda en buen estado, se ubicaron en el lado positivo del eje x (franja amarilla) (Figura 3)

Figura 3. Variables de posición socioeconómicas y consumo de alimentos bioacumuladores



En la figura 4 se pueden observar cinco agregaciones o agrupaciones de categorías de variables, que sugieren una relación entre ellas. En la figura 4a se apreciaron mejor las relaciones establecidas. En el primer grupo se observaron agrupadas las categorías consumo de repollo de menos de 1 vez en semana, sobrepeso/obesidad (IMC), casada o en unión libre (estado civil). En el segundo grupo estuvo conformado por las categorías consumo de repollo más de 1 vez en semana, consumo carne de res más de 1 vez en semana, IMC normal, más de 1SMMLV como ingreso mensual en el hogar, todos los servicios públicos, vivienda en buen estado y no hacinamiento. En el tercer grupo estuvieron presentes las categorías: consumo de pollo más de 1 vez en semana, ausencia de actividades comerciales en casa relacionadas con metales pesados, afiliación a servicio de salud y estado civil casada o unión libre; el cuarto grupo lo conformaron el consumo de manteco menos de 1 vez por semana, consumo de tilapia menos de 1 vez por semana y comuna 13; finalmente otro grupo conformado por raza mestizo y mulato, escolaridad secundaria, menor de 25 años (edad) y ausencia de actividades comerciales cerca de casa relacionadas con metales pesados.

Figura 4. Relaciones entre variables del estudio a través de ACM

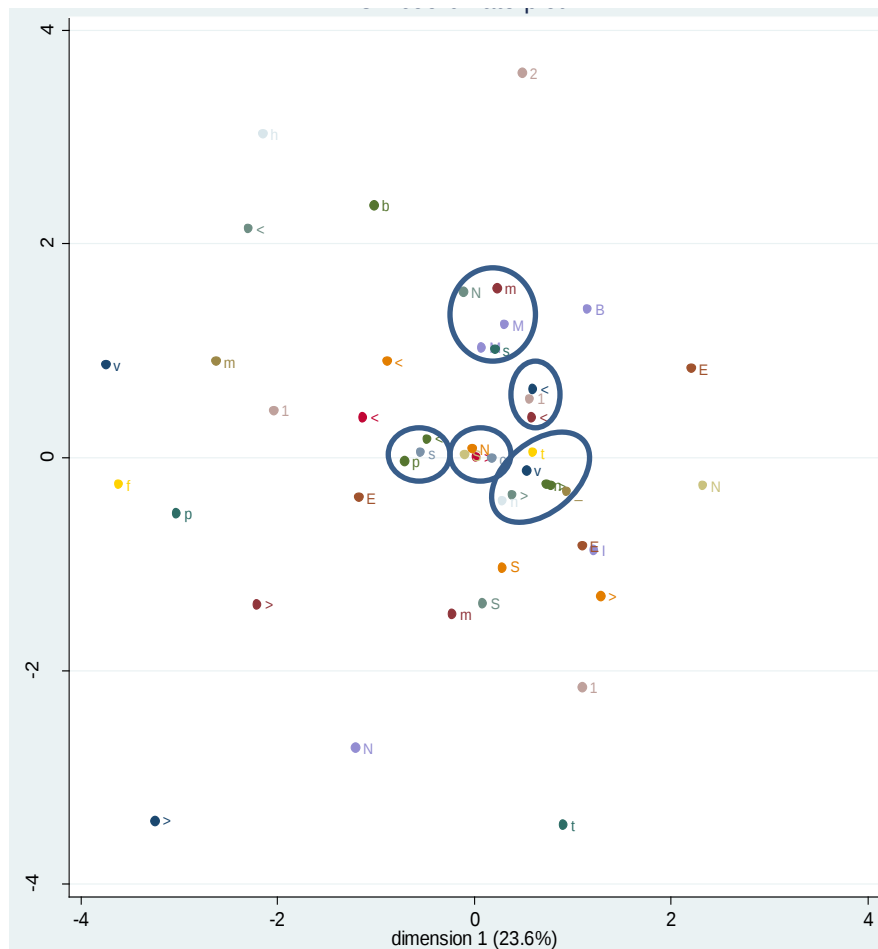
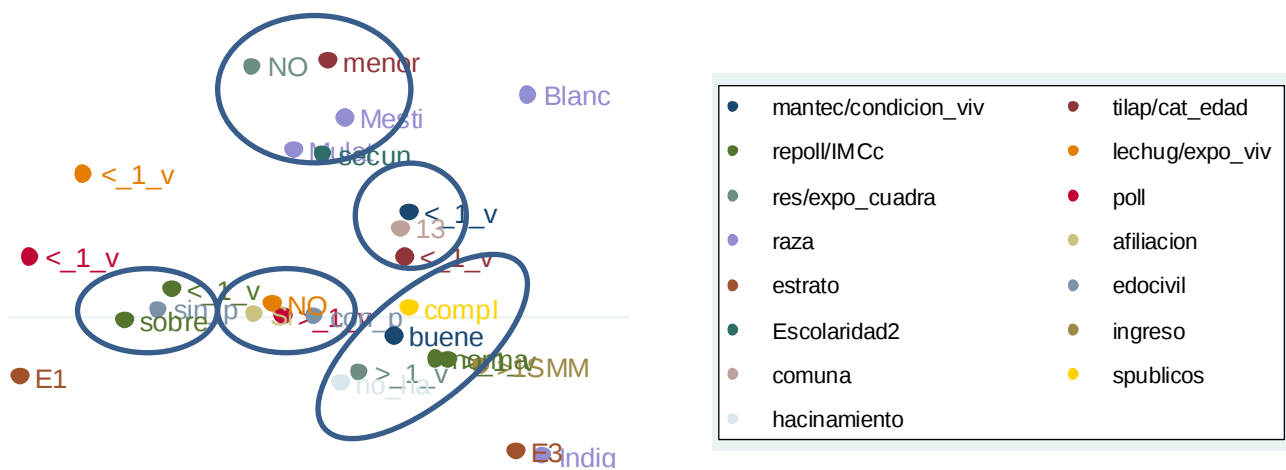
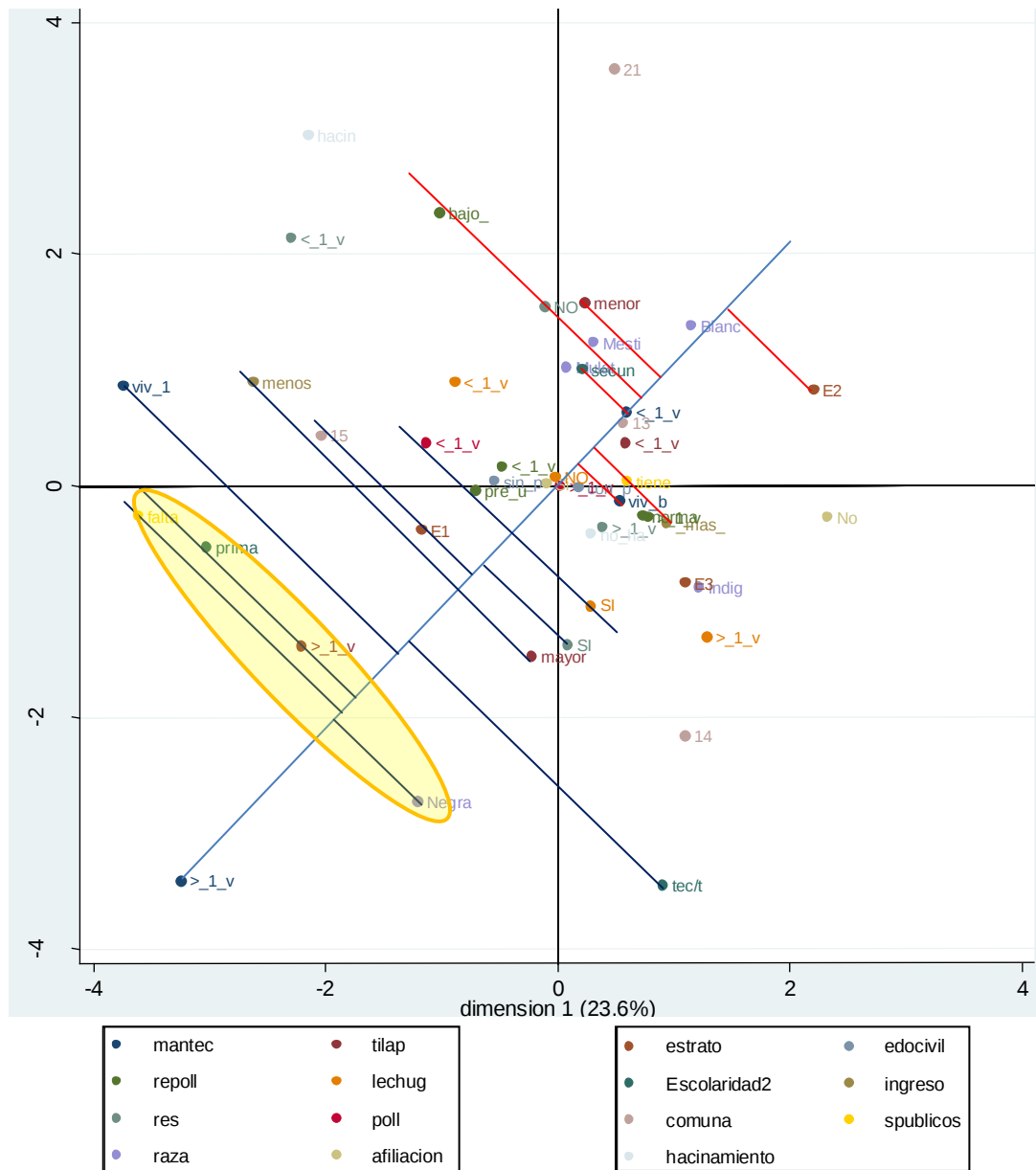


