Cuantificación de metales pesados en hortalizas producidas en la cuenca media del río Bogotá, Sibaté

César David Herrera Ramírez
María Fernanda Lizarazo Moreno

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá,19 de Noviembre del 2018

Cuantificación de metales pesados en hortalizas producidas en la cuenca media del río Bogotá, Sibaté

César David Herrera Ramírez
María Fernanda Lizarazo Moreno

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:
Oscar Eduardo Rodríguez

Línea de Investigación:
Nombrar la línea de investigación en la que se enmarca el trabajo de investigación

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Primero a Dios, por ser nuestro guía ante las adversidades a lo largo de la carrera, de igual manera a nuestros padres, hermanos y parejas, por ser aliento y hombro para seguir día a día con nuestro objetivo.

Agradecimientos

Este trabajo, se lo agradecemos primero a Dios y a nuestro Director, Oscar Rodríguez ya que gracias a el, a hoy en día podemos hablar de colegas. De igual manera a la profesora Claudia Gómez, ya que esa fue de vital importancia para la culminación de nuestros estudios y nuestros liderazgo

Tabla de contenido

1. JUSTIFICACIÓN 8

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 10

2.1 Contextualización del problema 11

2.2 Análisis de involucrados 11

3. HIPÓTESIS 11

4. OBJETIVOS 12

4.1 Objetivo general 12

4.2 Objetivos específicos 12

5. MARCO GEOGRÁFICO 12

6. ESTADO DEL ARTE 14

6.1 Daños en el medio ambiente 15

6.2 Efectos en la salud 15

6.3 Frutas y Vegetales de la dieta humana con presencia de metales pesados 16

7. MARCO TEÓRICO 16

7.1 Consecuencias en el medio ambiente 17

7.2 Contacto con metales pesados y efectos en la salud 17

7.2.1 Perspectiva teórica 17

7.2.2 Perspectiva ambiental 18

7.2.3 Teoría sobre concentraciones de metales pesados 18

8. MARCO CONCEPTUAL 18

9. MARCO LEGAL 26
10. METODOLOGÍA 28
10.1 Diseño Metodológico 28
10.1.1 Cualitativo - Análisis Documental 29
10.1.2 Cuantitativo - Diseño Experimental 29
10.2 Enfoque 31
10.3 Alcance 32
10.4 Unidad de análisis 32
10.5 Informantes 32
10.6 Variables, dimensiones, técnicas e instrumentos 32
10.7 Flujograma metodológico 33
10.7.1 Objetivo I 33
10.7.2 Objetivo II 34
10.7.3 Objetivo III 34
10.7.4 Flujograma general 35
10.8 Plan de trabajo 35
10.9 Uso y Calibración del equipo 36
10.9.1 Ejemplo con Plomo 37
11. RESULTADOS 39
11.1 Plomo 39
11.2 Níquel 40
11.3 Cobre 40
11.4 Cromo 41

11.5 Cadmio 42
11.6 Arsénico 43
11.7 Cobalto 44
11.8 Zinc 45
11.9 Resultados Daucus carota (zanahoria) 47
11.9.1 Presencia de Metales en la Planta 47
11.9.2 Presencia de Metales en la Tierra 48
11.9.3 Transferencia de Metales en la Planta 48
11.10 Resultados Petroselinum crispum (perejil crespo) 49
11.10.1 Presencia de Metales en la Planta 49
11.10.2 Presencia de Metales en la Tierra 50
11.10.3 Transferencia de Metales en la Planta 50
11.11 Resultados Cynara scolymus (alcachofa) 51
11.11.1 Presencia de Metales en la Planta 51
11.11.2 Presencia de Metales en la Tierra 52
11.11.3 Transferencia de Metales en la Planta 52
12. ANÁLISIS DE RESULTADOS 53
12.1.1 Daucus carota (zanahoria) 54
12.1.2 Petroselinum crispum (perejil crespo) 55
12.1.3 Cynara scolymus (alcachofa) 55
12.1.4 Daucus carota (zanahoria) 56
12.1.5 Petroselinum crispum (perejil crespo) 56
12.1.6 Cynara scolymus (alcachofa) 56

12.1.7 Limites a nivel global 57
12.1.8 Limites a nivel nacional 58
13. CONCLUSIONES 60
14. RECOMENDACIONES 60
15. REFERENCIAS 61

