



3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

3.1. Planteamiento del problema de investigación

La contaminación del medio ambiente ocasionada por el uso indiscriminado de sustancias químicas en actividades agrícolas, industriales y extractivas, se convierte en una problemática latente pero deficientemente divulgada, la cual enfrentan los consumidores finales de alimentos expuestos a sustancias tóxicas que se encuentran disponibles en los diferentes compartimientos de los ecosistemas (agua, aire, suelo). A nivel mundial es evidente la preocupación creciente en relación a los riesgos ambientales para la salud humana por la exposición y consumo de contaminantes (metales tóxicos, hidrocarburos y organoclorados) acumulativos en los organismos (EPA, 2013). Este conflicto ambiental se magnifica con el uso irresponsable y masivo de sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas, que incrementan la permanencia en los ecosistemas, afectando desde procesos metabólicos de organismos hasta perturbando procesos ambientales que afectan la salud pública (Niencheski&Fillmann, 2006).

Sumado a este panorama, se resalta la ausencia de políticas, locales o nacionales, adecuadas que conduzcan a realizar la evaluación ecotoxicológica de los alimentos distribuidos y consumidos con mayor preferencia en los mercados de la ciudad de Bogotá. En consecuencia, los consumidores se encuentran desinformados en relación al consumo de contaminantes a través de la ingesta de alimentos y agua, vulnerando así los derechos del consumidor (SIC, 2013). Además, esta falta de políticas relacionadas a la contaminación de alimentos puede convertirse en un problema de salud pública consecuencia de una alimentación con sustancias nocivas para el ser humano.

El objetivo de este proyecto de investigación es evaluar el nivel de contaminación de alimentos en Bogotá relacionándolo con las implicaciones sociales en las políticas de seguridad alimentaria. Bajo las categorías analíticas de la ecotoxicología, la química y las ciencias sociales. El proyecto será realizado en tres fases iniciales para las que se proyectan como objetivos específicos: i) Determinar químicamente la presencia y concentración de metales pesados en alimentos, ii) Determinar químicamente la presencia y concentración de metales pesados en agua de consumo, iii) Generar un espacio inter y transdisciplinario de análisis de los resultados de investigaciones encaminado a establecer los niveles de metales tóxicos en los alimentos distribuidos en Bogotá D.C., v) Establecer interacciones entre las políticas industriales, ambientales, mineras y de seguridad alimentaria relativo a la contaminación de alimentos con metales pesados.

Este proyecto se plantea en el marco del trabajo realizado en la Red Ambiental de Universidades-RAUS a la cual pertenecen la Universidad Santo Tomás y la Universidad Sergio Arboleda, a través del Instituto de Estudios y Servicios Ambientales Sergio Arboleda-IDEASA. La Universidad Santo Tomás participaría con recursos gestionados por medio de la convocatoria interna de Cooperación y Cofinanciación Interinstitucional. El investigador principal de la Universidad Santo Tomás pertenece al Grupo de investigación INAM-USTA



(COL0135589) y el co-investigador al Grupo de Investigación Agua y Sociedad (COL0049373) de la Universidad Santo Tomás. Por su parte, el Grupo de investigación de la Universidad Sergio Arboleda IDEASA - Medio Ambiente y Sostenibilidad (COL0137429) participará en la investigación para cooperación y cofinanciación, gestionando recursos internos. El proyecto será desarrollado por un grupo de profesionales que incluye áreas del conocimiento como la Sociología, Biología, Ecotoxicología e Ingeniería Química, esta cooperación institucional incrementará la integración de diversas herramientas de análisis social, ecológico, toxicológico y filosófico que enriquecerá la aproximación al problema bajo un enfoque multidisciplinario.

Como resultado de este proyecto de investigación se esperan generar elementos analíticos de divulgación científica, que permitan sensibilizar y concientizar a los consumidores con la visión de promover el diseño de las políticas públicas involucradas en el problema. Adicionalmente, el desarrollo de alianzas interinstitucionales para realizar investigaciones permite el crecimiento y fortalecimiento de las Instituciones involucradas visando el empoderamiento del proceso científico e investigativo de la comunidad académica y la sociedad civil.

3.2. Marco teórico

Los metales tóxicos se encuentran disponibles de forma natural en el medio ambiente. Sin embargo, el aumento de actividades humanas agrícolas, emisiones industriales y procesos de extracción minera son las fuentes de exposición de alimentos a metales tóxicos más frecuentes. Estas actividades incrementan las concentraciones de estos compuestos, que se encuentran disponibles en el medio natural, lo que conlleva a un aumento de la contaminación de alimentos por vertimiento y disponibilidad (Falco *et al.*, 2012).