Figura 4a. Relaciones entre variables a través de ACM aumentada



Con relación al consumo de manteco más de 1 vez por semana, en la figura 5 se observaron las categorías más cercanas encerradas en un ovalo amarillo: raza negra, consumo de tilapia más de 1 vez por semana, falta de 1 servicio público y escolaridad primaria. También se pudo apreciar una correlación positiva con las categorías cuya distancia en línea perpendicular a la línea transversal es corta; aquí se encuentran raza negra, consumo de tilapia más de 1 vez por semana, mayor de 25 años, estrato 1 e IMC sobrepeso. A su vez, se apreciaron correlaciones negativas con categorías ubicadas al lado opuesto de la categoría de interés; aquí están vivienda en buen estado, presencia de todos los servicios públicos, consumo de tilapia menos de 1 vez por semana, escolaridad secundaria, IMC normal, comuna 13, razas mestiza, blanca y mulata, menor a 25 años y estrato 2.

Figura 5. Correlaciones frente al consumo de manteco más de 1 vez por semana



La tabla 16 y la figura 6 muestran el ACM específico para las variables más cercanas a la categoría consumo de manteco más de 1 vez por semana respecto a la figura 5. La inercia explicada por las variables en este modelo corresponde al 74.8% en las dimensiones 1 (67.2%) y 2 (7.6%)

Tabla 16. ACM para variables cercanas a consumo de manteco más de 1 vez por semana

. mca mantec tilap raza Escolaridad2 spublicos

Multiple/Joint correspondence analysis		Number of obs	=	226
		Total inertia	=	.0464233
Method: Burt/adjusted inertias		Number of axes	=	2

Dimension	principal inertia	percent	cumul percent
dim 1	.0311791	67.16	67.16
dim 2	.0035406	7.63	74.79
dim 3	.0003834	0.83	75.62
dim 4	.0000193	0.04	75.66
dim 5	1.09e-06	0.00	75.66
Total	.0464233	100.00	