Tabla De Tablas

TABLA 1. DIGESTIÓN EN FRESCO 29
TABLA 2 DIGESTIÓN EN SECO 30
TABLA 3 NUMERACIÓN DE FRASCOS PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR EL MÉTODO DE ABSORCIÓN ATÓMICA 31
TABLA 4 VARIABLES, DIMENSIONES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 32
TABLA 5 PLAN DE TRABAJO 35
TABLA 6. CALIBRACIÓN DE EQUIPO PARA PLOMO 37
TABLA 7. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN HORTALIZAS 39
TABLA 8 CONCENTRACIÓN DE NÍQUEL EN HORTALIZAS 40
TABLA 9 CONCENTRACIÓN DE COBRE EN HORTALIZAS 41
TABLA 10. CONCENTRACIÓN DE CROMO EN HORTALIZAS 42
TABLA 11. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN HORTALIZAS 43
TABLA 12. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN HORTALIZAS 44
TABLA 13. CONCENTRACIÓN DE COBALTO EN HORTALIZAS 45
TABLA 14. CONCENTRACIÓN DE ZINC EN HORTALIZAS 46
TABLA 15. COMPILADO DE METALES EN ZANAHORIA 47
TABLA 16. COMPILADO DE METALES EN PEREJIL 49
TABLA 17. COMPILADO DE METALES EN ALCACHOFA 51
TABLA 18. CONCENTRACIÓN DE METALES EN LOS ÓRGANOS 54
TABLA 19. TRANSFERENCIA DE METALES POR PLANTA 56

TABLA 20. METALES TOTALES VS LEGISLACIÓN INTERNACIONAL 57
TABLA 21. METALES TOTALES VS LEGISLACIÓN NACIONAL 58
TABLA 22. ENFERMEDADES RELACIONADAS 59

TABLA DE ANEXOS

ILUSTRACIÓN 1 TOMA DE MUESTRAS DE TIERRA EN SIBATE 64
ILUSTRACIÓN 2 TOMA DE MUESTRAS DE ESPECIES EN SIBATE 64
ILUSTRACIÓN 3 FINCA, VEREDA LA UNIÓN, SIBATE 64
ILUSTRACIÓN 4 UBICACIÓN DE LA FINCA 65
ILUSTRACIÓN 5 MUESTRA RAÍZ ALCACHOFA 65
ILUSTRACIÓN 6. MUESTRA DE TIERRA ALCACHOFA 65
ILUSTRACIÓN 7 MUESTRA HOJA ALCACHOFA 65
ILUSTRACIÓN 8 MUESTRA TALLO ALCACHOFA 66
ILUSTRACIÓN 9 MUESTRA FRUTO ALCACHOFA 66
ILUSTRACIÓN 10 MUESTRA RAÍZ ZANAHORIA 66
ILUSTRACIÓN 11 MUESTRA TALLO PEREJIL 66
ILUSTRACIÓN 12 MUESTRA HOJA ZANAHORIA 66
ILUSTRACIÓN 13 MUESTRA TIERRA ZANAHORIA 67
ILUSTRACIÓN 14 MUESTRA RAÍZ PEREJIL 67
ILUSTRACIÓN 15 MUESTRA TALLO ZANAHORIA 67
ILUSTRACIÓN 16 MUESTRA HOJA PEREJIL 67
ILUSTRACIÓN 17 DIGESTIÓN EN ÁCIDOS POR 15 DÍAS 68
ILUSTRACIÓN 18 FILTRADO DE LA DIGESTIÓN 68

Ilustración 19 Laboratorio Javeriana 68
Ilustración 20 Laboratorio EAN 68
Ilustración 21 Ficha técnica lámpara cátodo hueco para Plomo 68
Ilustración 22 Ficha técnica lámpara de cátodo hueco para Arsénico 69
Ilustración 23 Ficha técnica lámpara de cátodo hueco para Cobalto 69
Ilustración 24 Ficha técnica lámpara de cátodo hueco para Cromo 69
Ilustración 25 Patrón Cadmio 69
Ilustración 26 Patrón Cobalto 70
Ilustración 27 Medición de metales 70
Ilustración 28 Diluciones y en pantalla optimización de lámparas 70
Ilustración 29 Calibración manual de la llama. 71
Ilustración 30 Diferentes tipos de quemadores 71
Ilustración 31 Instalación de lámparas 71
Ilustración 32 Ácido Clorhídrico HCl 71
Ilustración 33 Ácido Nítrico HNO_3 72

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con el objetivo de cuantificar los metales pesados como: Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc; en las hortalizas de la dieta habitual de los colombianos como es el caso del perejil crespo, Alcachofa y zanahoria; Las muestras fueron colectadas en el municipio de Sibaté, vereda la Unión a 800 m de la represa del Muña. Se determinó la inocuidad alimentaria de estos alimentos comparando los resultados obtenidos con los límites permitidos tanto a nivel nacional como internacional, y así se determinó el riesgo de salud pública con relación la inocuidad alimentaria; las muestras fueron separadas en sus respectivos órganos para digestión ácida en frio con HCl y HNO_3 (1:1) por 12 días, seguido se filtran y se aforan a 50 ml con agua tipo T1. Las muestras procesadas se leen en espectrofotómetros de absorción atómica VARIAN AA-140 Y SHIMADZU AA-7000, las concentraciones obtenidas se compararon con los rangos permitidos a nivel nacional e internacional, evidenciándonos el riesgo que corremos al consumir alimentos cultivados en este sitio.