Sumado a esto, la conectividad que tienen los ecosistemas por los sistemas y corredores hídricos (quebradas, ríos, lagunas, cuencas, mar, océano) permite que estos compuestos circulen de forma cíclica por todos los sistemas naturales (Alegria *et al.*, 2012), aumentando así la probabilidad de exposición a metales tóxicos de cualquier clase de alimento de origen vegetal y animal terrestre o acuático (agua dulce y marinos). En consecuencia, actividades realizadas en el interior del país afectan directamente las especies costeras y marítimas, debido a que los cuerpos de agua funcionan como receptores finales de cualquier contaminante. Asimismo, tienen la capacidad de transportarlos a grandes distancias, afectando una amplia cantidad de organismos acuáticos, principalmente, que a su vez son de consumo humano.

De la misma forma, la biomagnificación de metales tóxicos que se presenta en organismos de niveles tróficos superiores, por el consumo y bioacumulación de estos compuestos en sus tejidos, resulta ser el mayor problema que pone en riesgo la salud pública humana. Estas sustancias no son metabolizadas por los organismos, sino que son depositados en tejidos, aumentando cada vez más su concentración dependiendo el nivel de la exposición (aguda o crónica) (Van der Oost *et al.*, 2003).



En consecuencia de esta exposición inminente a metales tóxicos que es cada vez más frecuente, se pone en evidencia el riesgo tóxico para humanos que conlleva el consumo de alimentos contaminados (especialmente productos de origen pesquero) como una problemática a nivel mundial. Con el fin de proteger la salud de los consumidores las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) junto a la Organización mundial para la Salud (OMS) establecieron el Codex Alimentarius como un conjunto de normas alimentarias internacionales que abarcan los principales alimentos (FAO, 2006).

Considerando las directrices del Codex, los metales tóxicos encajan dentro de la definición de contaminante en alimentos:

“...Cualquier sustancia no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho alimento como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental...”.

Por medio de investigaciones científicas sobre los alimentos el Codex ha contribuido a que aumente la conciencia de la comunidad internacional acerca de temas fundamentales como la calidad e inocuidad de los alimentos y la salud pública. A nivel internacional, la Association of American Feed Control Officials- AAFCO (1996) clasifica los metales en altamente tóxicos, tóxicos, moderadamente tóxicos y ligeramente tóxicos y da unos valores máximos recomendables, que son en general bastante elevados.

En 1949, Argentina propuso desarrollar e implementar el Código Latinoamericano de Alimentos. En 1959 en el “VII Congreso Latinoamericano de Química” reunido en México, se aprobó el proyecto de Código Latinoamericano de Alimentos, y se creó una Comisión Permanente del Código Latinoamericano de Alimentos, encargada de realizar gestiones para que los países latinoamericanos adopten o tengan en cuenta las normas reglamentarias establecidas en dicho código (FAO, 2013).

En Colombia, el Codex está representado por el Decreto 0977 de 1998 el Comité Nacional del Codex Alimentarius como parte del Ministerio de Salud Pública de Colombia. Las normas del Codex tienen por objetivo caracterizar los productos y determinar los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas, contaminantes y medicamentos veterinarios en alimentos. La normatividad sanitaria colombiana por medio de la Resolución 0776 de 2008 (Ministerio de la Protección Social Colombiano, 2008), establece el Reglamento técnico para los productos de la pesca. Sin embargo, en Colombia no se encuentran los valores de LMR para metales tóxicos que pueden causar riesgo para la salud pública (excepto el mercurio, plomo y cadmio) en productos de pesca, ni existe un monitoreo de la presencia de estos contaminantes en los alimentos que son consumidos.

En contraste a esta falencia de la normatividad, en la literatura científica, se cuenta con reportes de investigaciones donde se evaluó la contaminación industrial (Cardeñosae *et al.*, 1973), investigación sobre el



contenido de mercurio (Galiano-Sedano, 1976, 1977), estudios sobre la contaminación de residuos industriales (Galiano-Sedano, 1979) en aguas de los ríos colombianos. Ha sido reportada la contaminación de peces por metales tóxicos en Colombia en la cuenca del río Magdalena y sus afluentes, (región de la Mojana, ciénagas del sur del departamento de Bolívar y áreas del Magdalena medio), donde se han determinado los niveles de contaminación por mercurio (Giraldo *et al.*, 1996, 1999; Toro-Suárez *et al.*, 1996; Díaz Granados, 1998; Garzón-García, 1998; Herrera-Piñeros, 1998). Recientemente estudios donde se revisa el conocimiento de la presencia de metales tóxicos en ictiofauna de ríos de agua dulce (Mancera-Rodríguez & Ricardo Álvarez-León, 2006) y en productos de conserva de consumo humano (Sanchez, 2011).