Statistics for column categories in standard normalization

Categories	mass	overall quality	%inert	dimension_1			dimension_2		
				coord	sqcorr	contrib	coord	sqcorr	contrib
mantec									
< 1 vez po~a	0.168	0.765	0.049	0.577	0.763	0.056	0.069	0.001	0.001
> 1 vez po~a	0.032	0.765	0.260	-3.047	0.763	0.296	-0.366	0.001	0.004
tilap									
< 1 vez po~a	0.157	0.808	0.044	0.584	0.808	0.053	0.005	0.000	0.000
> 1 vez po~a	0.043	0.808	0.160	-2.110	0.808	0.193	-0.018	0.000	0.000
raza									
Negra	0.060	0.778	0.170	-1.795	0.768	0.194	-0.613	0.010	0.023
Mulata	0.035	0.102	0.006	0.166	0.101	0.001	-0.006	0.000	0.000
Indigena	0.004	0.923	0.007	0.316	0.041	0.000	-4.358	0.882	0.084
Mestiza	0.063	0.731	0.053	0.942	0.703	0.056	0.563	0.028	0.020
Blanca	0.037	0.771	0.042	1.118	0.749	0.046	0.566	0.022	0.012
Escolaridad2									
primaria	0.021	0.641	0.057	-0.918	0.212	0.018	3.872	0.428	0.318
secundaria	0.141	0.578	0.019	0.344	0.576	0.017	-0.068	0.003	0.001
tec/tecno/~v	0.038	0.553	0.046	-0.760	0.322	0.022	-1.911	0.231	0.139
spublicos									
incompletos	0.029	0.729	0.073	-1.181	0.374	0.041	3.413	0.355	0.340
completos	0.171	0.729	0.012	0.202	0.374	0.007	-0.584	0.355	0.058

Figura 6. Gráfico de ACM para variables cercanas a consumo de manteco más de 1 vez por semana



En la tabla 17 y la figura 7 muestran el ACM específico para las variables correlacionadas positivamente a la categoría consumo de manteco más de 1 vez por semana mencionada en la figura 5. Este modelo explicó el 74.7% de la inercia, en gran parte por las dimensiones 1 (60.9%) y 2 (7.9%) respectivamente. Finalmente, se sugiere una relación del consumo de manteco más de 1 vez por semana con el consumo de tilapia más de 1 vez por semana y la raza negra.

Tabla 17. ACM para categorías correlacionadas positivamente con consumo de manteco más de 1 vez por semana

. mca mantec tilap estrato raza cat_edad IMCc

Multiple/Joint correspondence analysis
Method: Burt/adjusted inertias

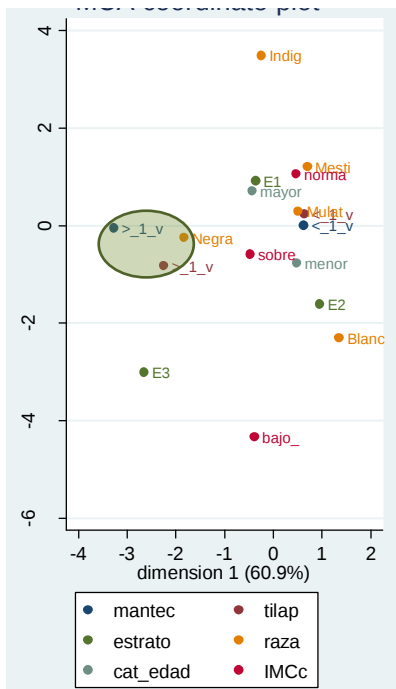
Number of obs = 225
Total inertia = .0371024
Number of axes = 2

Dimension	principal inertia	percent	cumul percent
dim 1	.0225876	60.88	60.88
dim 2	.0029497	7.95	68.83
dim 3	.0020006	5.39	74.22
dim 4	.0001005	0.27	74.49
dim 5	.0000614	0.17	74.66
Total	.0371024	100.00	

Statistics for column categories in standard normalization

Categories	overall			dimension_1			dimension_2		
	mass	quality	%inert	coord	sqcorr	contrib	coord	sqcorr	contrib
mantec									
< 1 vez po~a	0.140	0.732	0.045	0.623	0.732	0.054	0.008	0.000	0.000
> 1 vez po~a	0.027	0.732	0.237	-3.268	0.732	0.285	-0.043	0.000	0.000
tilap									
< 1 vez po~a	0.130	0.779	0.041	0.627	0.766	0.051	0.231	0.014	0.007
> 1 vez po~a	0.036	0.779	0.147	-2.253	0.766	0.184	-0.829	0.014	0.025
estrato									
E1	0.108	0.722	0.023	-0.367	0.394	0.015	0.927	0.328	0.093
E2	0.054	0.808	0.051	0.953	0.589	0.049	-1.607	0.219	0.140
E3	0.004	0.422	0.053	-2.657	0.362	0.031	-3.001	0.060	0.040
raza									
Negra	0.050	0.815	0.127	-1.834	0.813	0.169	-0.245	0.002	0.003
Mulata	0.030	0.173	0.028	0.513	0.167	0.008	0.284	0.007	0.002
Indigena	0.004	0.804	0.005	-0.248	0.030	0.000	3.497	0.774	0.045
Mestiza	0.052	0.562	0.038	0.697	0.403	0.025	1.210	0.158	0.076
Blanca	0.031	0.756	0.063	1.348	0.547	0.057	-2.307	0.209	0.166
cat_edad									
menores d~25	0.079	0.493	0.030	0.481	0.368	0.018	-0.774	0.124	0.047
mayores d~25	0.087	0.493	0.028	-0.436	0.368	0.017	0.702	0.124	0.043
IMCc									
bajo peso	0.010	0.565	0.029	-0.391	0.033	0.002	-4.341	0.532	0.195
normal	0.083	0.588	0.031	0.466	0.352	0.018	1.056	0.236	0.093
sobrepeso/~a	0.073	0.476	0.025	-0.472	0.397	0.016	-0.581	0.079	0.025

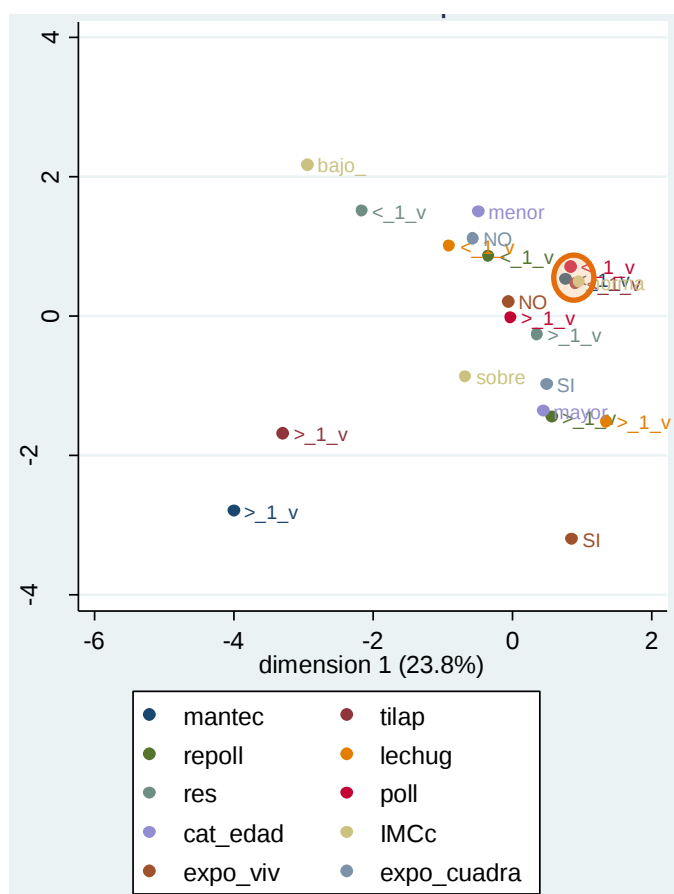
Figura 7. Gráfico de ACM para categorías correlacionadas positivamente con consumo de manteco más de 1 vez por semana



El ACM para las variables de vulnerabilidad, señaló que estas variables explican el 52.6% de la inercia en la frecuencia de consumo de los alimentos muestreados, agrupada principalmente en las dimensiones 1 (23.8%) y 2 (13%). (Ver anexo 6)

La figura 8 registró una agregación de las variables referentes al consumo menos de 1 vez por semana de los alimentos manteco, tilapia y pollo y un IMC normal, planteando una posible relación entre ellas. A su vez, el consumo de manteco más de 1 vez por semana, aunque lejos del origen, mantuvo como categorías más cercanas el consumo de tilapia más de 1 vez por semana y la categoría sobrepeso/obesidad del IMC.

Figura 8. Gráfico ACM relación entre frecuencia de consumo de alimentos bioacumuladores y variables de vulnerabilidad



7. DISCUSION

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la relación entre la condición socioeconómica, los patrones de alimentación y exposición a metales pesados en una población de mujeres en edad fértil del distrito de Aguablanca. En los alimentos bioacumuladores muestreados, se encontró cadmio por debajo de los niveles permitidos (70)(71), en tres muestras de pescado denominado manteco, mientras que, no se evidenció presencia ni de mercurio, ni de plomo. De la totalidad de las mujeres que consumieron manteco más de 1 vez en la semana, el 11.1% lo adquirió en uno de los expendios que resultaron con muestra positiva para cadmio; el 50% de las mujeres compradoras eran de raza negra. El ACM determinó que la raza negra se relacionó con el consumo de manteco más de 1 vez por semana y el consumo de tilapia más de 1 vez por semana. El patrón de consumo de pescado de la población a estudio estableció que casi la quinta parte de las participantes consumieron manteco más de 1 vez en la semana, además de que, el pescado en general, estuvo presente en las tres comidas del día, especialmente en el almuerzo.

La mala calidad de los alimentos, así como la degradación ambiental son dos factores que amenazan la seguridad alimentaria de las poblaciones. Una forma por la cual los alimentos se contaminan, es a través de la condición de algunos organismos acuáticos como peces, crustáceos y moluscos para acumular en sus tejidos, sustancias contaminantes presentes en el agua, como los metales pesados (43)(55)(58)(59). En el presente trabajo, para uno de los peces contaminados con cadmio, se plantearon dos modelos en el ACM para el análisis de relaciones con el consumo de manteco; cada uno de estos modelos explicó el 74% de la variabilidad, en donde las variables raza y consumo de tilapia obtienen los mayores porcentajes de inercia. Nuestros resultados respecto al pescado manteco (*Peprilus snyderi*), coincidieron con el hallazgo del equipo de Quintero-Alvares *et al* en Nuevo México, en el cual detectaron cadmio en hígado de esta misma especie en concentración de $11.05 \mu\text{g g}^{-1}$ (72). Así mismo, otros estudios realizados en tilapia, especie de pescado analizada en esta investigación, dan cuenta de la presencia de metales pesados: en Egipto, Mansour *et al* encontró tilapia de lago con cadmio en concentraciones de 0.33 ppm, superando el límite establecido por la FAO de 0.20 ppm (73); Rashed *et al* halló presencia de varios metales pesados en todos los tejidos analizados de la tilapia, especialmente cobre, cobalto y zinc en hígado (74). Atta *et al* detectó presencia de Cd, Cu Pd y Zn acumulados principalmente en vísceras, cabeza y músculo de tilapia, en rangos que variaron proporcionalmente al nivel de contaminación del ambiente y del tejido analizado (75). En Colombia, estudios realizados en la laguna de Sonso, municipio de Buga en la especie *Oreochromis niloticus* refieren biomarcadores de genotoxicidad e histopatológicos alterados en tejido branquial y hepático, indicativos de daños por contaminantes ambientales (76), así como presencia de plomo en vísceras y músculo en concentraciones de 0.28 y $0.16 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente (77). En la zona de estudio, trabajos realizados con anterioridad por el grupo GESP mostraron presencia principalmente de Cd y Pb en pescado del Río Cauca de las especies *Hypostomus plecostomus* y *Prochilodus magdalenae*; algunas muestras sobrepasaron los límites establecidos por la FAO (32) (52). La presencia de cadmio en manteco evidenció que no sólo siguen ingresando alimentos contaminados al Distrito de Aguablanca, como ya se había mencionado en anteriores estudios (32)(52), sino que estos alimentos, según el estudio macro provienen, en el caso del pescado, no solo del mercado nacional (Buenaventura, Tumaco, Magdalena, Neiva) sino de latitudes como Ecuador, Perú, Uruguay y Argentina e incluso más lejanas como China y Vietnam, lo que sugiere que también pueden estar presentes en otras mercado diferentes al de la ciudad (60).