La pregunta que se busca responder en esta investigación se divide en cuatro dimensiones: i) cuál es la situación real de la presencia de contaminantes en los alimentos que consumen los bogotanos, ii) cuál es la interacción que se da entre las políticas industriales, extractivas (minería), ambientales y de seguridad alimentaria en relación con el problema, iii) cuál es el impacto en términos de salud pública de la presencia de metales tóxicos en los alimentos que consumen los colombianos y iv) qué espacios analíticos se pueden construir para visualizar y enfrentar el problema.

De manera reiterada diversas mediciones realizadas durante los últimos treinta años vienen registrando presencia de metales tóxicos en diversos tipos de alimentos sin que dichos hallazgos se hayan traducido en políticas públicas encaminadas a enfrentar el tema. El proyecto se ubica justamente en esta ausencia de visibilidad del tema y en las debilidades institucionales para dar cuenta de la complejidad de un problema que alcanza magnitudes globales ya que hoy no existe una sociedad en el mundo que no presente diversos grados de contaminación de sus alimentos.

En consecuencia, los consumidores se encuentran desinformados en relación al consumo de contaminantes por medio de la ingesta de alimentos y agua, vulnerando así los derechos del consumidor (SIC, 2013). Además, esta falta de políticas relacionadas a la contaminación de alimentos puede convertirse en un problema de salud pública decurrente de las consecuencias de una alimentación con sustancias nocivas para el ser humano.

La línea de análisis planteada en términos de políticas públicas está enfocada a las políticas industriales y extractivas (generadoras de procesos importantes de contaminación, políticas ambientales (encaminadas a reducir los impactos de la contaminación), políticas de seguridad alimentaria (encaminadas a garantizar alimentos inocuos) y políticas de salud pública (orientadas a establecer el origen de los procesos mórbidos a fin de controlarlos y reducirlos). Es en este escenario de interacciones múltiples y complejas en donde se inscribe el proyecto de investigación planteado.

Considerando esta problemática, este proyecto de investigación busca trazar una línea de intersección entre la ecología industrial, la economía ecológica, la ecotoxicología, la salud pública, las políticas públicas y la ecología sistémica o de la complejidad. Con el objetivo de realizar un análisis transdisciplinar de la contaminación de alimentos en Bogotá.



En su dimensión teórica el proyecto busca trazar una línea de intersección entre la ecología industrial, la economía ecológica, la toxicología ambiental, la salud pública, las políticas públicas y la ecología sistémica o de la complejidad. El concepto de ecología industrial que aparece a finales de la década de los 80 surge como un resultado de la economía ecológica cuya visión, en opinión de la investigadora mexicana Graciela Carrillo (2009) surge en la necesidad de reconocer la estrecha y compleja interacción entre los sistemas económicos y el mundo natural.

El enfoque de la ecología industrial se sustenta, de acuerdo a la investigación de Carrillo (2009), en tres elementos:

- Un enfoque sistémico que integra los componentes de la industria y de la biosfera.
- Un énfasis en la extracción biofísica para las actividades humanas y las complejas relaciones de los flujos materiales con el sistema industrial.
- Una consideración de la evolución de las dinámicas tecnológicas en el largo plazo como elemento de transición para pasar de un sistema industrial no sustentable hacia un ecosistema industrial.

Si bien las primeras concepciones de ecología industrial surgen bajo una concepción de ahorro de recursos, eficiencia y optimización en el consumo de recursos (Frosch, 1995), tres elementos se resaltan para los propósitos de la presente investigación: i) de una parte el énfasis de las interacciones entre los sistemas industrial y biológico, ii) En segundo lugar la responsabilidad e impacto del sistema industrial sobre la estabilidad y equilibrio del sistema biológico y iii) la visualización de las cadenas alimenticias como el resultado de un sinnúmero de interacciones, flujos y dinámicas entre diferentes ecosistemas (Carrillo, 2009).

El concepto de interacción mutuamente determinante con el medio le proviene a la ecología industrial de la economía ecológica, concepto central para la presente investigación en el entendido que la contaminación de alimentos por metales tóxicos es el resultado extremo de ignorar esta interacción. Como elementos centrales que han conducido a esta situación aparece la contaminación de las fuentes hídricas.

El impacto de la contaminación del agua es extremadamente alto sobre la contaminación de diversos tipos de alimentos. De tiempo atrás¹ se viene registrando contaminación en las aguas de riego y en las especies vegetales comestibles regadas con las aguas del río Bogotá². En 1995 se registró presencia de metales tóxicos (plomo y mercurio), organoclorados (BHC, lindano) y organofosforados (etil y metilparathión y parathión). En investigación del 2008 realizada en el Distrito de riego La Ramada (Miranda, Carranza, Fisher, 2008, 188 y ss.) se registra contaminación por Cadmio (Cd), superior al límite de la norma de la Unión Europea en cultivos de apio y

¹ Por lo menos desde mediados del siglo pasado se conocen registros no sólo del problema de contaminación del río, sino de importantes problemas de salud pública en toda la nación colombiana. Estos problemas subsisten hoy, en pleno siglo XXI.