Entre tanto, el 70% del manteco consumido más de 1 vez por semana corresponde a participantes de raza negra; la relación entre esta raza y el consumo de este alimento bioacumulador (manteco) puede estar ligada a

un patrón cultural, aunque la literatura también establece una clara relación entre nivel educativo, edad y consumo de pescado: las personas con baja escolaridad, quienes generalmente tienden a tener menos ingresos, pueden tomar la decisión de comer pescado porque es barato, como es el caso del manteco, y una buena fuente de proteína (78). Ahora bien, continuando con las implicaciones de la raza en el contexto de este estudio, este ha sido uno de los determinantes que más se ha vinculado con inequidad en salud. Desde enfoques como la justicia ambiental, originado en Estados Unidos en el marco de las luchas raciales de los años 60 y 70, se pone de manifiesto como la población de raza negra ha estado más expuesta a riesgos ambientales comparada con población de raza blanca (79). Hertz et al sugirieron una asociación entre raza afroamericana y predictores de plomo en sangre (38), así como Mijal et al encontraron que mujeres negras no hispanas en edad fértil tenían niveles más altos de Cd en sangre que las no-hispanas blancas (80); en Colombia, también se evidenció la asociación de niveles de plomo en sangre en niños con raza negra y posición socioeconómica baja (81) y en investigaciones anteriores en la cohorte de estudio esta asociación se encontró para niveles de Pb en sangre (52). Igualmente, Evans et al asociaron la condición étnica con un bajo ingreso, malas condiciones de vivienda y educación deficiente (82).

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 bioacumuladores se dio en un contexto poblacional socioeconómico de bajos ingresos, en el cual las personas acostumbran comprar alimentos baratos y/o de menor calidad para afrontar las limitaciones económicas y en donde un nivel educativo bajo también puede limitar las posibilidades de elegir el consumo de alimentos de calidad, lo que puede representar un mayor riesgo para la seguridad alimentaria de la población.

Las mujeres participantes en el estudio se caracterizaron por ser en su mayoría de raza negra y mestiza, vivir en estrato 1, tener una escolaridad secundaria y subsistir con un ingreso mensual entre 1-2 salarios mínimos; todas estas características indicadoras de una posición socioeconómica baja. Este tipo de condiciones sociales y económicas de una población inducen al desarrollo de inequidades en salud (33). Particularmente, la condición socioeconómica es considerada como un factor que agrava los efectos por exposición a contaminantes ambientales. Existe una relación inversa entre el ingreso y otros indicadores de posición socioeconómica con factores de riesgo ambiental como desechos peligrosos, contaminación del aire, calidad del agua, hacinamiento, calidad de la vivienda, infraestructura educativa y condiciones del vecindario (82). Específicamente, en cuanto a metales pesados, la exposición ambiental a plomo, abarca diferentes rutas de exposición que son especialmente peligrosas para las personas que viven en la pobreza (83), así como el cadmio, cuya exposición es inversamente proporcional a medidas de condición socioeconómica (84).

Existen evidencias de la relación entre exposición a metales pesados y condición socioeconómica (62)(63)(64)(65). Sin embargo, sobre la relación entre el consumo de alimentos contaminados con metales pesados y la condición socioeconómica, se encuentra poca literatura. Muckle *et al* examinó la relación entre características sociodemográficas y el consumo de comida tradicional en mujeres gestantes de una comunidad esquimal para identificar alimentos que estuvieran relacionados con exposición a PCB y Hg, analizados en muestras de sangre y cabello de las participantes, encontrando una asociación entre consumo de pescado y carne de foca con una condición socioeconómica pobre, un bajo nivel educativo y la exposición a estos contaminantes (66).

Los determinantes sociales afectan de manera diferencial. Si se tiene en cuenta la vulnerabilidad del grupo poblacional en estudio (mujeres en edad fértil), se debe considerar que el cadmio presente en este alimento tiene una asimilación diferente al ser ingerido por las mujeres, debido a características propias del metabolismo de sustancias liposolubles (33). Además, las mujeres tienen una mayor carga corporal de cadmio que los hombres (80), ya que la absorción intestinal de este elemento es de 2 a 4 veces mayor en ellas (85).

En esa misma línea, 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; así, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas y el patrón alimentario reportado, el rol de la nutrición se muestra como un aspecto crítico a ser examinado más de cerca; estudios como el de Arruda y colaboradores (37) mencionan la sustitución metabólica del calcio por contaminantes como cadmio y plomo en niños de escasos recursos como una de las hipótesis para explicar que los picos de concentraciones de metales pesados fueran encontrados en niños menores de 15 años, especialmente cadmio y plomo, cerca de los límites superiores de los promedios mundiales; complementariamente, Suarez-Ortegon et al en Colombia (86) reportaron una asociación negativa entre niveles altos de plomo en sangre de mujeres en tercer trimestre de embarazo y la ingesta de zinc, calcio y vitamina B12, así como una asociación positiva en este mismo período de embarazo y la ingesta de ácido fólico; a su vez, Hertz-Picciotto et al (38) en Estados Unidos halló asociación entre una alta ingesta de calcio y niveles bajo de plomo en sangre de mujeres en segundo y tercer trimestre de embarazo. Por otro lado, Rosado et al a través de un ensayo placebo controlado en una población de escolares entre los 6 y 7 años cercanos a una zona de fundición industrial, mostró que la suplementación con hierro y/o zinc no produjo reducción en los niveles de plomo en sangre de estos niños expuestos a plomo (87).

Al observar la correspondencia entre la raza negra y el consumo de pescado manifestada en la investigación, se podría configurar una exposición diferencial dependiente de la raza (80), integrada e promovida principalmente por un patrón de consumo cultural, afectado a su vez, por la contaminación ambiental por cadmio producto de actividades antrópicas, y en general, enmarcado en un ambiente de condiciones socioeconómicas desfavorables a una población vulnerable de mujeres en edad fértil.

Entre las fortalezas del estudio se encuentran, la posibilidad de que mayoría de las participantes provinieran de una cohorte anterior. Tener información anterior, de base sobre la población de estudio y relacionada con el objetivo, permitió entender mejor el contexto e interpretar mejor los hallazgos. Así mismo, el tamaño de la muestra estimado fue cumplido, incluso superado, puesto que los porcentajes de no respuesta fueron más bajos que los calculados. Por su parte, el análisis de correspondencias múltiples fue indicado para el tamaño de muestra obtenido, permitió explorar nuevas relaciones, respetando el comportamiento de los datos e indicando la senda para nuevos estudios. También, la forma en que se indagó por la variable raza permitió caracterizar mejor la población en este sentido, a través de un referente visual como la, tarjeta raza.

Una limitación del estudio fue no poder contar con suficientes datos sobre concentraciones de metales pesados en alimentos, provenientes de los alimentos consumidos directamente por las participantes, de tal manera que hubiesen permitido hacer un análisis más completo e integral con este componente. Igualmente, la participación de voluntaria pudo generar un sesgo relacionado con la exposición, ya que las mujeres que decidieron participar pudieron ser las que percibían la contaminación ambiental como nociva, conocimiento relacionado con su nivel escolar. Si bien el sesgo de memoria pudo estar presente con relación a recordar los alimentos consumidos y su frecuencia, la forma de minimizarlo a través de medición semi cuantitativa, utilizando imágenes que estimaran cantidades y pesos, se constituye en una ventaja.

7.1 Implicaciones en salud pública

En términos de salud pública, los hallazgos de estudio tienen varias implicaciones. Inicialmente, la detección de alimentos contaminados con metales pesados en la zona no es nueva, incluso en estudios anteriores se ha reportado en otras especies de pescado y superando los límites establecidos en normas internacionales (32)(52). Esta tendencia en las detecciones lleva a considerar la importancia de implementar un sistema de vigilancia que monitoree los alimentos que se consideran de riesgo para la salud por su capacidad de acumular metales pesados; un control más riguroso de parte del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), aunado a un trabajo intersectorial entre academia, secretaría municipal de salud, Instituto

Colombiano Agropecuario-ICA, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural-INCODER, Ministerio de agricultura, con el fin de dar a conocer los hallazgos en contaminación ambiental de alimentos.

La comunicación y educación a la comunidad sobre las rutas y vías de exposición a metales pesados y pesticidas y los riesgos en salud es una tarea importante por realizar. La socialización de los resultados de este tipo de estudios, la difusión a la comunidad en colaboración con los medios de comunicación, de una forma clara y concreta, la participación de las Entidades Promotoras de Salud y sus programas de promoción y prevención y el interés de la comunidad afectada, a través de las diferentes organizaciones comunitarias en conocer su problemática, son estrategias que pueden movilizar este propósito

El trabajo y la intervención intersectorial de problemas ambientales desde enfoques sociales deben permear las decisiones y acciones que se tomen sobre la comunidad. El fomento a oportunidades laborales y productivas, la mejora de la calidad educativa, la protección y 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.

7.2 Futuros estudios

A la luz de los hallazgos encontrados, en relación a la situación de la población y del problema de contaminación ambiental en general, se sugieren estudios de costo-efectividad para la implementación de un sistema de vigilancia de alimentos contaminados por metales pesados; la caracterización de las rutas de distribución de pescado tanto del río Cauca como del proveniente de otras fuentes; estudios de evaluación en otras poblaciones que contemplen la estratificación urbana y rural de Cali; estudios genéticos, por medio del uso de herramientas de biología molecular que evalúen polimorfismos, para obtener información sobre la susceptibilidad de los individuos de la población frente a contaminantes ambientales y estudios que incluyan parámetros y variables que estimen y cuantifiquen el impacto de procesos de urbanización en la salud, con el fin de tener información que aporten a la construcción de una ciudad que brinde una mejor calidad de vida a sus habitantes

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Üstün AP, Corvalán C. Preventing Disease Through Healthy Environments [Internet]. World Health Organization; 2006. Recuperado a partir de: <http://www.who.int/quantifying>.
2. 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. 2002;65:1-142.
3. FAO. Food safety risk analysis, a guide for national food safety authorities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2006. p 105 p.
4. Wyatt C, Fimbres C, Romo L, Méndez R, Grijalva M. Incidence of Heavy Metal Contamination in Water Supplies in Northern Mexico. Environ Research. 1998;76:114-9.
5. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. Br Med Bull. 12 de enero de 2003;68(1):167-82.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Reseña Toxicológica del Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio [Internet]. Recuperado a partir de: www.atsdr.cdc.gov/es/

7. Pan American Health Organization. Capítulo 3: Desarrollo sostenible y salud ambiental. Salud en las Américas. Washington: Pan American Health Organization; 2007.
8. Goyer R. Issue on the Human Health Effects of Metals. Washington: U.S. Environmental Protection Agency; 2004 p. 45.
9. Persistent organic pollutants and heavy metals in adipose tissues of patients with uterine leiomyomas and the association of these pollutants with seafood diet, BMI, and age - Springer. [citado 5 de septiembre de 2013]; Recuperado a partir de: <http://link.springer.com.bd.univalle.edu.co/article/10.1007/s11356-009-0251-0/fulltext.html>
10. Vahter M, Akesson A, Lidén C, Ceccatelli S, Berglund M. Gender differences in the disposition and toxicity of metals. *Environmental Research*. 2007;104:85-95.
11. Butter ME. Are women more vulnerable to environmental pollution. *J Hum Ecol*. 2006;20(3):221-6.
12. Devkota B, Schmidt GH. Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. marzo de 2000;78(1):85-91.
13. Frost HL, Ketchum Jr. LH. Trace metal concentration in durum wheat from application of sewage sludge and commercial fertilizer. *Advances in Environmental Research*. noviembre de 2000;4(4):347-55.
14. Xian X. Response of kidney bean to concentration and chemical form of cadmium, zinc, and lead in polluted soils. *Environmental Pollution*. 1989;57(2):127-37.
15. Oliver MA. Soil and human health: a review. *European Journal of Soil Science*. 1997;48(4):573-92.
16. Roychowdhury T, Tokunaga H, Ando M. Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic-affected area of West Bengal, India. *Science of the Total Environment*. 2003;308(1):15-35.
17. Arsenic in Drinking Water: 2001 Update [Internet]. [citado 10 de abril de 2013]. Recuperado a partir de: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10194&page=1
18. Tseng C-H, Tseng C-P, Chiou H-Y, Hsueh Y-M, Chong C-K, Chen C-J. Epidemiologic evidence of diabetogenic effect of arsenic. *Toxicol Lett*. 7 de julio de 2002;133(1):69-76.
19. Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester JN. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. enero de 2006;112(1):41-8.
20. Bahemuka TE, Mubofu EB. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. *Food Chemistry*. 1999;66(1):63-6.
21. Türkdoğan MK, Kilicel F, Kara K, Tuncer I, Uygan I. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2003;13(3):175-9.