² En los pueblos en donde se realizan los cultivos, sus habitantes, conocedores del potencial tóxico de las aguas, se abstienen de consumir lo que ellos mismos cultivan, optando por llevarlo a la ciudad donde es vendido.



lechuga. Igualmente se registró concentración de plomo (Pb) en repollo, brócoli e igualmente apio y lechuga, que superó la concentración máxima permitida en alimentos para lactantes y niños de corta edad, establecida por la Unión Europea. La lechuga acumuló niveles más altos de metales tóxicos que los otros cultivos. El nivel de contaminación es sistémico, en la medida en que se evidencian sustancias tóxicas en todos los sistemas de vida de la región.

El impacto tanto de la contaminación del agua como de los alimentos por diversos tipos de sustancias es susceptible de ser trazado. Existe un factor ambiental involucrado en la epidemiología del cáncer que requiere ser desarrollado. En el 2011 la Secretaría de Salud de Bogotá informó que el cáncer es la segunda causa de muerte en la ciudad³. Los estudios se limitan a señalar el problema en tanto las entidades observan sin que se enfrente de alguna manera el problema. No se asume que, si los factores ambientales son reconocidos como generadores/facilitadores de una enfermedad como el cáncer, existe entonces una responsabilidad del modelo social y por esta vía del espacio moral y de los instrumentos legales disponibles en la actualidad. Se hace necesario establecer las implicaciones institucionales de las distribuciones espaciales de una enfermedad como el cáncer⁴ así como las conexiones conceptuales y epidemiológicas que aún siguen sueltas⁵ y que traban de manera considerable la construcción de una plataforma adecuada de justicia ambiental que permita vincular la contaminación ambiental (científicamente demostrada), los envenenamientos colectivos y la aparición de enfermedades devastadoras e irreversibles.

3.3. Metodología

Este proyecto de investigación será desarrollado en tres fases como se describe a continuación:

Fase 1. Determinación Química de Metales en alimentos de origen pesquero

El diseño experimental para la determinación química de metales tóxicos en productos pesqueros frescos de consumo en Bogotá, se encuentra resumido en la Figura 1. Estos análisis se realizarán por medio de la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) en 120 muestras por metal, pertenecientes a 12 grupos catalogados de acuerdo a tres ejes para el análisis: 1. Tipo de Local de distribución de Producto pesquero, 2) Localización espacial en la ciudad de Bogotá y 3) Especies de pescado consumidos con mayor frecuencia por los Bogotanos.

³ Se reportan 5.400 muertes anuales sólo por cáncer

⁴ La ciudad de Bogotá en el estudio del 2001 aparece con una menor incidencia de cáncer que otras regiones, lo cual podría estar sugiriendo que la contaminación en otras regiones es MAYOR a la que se registra en la ciudad. La conexión entre enfermedad y territorio es un fenómeno un tanto inexplorado.

⁵ La ausencia de estas conexiones habla por sí sola de la calidad y la pertinencia de los centros universitarios y de investigación en Colombia.