22. Mason RP, Laporte J-M, Andres S. Factors Controlling the Bioaccumulation of Mercury, Methylmercury, Arsenic, Selenium, and Cadmium by Freshwater Invertebrates and Fish. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1 de abril de 2000;38(3):283-97.
23. Xie L, Xie P, Guo L, Li L, Miyabara Y, Park H-D. Organ distribution and bioaccumulation of microcystins in freshwater fish at different trophic levels from the eutrophic Lake Chaohu, China. *Environmental Toxicology*. junio de 2005;20(3):293-300.
24. Van der Oost R, Beyer J, Vermeulen NP. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2003;13(2):57-149.
25. Dallinger R, Prosi F, Segner H, Back H. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. *Oecologia*. agosto de 1987;73(1):91-8.
26. Mancera N, Alvarez R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces Dulceacuícolas de Colombia. 2006;11(1):3-23.
27. Marrugo-Negrete J, Verbel JO, Ceballos EL, Benitez LN. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environmental Geochemistry and Health*. 3 de julio de 2007;30(1):21-30.
28. Campos NH, Hemando N. Concentraciones de metales traza en *Ariopsis bonillai* (Pisces: Siluriformes) de Santa Marta, Caribe colombiano. *Revista de biología tropical*. 1992;40:179-179.
29. Madero A, Marrugo J. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia Detection of heavy metals in cattle, in the valleys of the Sinu and San Jorge rivers, department of Cordoba, Colombia. *RevMVZ Córdoba*. 2011;16(1):2391-401.
30. Fajardo SM, Borrero JAL, Moreno G, Ayala A. ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS NIVELES DE CADMIO EN ARROZ, FRÍJOLES Y LENTEJAS DISTRIBUIDOS EN SUPERMERCADOS DE BOGOTÁ Y PLAZAS DE MANIZALES. diciembre de 2007 [citado 29 de marzo de 2013];7(2). Recuperado a partir de: http://www.researchgate.net/publication/230888099_ESTUDIO_PRELIMINAR_DE_LOS_NIVELES_DE_CADMIO_EN_ARROZ_FRJOLES_Y_LENTEJAS_DISTRIBUIDOS_EN_SUPERMERCADOS_DE_BOGOT_Y_PLAZAS_DE_MANIZALES/file/9fcfd505c9fb57923f.pdf
31. CVC, Univalle. El río Cauca en su valle alto: Un aporte al conocimiento de uno de los ríos más importantes de Colombia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca; 2007. 400 p.
32. Grupo Epidemiología y Salud Poblacional, Grupo de Investigación 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.
33. WHO. Equity, social determinants and public health programmes [Internet]. Switzerland.: World Health Organization; 2010. Recuperado a partir de: http://www.who.int/social_determinants/en/

34. Galobardes B, Lynch J, Smith GD. Measuring socioeconomic position in health research. *British Medical Bulletin*. 2007;81(1):21-37.
35. Lekouch N, Sedki A, Bouhouch S, Nejmeddine A, Pineau A, Pihan JC. Trace elements in children's hair, as related exposure in wastewater spreading field of Marrakesh (Morocco). *Science of The Total Environment*. 15 de diciembre de 1999;243-244(0):323-8.
36. Kordas K, Lönnnerdal B, Stoltzfus RJ. Interactions between Nutrition and Environmental Exposures: Effects on Health Outcomes in Women and Children. *J Nutr*. 12 de enero de 2007;137(12):2794-7.
37. Arruda-Neto JDT, Geraldo LP, Prado GR, Garcia F, Bittencourt-Oliveira MC, Sarkis JES, et al. Study of metals transfer from environment using teeth as biomonitor. *Environment International*. abril de 2010;36(3):243-6.
38. 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*. 11 de enero de 2000;152(9):829-37.
39. Markowitz ME, Sinnott M, Rosen JF. A Randomized Trial of Calcium Supplementation for Childhood Lead Poisoning. *Pediatrics*. 1 de enero de 2004;113(1):e34-e39.
40. Zimmermann MB, Muthayya S, Moretti D, Kurpad A, Hurrell RF. Iron Fortification Reduces Blood Lead Levels in Children in Bangalore, India. *Pediatrics*. 6 de enero de 2006;117(6):2014-21.
41. Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet*. 16 de diciembre de 2006;368(9553):2167-78.
42. Serdar MA, Akin BS, Razi C, Akin O, Tokgoz S, Kenar L, et al. The Correlation Between Smoking Status of Family Members and Concentrations of Toxic Trace Elements in the Hair of Children. *Biological Trace Element Research*. 10 de febrero de 2012;148(1):11-7.
43. Skerfving S, Bencko V, Vahter M, Schütz A, Gerhardsson. Environmental health in the Baltic region - toxic metals. *Scand J Work Environ Health*. 1999;25(3):40-64.
44. Milovanovic M. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*. 2007;213:159-73.
45. Hacon S, Barrocas P, De Vasconcellos A, Barcellos C, Wasserman J, Campos R, et al. An overview of mercury contamination research in the Amazon basin with an emphasis on Brazil. *Cad Saúde Pública*. 2008;24(7):1479-92.
46. Kamala-Kannan S, Prabhu Dass Batvari B, Lee KJ, Kannan N, Krishnamoorthy R, Shanthi K, et al. Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, South East India. *Chemosphere*. abril de 2008;71(7):1233-40.
47. Davies OA, Allison ME, Uyi HS. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus* var *radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. *African Journal of Biotechnology*

[Internet]. 2009 [citado 6 de mayo de 2013];5(10). Recuperado a partir de:
<http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/42835>

48. M.Öztürk, G.Özözen, O.Minareci, E.Minareci. DETERMINATION OF HEAVY METALS IN FISH, WATER AND SEDIMENTS OF AVSAR DAM LAKE IN TURKEY. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering [Internet]. 2009 [citado 6 de mayo de 2013];6(2). Recuperado a partir de:
http://journals.tums.ac.ir/abs.aspx?org_id=59&culture_var=en&journal_id=13&issue_id=1594&manuscript_id=13566&segment=en
49. CAR. Río Bogotá, Adecuación hidráulica y recuperación ambiental: Evaluación Ambiental y Plan de Gestión Ambiental Bogotá. Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca; 2009.
50. Feria J, Marrugo J, González H. Metales pesados en el río Sinú, departamento de Córdoba, Colombia, Sudamérica. Rev Facultad Ingeniería Univ Antioquia. 2010;55:35-44.
51. Marrugo J, Benitez L, Olivero J. Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia. Arch Environ Contam Toxicol. 2008;55(2):305-16.
52. Fabián Méndez Paz. Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de Bajo Peso al Nacer (BPN) y Restricción del Crecimiento Intra Uterino (RCIU) en una cohorte de mujeres gestantes de la ciudad de Cali. Universidad del Valle; p. 12. Report No.: 331-2008.
53. Nutrition C for FS and A. Methylmercury - Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish (1990-2010) [Internet]. [citado 16 de abril de 2013]. Recuperado a partir de: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/Seafood/FoodbornePathogensContaminants/Methylmercury/ucm115644.htm>
54. Nasreddine L, Parent-Massin D. Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry? 2002;127:29-41.
55. Castro M, Méndez M. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. 2002;127:29-41.
56. Skoulikidis N. The environmental state of rivers in the Balkans - A review within the DPSIR framework. Science of the Total Environment. 2009;407:2501-16.
57. Khan SI, Ahmed AKM, Yunus M, Rahman M, Hore SK, Vahter M, et al. Arsenic and Cadmium in Food-chain in Bangladesh--An Exploratory Study. J Health Popul Nutr. diciembre de 2010;28(6):578-84.
58. Nasreddine L, Parent-Massin D. Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry? Toxicology Letters. 28 de febrero de 2002;127(1-3):29-41.
59. Sirot 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. Environmental Research. 2008;107:30-8.

60. 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. *Environmental Research*. 2008;108:320-6.
61. Cuartas 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;1-10.
62. Parodi S, Baldi R, Benco C, Franchini M, Garrone E, Vercelli M, et al. Lung cancer mortality in a district of La Spezia (Italy) exposed to air pollution from industrial plants. *Tumori*. 2004;90(2):181-5.
63. Su C-C, Lin Y-Y, Chang T-K, Chiang C-T, Chung J-A, Hsu Y-Y, et al. Incidence of oral cancer in relation to nickel and arsenic concentrations in farm soils of patients' residential areas in Taiwan. *BMC Public Health*. 12 de febrero de 2010;10:67.
64. Cheng J, Yuan T, Wang W, Jia J, Lin X, Qu L, et al. Mercury pollution in two typical areas in Guizhou province, China and its neurotoxic effects in the brains of rats fed with local polluted rice. *Environ Geochem Health*. diciembre de 2006;28(6):499-507.
65. Parajuli RP, Fujiwara T, Umezaki M, Furusawa H, Ser PH, Watanabe C. Cord Blood Levels of Toxic and Essential Trace Elements and Their Determinants in the Terai Region of Nepal: A Birth Cohort Study. *Biological Trace Element Research*. 11 de enero de 2012;147(1-3):75-83.
66. 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*. septiembre de 2001;109(9):957-63.
67. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia - ENSIN 2010. Bogotá: ICBF; 2011 ago.
68. Michael Greenacre. La práctica del análisis de correspondencias. 1.^a ed. Barcelona: Fundacion BBVA; 2008.
69. KMR Software. Manual para el usuario de Correspondencia y Cluster Análisis.
70. Session T. codex alimentarius commission. Codex [Internet]. 2000 [citado 16 de enero de 2014]; Recuperado a partir de:
ftp://ftp.fao.org/osd/CPF/Countries/Bhutan/%5C/codex/Reports/Alinorm01/al01_12e.pdf
71. CODEX CXS_193s.pdf.
72. Quintero-Alvarez JM, Soto-Jiménez MF, Amezcua F, Voltolina D, Frías-Espéricueta MG. Cadmium and Lead Concentrations in the Fish Tissues of a Coastal Lagoon System of the SE Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2 de agosto de 2012;89(4):820-3.
73. Mansour SA, Sidky MM. Ecotoxicological Studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*. julio de 2002;78(1):15-22.

74. Rashed MN. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International*. julio de 2001;27(1):27-33.
75. Atta MB, El-Sebaie LA, Noaman MA, Kassab HE. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chemistry*. 1997;58(1):1-4.
76. Cáceres PR, Tello A, Torres GA. USO DE BIOMARCADORES GENOTOXICOS E HISTOPATOLÓGICOS PARA EVALUAR EL EFECTO DE LOS METALES EN LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus* LL) PRESENTE EN LA LAGUNA DE SONSO (VALLE DEL CAUCA). [citado 17 de enero de 2014]; Recuperado a partir de: [http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/download/revistas/2010\(2\)/art9.pdf](http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/download/revistas/2010(2)/art9.pdf)
77. Gischler, Christian. PATHWAYS OF HEAVY METALS AND IMPLICATIONS FOR STAKEHOLDERS, SONSO LAGOON, COLOMBIA. 2005.
78. 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 Analysis*. 1999;19(3):427-38.
79. Taylor DE. The rise of the environmental justice paradigm injustice framing and the social construction of environmental discourses. *American behavioral scientist*. 2000;43(4):508-80.
80. Mijal RS, Holzman CB. Blood cadmium levels in women of childbearing age vary by race/ethnicity. *Environmental Research*. julio de 2010;110(5):505-12.
81. Filigrana PA, Méndez F. Blood Lead Levels in Schoolchildren Living Near an Industrial Zone in Cali, Colombia: The Role of Socioeconomic Condition. *Biological Trace Element Research*. 1 de mayo de 2012;149(3):299-306.
82. Evans GW, Kantrowitz E. SOCIOECONOMIC STATUS AND HEALTH: The Potential Role of Environmental Risk Exposure. *Annual Review of Public Health*. 2002;23(1):303-31.
83. Tong S, Schirnding YE von, Prapamontol T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*. enero de 2000;78(9):1068-77.
84. 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. *Environment International*. septiembre de 2013;59:328-35.
85. Järup L, Åkesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1 de agosto de 2009;238(3):201-8.
86. Suarez-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. *American Journal of Human Biology*. mayo de 2013;25(3):344-50.

87. 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.* 9 de enero de 2006;136(9):2378-83.