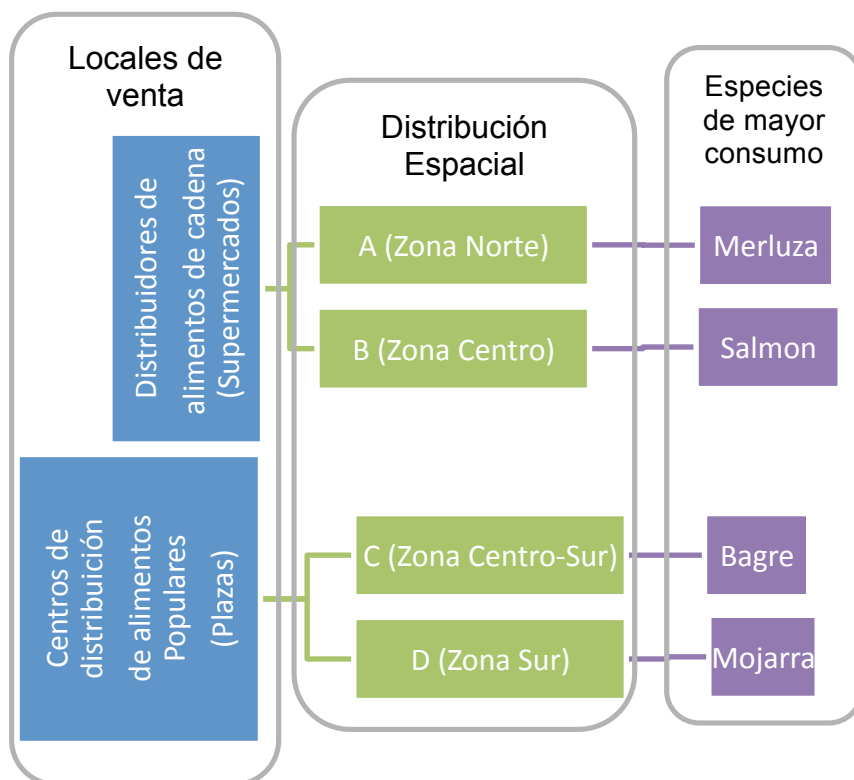


Figura 1. Diseño experimental Determinación de metales tóxicos en muestras de Productos Pesqueros frescos comercializados en Bogotá. Número de muestras por grupo= 4. Número total de muestras= 120.

En cada muestra serán determinadas las concentraciones de metales tóxicos catalogados como altamente tóxicos: Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg); tóxicos: Plomo (Pb) y moderadamente tóxicos: Arsénico (As). En cada muestra serán analizados los cuatro metales, por lo cual el número total de análisis es de 120. La técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFASS) será utilizada para determinar Pb, Cd, y Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generación de Hidruros (HGAAS) para As y Hg.

Con el fin de determinar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos muestrales, se realizará un análisis estadístico en el programa R de acceso libre. Las concentraciones de metales analizados serán reportadas como el promedio de los resultados obtenidos $\pm$ el error estándar en unidades de partes por billon (ppb: microgramo/kilogramo). Los datos serán analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) para identificar contaminación por metales tóxicos en las especies de peces y locales de colecta. El procedimiento de Bonferroni de múltiples composiciones será usado para comparar las concentraciones promedio de los metales cuando ANOVA muestre diferencias significativas. El nivel de significancia será fijado en $p < 0.005$. Los ensayos estadísticos serán conducidos para determinar cuando los datos cumplen la suposición de distribuciones normales e iguales varianzas. Un análisis de correlación de los datos será realizado para determinar cuando existe correlación entre la especie y la concentración de metal.

Mediante la determinación química de metales tóxicos en productos pesqueros frescos de mayor consumo en Bogotá se busca construir un espacio de eco-



análisis interdisciplinario que garantice el cumplimiento de los objetivos específicos de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Descripción de los alcances y actividades del Eco-análisis de la contaminación de productos pesqueros frescos por metales tóxicos en Bogotá.

	Alcance	Actividades
Caracterización de la Distribución y consumo de Productos pesqueros frescos	Identificar los locales de distribución y productos pesqueros frescos consumidos frecuentemente en Bogotá	- Determinación espacial en la ciudad de Bogotá de locales de distribución de productos pesqueros frescos. - Realización de encuestas para identificar las especies consumidas con mayor frecuencia. - Realización de encuestas para identificar el origen de los productos pesqueros comercializados. - Realización de encuestas para determinar los niveles de poder adquisitivo de los consumidores de productos pesqueros frescos.
Determinación química de metales tóxicos	Determinar químicamente la presencia de metales tóxicos (Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio) en productos pesqueros frescos consumidos en Bogotá	Determinación química de metales tóxicos en especies de peces consumidas frecuentemente por los Bogotanos.

Fase 2. Determinación Química de Metales tóxicos en agua de consumo en Bogotá.

La determinación de metales tóxicos (As, Cr, Pb y Cd) en agua potable será realizada por medio de análisis por inyección en flujo con detección espectrofotométrica (UV- Vis) por pre-concentración. Esta técnica es desarrollada en los Laboratorios de la Universidad Santo Tomás.

- Determinación de oxianiones- Arsénico (As) y Cromo (Cr)*

El arsénico ocurre en una amplia variedad de materiales naturales, aguas, productos comerciales y sitios contaminados. Este elemento cuando se encuentra en concentraciones suficientemente elevadas puede amenazar la salud humana o el medio ambiente. Los materiales con altos contenidos de arsénico son más frecuentemente encontrados en dos situaciones: (1) como productos comerciales o aguas producto de actividades industriales, minería, domésticas, agricultura u otras actividades humanas y (2) en suelos, sedimentos, gases y aguas en localidades que son naturalmente enriquecidas con arsénico o artificialmente contaminadas.

El interés por la especiación del cromo es originado por el amplio uso de este metal en la industria metalúrgica, la fabricación de materiales refractarios, fabricación de pigmentos, electrometalizado y curtido de pieles. Como consecuencia de estos procesos, cantidades considerables de compuestos de cromo son descargados en el ambiente en forma de desperdicios líquidos, sólidos y gaseosos, los cuales finalmente pueden ser la principal causa de



efectos biológicos y ecológicos significativamente adversos. En el hombre, la inhalación y retención de sustancias conteniendo Cr(VI) puede causar asma, bronquitis, neumonía, inflamación hepática e incrementa la ocurrencia de carcinoma del pulmón. Las propiedades tóxicas del cromo hexavalente surgen de su libre difusión a través de la membrana celular y su fuerte poder oxidante, el cual resulta en la formación de radicales libres o especies inestables altamente oxidantes (Kotaś, y Stasicka, 1997).

Para realizar esta medición se deben realizar las transformaciones químicas y pre-concentración del analito por medio de un sistema de análisis por inyección en flujo (FIA). Este sistema de pre-tratamiento ofrece ventajas en el análisis de una amplia variedad de muestras líquidas. El acoplamiento de estos sistemas de pre-tratamiento de las muestras con micro-columna de pre-concentración a una detección ultravioleta-visible (UV-Vis) permite pre-concentración en micro-columna empaquetada con una clinoptilolita natural modificada con surfactante (SMZ) y separación por elución de especies aniónicas de interés contenidas en muestras de agua y detección de concentraciones de metales en grandes volúmenes.

- *Determinación de Cationes Plomo (Pb) y Cadmio (Cd)*

El Plomo (Pb) se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. Rara vez se encuentra en su estado elemental. Se presenta comúnmente como sulfuro de plomo (PbS) y asociado a otros minerales. Es ampliamente usado en la industria de electrónicos aislantes, pinturas, combustibles derivados del petróleo, entre otros. Las partículas de mayor tamaño quedan retenidas en el suelo y en las aguas superficiales, provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres, y con la posibilidad de llegar hasta el hombre a través de la cadena alimenticia. Las pequeñas partículas quedan suspendidas en la atmósfera, pudiendo llegar al suelo y al agua a través de la lluvia ácida. De esta forma la absorción de plomo por vía oral es cercana al 10% en adultos y se incrementa hasta el 50% en niños (WHO, 1995).

El cadmio en cantidades traza es importante para la industria, como elemento tóxico, como elemento biológicamente no esencial, como contaminante ambiental y como peligro ocupacional. Este es un elemento esencialmente tóxico y ha sido responsable por numerosas muertes. Los síntomas del envenenamiento por cadmio es hipertensión instantánea, acortamiento de la esperanza de vida, daño del riñón, bronquitis, retardo del crecimiento, anomalías de tamaño de los órganos vitales y riesgos de cáncer prostático. También causa cáncer generalizado en animales de laboratorio y ha sido ligado epidemiológicamente con ciertos cánceres humanos (Ullah y Enamul Haque, 2010).

Para la determinación de cationes de Pb y Cd será utilizado el análisis por inyección en flujo con detección espectrofotométrica (UV- Vis). Las muestras de agua para Plomo serán tomadas en botellas de polietileno lavadas por lo menos tres veces antes de tomar las muestras. Se tomarán volúmenes de



muestra de 10 L en cada punto de muestreo. Las muestras serán acidificadas con ácido nítrico (HNO_3) 10%, colocadas en baño de hielo y llevadas al laboratorio. Las muestras serán filtradas a través de filtros de membrana de $0.45 \mu\text{m}$ de microporo y mantenidas a 4°C antes de ser analizadas (Mesquita et al, 2004).

La determinación del Cadmio será realizada mediante con el método del Rojo de Alizarina S (sal sódica de 1,2-dihidroantraquinona-3 ácido sulfónico). Este método presenta algunas ventajas como son la simplicidad, rapidez, rango de pH/acidez, estabilidad térmica, exactitud, precisión y fácil operación. El método es basado en la reacción de la solución no absorbente de Rojo de Alizarina S ligeramente ácida ($0.0005 - 0.05 \text{ M H}_2\text{SO}_4$) con cadmio para producir un quelato amarillo verdoso altamente absorbente, seguido de medición directa de la absorbancia en solución acuosa. Con un enmascaramiento apropiado, la reacción puede convertirse en altamente selectiva. Para determinar los cationes cadmio y plomo se realizara un sistema continuo de pre-concentración/elución en medio oxidante. Sin embargo en muestras con concentraciones de mg.L^{-1} no será realizada la pre-concentración en micro-columna empaquetada con la forma sódica de una clinoptilolita natural (Na-clinoptilolita). En los resultados de esta fase será aplicado el mismo análisis estadístico de la Fase 1.

La determinación de metales en agua potable contribuye a la discusión del espacio de eco-análisis interdisciplinario que garantice el cumplimiento de los objetivos específicos de la siguiente manera (Tabla 2):

Tabla 2. Descripción de los alcances y actividades del Eco-análisis de la contaminación de agua potable por metales tóxicos en Bogotá.

	Alcance	Actividades
Determinación química de metales tóxicos	Determinar químicamente la presencia de metales tóxicos (Cadmio, Plomo, Arsénico y Cromo) agua potable consumida en Bogotá	Determinación química de metales tóxicos en agua potable consumido por los Bogotanos.
Eco-análisis de la contaminación de agua potable	Construir un espacio conceptual de eco-análisis para evaluar la contaminación de agua potable por metales tóxicos	- Análisis de la contaminación de agua potable en Bogotá por metales tóxicos. - Realización de un panel de expertos sobre el tema.

Fase 3. Eco-análisis de la normativa y presencia de contaminación de alimentos en Bogotá.

La metodología propuesta en esta fase se estructura a partir de los elementos básicos que constituyen el núcleo de evaluación de las políticas públicas, las cuales se definen de manera básica (Osuna y Márquez, 2002):

“...La Evaluación de Políticas Públicas es un área de investigación aplicada cuya finalidad es valorar la utilidad y bondad de la intervención pública mediante la aplicación de un conjunto de técnicas que se emplean en otros campos de las ciencias sociales...El desarrollo de esta



disciplina está motivado por la constante preocupación por determinar cuál debe ser el papel del sector público en la sociedad...”

Mediante la metodología de análisis y evaluación de políticas públicas se buscará construir un espacio de eco-análisis interdisciplinario que garantice el cumplimiento de los objetivos específicos de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Descripción de los alcances y actividades del Eco-análisis de la normativa y presencia de contaminación de alimentos en Bogotá.

	Alcances	Actividades
Problemática de Contaminación de alimentos	Generar un espacio inter y transdisciplinario de análisis de los resultados de investigaciones encaminadas a establecer los niveles de contaminantes en los alimentos.	- Elaboración de estado del arte en lo relacionado a la presencia de metales tóxicos en alimentos. - Identificación de factores estratégicos en la configuración del problema. - Identificación y contacto con los actores e interesados en el problema.
Políticas públicas relacionadas a la contaminación de alimentos	Establecer las interacciones entre las políticas industriales, ambientales, extractivas (minería) y de seguridad alimentaria en lo relacionado a la contaminación de alimentos por metales tóxicos.	- Identificación de políticas públicas relacionadas con el problema. - Análisis y evaluación de las políticas industriales, ambientales, extractivas y de seguridad alimentaria del actual gobierno relacionadas con el problema.
Impactos de salud pública por contaminación de alimentos	Dimensionar los impactos de salud pública ocasionados por la presencia de metales tóxicos y otros contaminantes en alimentos.	- Elaboración de estado del arte en relación a la incidencia sobre la salud humana de la presencia de metales tóxicos y otros contaminantes en los alimentos. - Análisis de las políticas de salud pública relacionadas con el problema.
Eco-análisis de la contaminación de alimentos	Construir un espacio conceptual de eco-análisis para evaluar la efectividad de las políticas productivas, ambientales y de seguridad alimentaria en el objetivo de prevenir la presencia de metales tóxicos en alimentos.	- Construcción de un espacio conceptual a partir de las nuevas ecologías sobre el modelo industrial, extractivo, ambiental y de seguridad alimentaria que prevengan la contaminación de alimentos por metales tóxicos. - Realización de un panel de expertos sobre el tema.

Dentro del proceso de análisis de las políticas públicas en los sectores señalados, se optará por la evaluación de cuarta generación que Guba & Lincoln (1989: 38) igual denomina evaluación constructivista no focalizada (ECNF) (Roth, 2009). Los elementos centrales de la ECNF son:

1. Los contornos de la evaluación no son fijados de manera autoritaria ni a priori, sino que su definición es parte del proceso mismo de evaluación.
2. Se utilizará una perspectiva constructivista. En esta perspectiva ya no se pretende descubrir la “verdad”, sino varias interpretaciones resultantes de las construcciones de la realidad que hacen las partes involucradas a partir



de sus valores (pluralismo de valores). El trabajo del evaluador ya no corresponde al de un científico que va a descubrir (e imponer) la verdad, sino que se parece más a la labor de un “orquestador” (Guba& Lincoln, 1989) de procesos de negociación entre diferentes visiones, quien intenta alcanzar un consenso con base en una mejor información. La evaluación no aporta la verdad universal o casi universal, sino una nueva interpretación que consiste en una nueva construcción (o un metadiscurso) a tomar en cuenta para generar cambios políticos o institucionales de manera (más) consensuada. Eso implica que la evaluación sea una actividad práctica, deliberativa y situada (Roth, 2009).

3. Vinculación activa de los actores a través del debate y de experiencias de interpretación.
4. Los inductores de la evaluación posibilitan el proceso y abren espacios de aporte creativo pero no lo direccionan.
5. La determinación de parámetros, factores o indicadores de evaluación se determinan en el proceso de construcción colectiva a medida que la actividad avanza.
6. Los criterios metodológicos se orientan a partir de ejercicios de carácter cualitativo que incluyen los intereses, juicios y preocupaciones de los involucrados en la actividad.
7. Se avanza por cadenas dialógicas e interactivas con el fin de establecer significados y sentidos en forma colegiada y para el contexto específico.

Se analizarán los planteamientos de políticas públicas en las áreas señaladas, posteriormente se realizarán los paneles de expertos a fin de realizar el análisis de políticas y se producirán documentos parciales por cada política analizada a la luz del problema central el cual es la contaminación de alimentos por metales tóxicos. Estos procesos de análisis estarán reforzados por mediciones directas de presencia de metales tóxicos tanto en fuentes de agua como de alimentos.

Una vez adelantadas la totalidad de paneles de expertos y las mediciones planteadas se producirá un documento global que articule analíticamente los diversos resultados parciales bajo los ejes conceptuales provenientes de la ecología industrial, la economía ecológica y la ecología sistémica.

3.4. Cronograma general

[illegible]



3.5. Bibliografía

ALEGRIA et al., 2012. Biodisponibilidad de sustancias tóxicas en los alimentos. En: CAMEAN A. M ; REPETO M. Toxicología alimentar. Madrid. 688pp.

AGUILERA Klink Federico (1996). La economía ecológica como un sistema diferente de conocimiento, Departamento de economía aplicada, Universidad de la Laguna, Pamplona, España.

CAR –ECOFORST (2006). Plan de Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, Bogotá, Colombia.

CAR (2009). Río Bogotá –Adecuación hidráulica y recuperación ambiental. Evaluación ambiental y Plan de gestión ambiental-, Bogotá, Colombia.

CARRILLO González Graciela (2009). Una Revisión de los Principios de la Ecología Industrial. Revista Nueva Época. Año 22, No 59, México D.F. México.

EPA. 2013. United State Environmental Protection Agency. United State of America.<http://www.epa.gov/>

FALCO et al., 2012. Riesgo tóxico por metales presentes en los alimentos: Toxicología alimentaria. Madrid, España. pp 326.

GARCIA Durán Germán (2011). Una visión sobre los programas de recuperación del río Bogotá y sus afluentes urbanos, Fundación Río Urbano, Bogotá, Colombia.

GONZALES S. y MEJIA L (1995). Contaminación con Cadmio y Arsénico en suelos y hortalizas en un sector de la cuenca del Río Bogotá. Revista de Suelos Ecuatoriales. Citado por RUTH Mary en: Ecología y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/Foros/ContaCadmio.html>

KOTAŚ, J., STASICKA, Z. (1997.)Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation.*Environ. Poll.* 107, p. 263-283.

MESQUITA, Silvia M.V. FERNANDES, António O.S.S. RANGEL, Raquel B.R. (2004). A flow system for the spectrophotometric determination of lead in different types of waters using ion-exchange for pre-concentration and elimination of interferences.Talanta. 2004 Feb 6;62(2):395-401.

MIRANDA Diego, CARRANZA Carlos, FISCHER Gerhard (2008). Calidad del Agua de Riego en la Sabana de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.



NIENCHESKI, Luis Felipe, FILLMANN, Gilberto (2006). Metais, Hidrocarbonetos e Organoclorados. En: Lana, P, C et al. Avaliação Ambiental de estuários Brasileiros: Aspectos Metodológicos. Pp. 155

PEÑA Guzmán Carolina (2010). Procesos de monitoreo a la calidad hídrica del río Bogotá realizados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca –CAR- Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

PRIETO Jacqueline, ERIGAIE Fundación (1998). Componente ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital. Secretaría de Ambiente, Bogotá, Colombia, Disponible en: <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/anexospot/Volumen%20Diagnostico.pdf>

ROTH Deubel André-Noël. (2009). La evaluación de políticas públicas en Colombia: una mirada crítica a partir de las prácticas evaluativas oficiales de los programas de la “Red de Apoyo Social”, Publicado en la Revista del CLAD Reforma y Democracia. No. 45. Caracas. Venezuela.

SIC. 2013 Superintendencia de Industria y Comercio. Gobierno de la Republica de Colombia. <http://www.sic.gov.co/deberes-y-derechos-del-consumidor>

ULLAH MR, ENAMUL HAQUE, M.(2010).*Journal of Chemical Engineering*, IEB Vol. ChE. 25, No. 1, pp.1-12

VAN DER OOST et al., (2003).Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. Environmental Toxicology and Pharmacology. 13, 2: 57–149

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1996).Chlorine in Drinking-water, Originalmentepublicado en: Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol.2.Health criteria and other supporting information, Ginebra, Suiza. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chlorine.pdf

ZEGARRA Anabelle (2012). Ecología Industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.