ABSTRACT

The research work was carried out with the objective of quantifying heavy metals such as: Cu, As, Pb, Cr, Zn, Co, Cd and Ni; in the vegetables of the habitual diet of the Colombians like the case of the curly parsley, Artichoke and carrot; Samples were collected in the municipality of Sibaté, la Unión, 800 m from the Muña dam. The food safety of these foods was determined by comparing the results with the permitted limits both nationally and internationally, and thus the public health risk was determined in relation to food safety; Samples were divided into their corresponding Orders for digestion and treatment with HCl and HNO_3 (1: 1) for 12 days. The samples are processed in VARIAN AA-140 and SHIMADZU AA-7000 atomic absorption spectrophotometers. The results are compared with the national and international permitted ranges, demonstrating the risk that corrects when consuming the food grown on this site.

1. INTRODUCCIÓN

La inocuidad es un concepto que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor; aunque el concepto es más conocido para los alimentos, en Colombia se consume gran variedad de productos agrícolas que por sus técnicas específicas

de riego y control de plagas ha incrementado su inocuidad alimentaria, los cultivos agrícolas cercanos al embalse del Muña (municipio de Sibaté) ha generado diversas inquietudes sobre el impacto que puede estar originando sobre la salud debido a la exposición indirecta a los diferentes agentes contaminantes contenidos en el cuerpo de agua, el contacto con los pesticidas, fungicidas y herbicidas utilizados para el control biológico y las emanaciones provenientes del embalse, el proyecto presenta alto impacto social ya que determina el grado de contaminación respecto a niveles altos de Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc presentes en *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo), esta investigación aporta información valiosa con respecto al consumo de los alimentos, de hecho la OMS reporta que los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades en Estados Unidos estima que 1 de 6 personas (48 millones) en los Estados Unidos se enferma, 128,000 son hospitalizadas y 3,000 mueren cada año a causa de enfermedades transmitidas por los alimentos (Salud,2018).

PALABRAS CLAVE

Metales pesados, hortalizas, Absorción atómica, Inocuidad alimentaria, Salud pública.

Key Word:

Heavy metals, vegetables, Atomic absorption, Food safety, Public health.

2. JUSTIFICACIÓN

La salud pública no sólo incluye problemas de aspectos culturales, sociales, éticos y biológicos, sino también, temas de nutrición y alimentación saludable, y es aquí donde está involucrada la calidad de alimentos como la inocuidad de los mismos. Cabe mencionar la resolución 2674 de 2013, en su capítulo 5, artículo 21, en el cual se habla de salud e inocuidad. Este proyecto permite analizar diferentes alimentos de uso diario en la cadena alimenticia como lo son alcachofa, zanahoria y perejil; como resultado del cambio del uso del suelo agrícola a urbanos, los pocos terrenos agrícolas que quedan no presentan las condiciones óptimas en cuanto a calidad del suelo y requerimientos acuíferos, lo cual ocurre en los terrenos agrícolas en las cercanías del embalse del Muña que por filtración han venido contaminados por década con metales pesados el suelo y subsuelo, y además la irrigación de los cultivos se realiza con estas aguas. La peligrosidad de los metales pesados se basa principalmente en que no pueden ser degradados ni química, ni biológicamente, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse lo que significa

acumulación en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o medioambiente, concentraciones que aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica, provocando así efectos tóxicos de muy diverso carácter. En el ser humano se han detectado infinidad de efectos físicos como dolores crónicos y problemas sanguíneos, también efectos psíquicos como ansiedad y pasividad. Este proyecto cuantificará la acumulación de metales pesados en alcachofa zanahoria y perejil crespo, especies cultivadas en Sibaté (Cundinamarca), y de esta manera poder determinar su inocuidad alimentaria de acuerdo a los parámetros establecidos permitidos.

Cabe reconocer que las relaciones que se presentan en el ambiente se pueden dar por diferentes variables, unas dependientes y otras independientes, pero siempre está la naturaleza presente en estas relaciones. Es por esto que la relación Sociedad – Naturaleza es un eslabón en la cadena del desarrollo sustentable, en lo cual la Ingeniería Ambiental dentro de sus pilares tiene como eje fundamental la Sociedad, si se habla de cuidar, educar y preservar, esto hace referencia a la relación del medio y su sociedad.

Este proyecto, tiene de varios aspectos y varios puntos de vistas, desde el ámbito global, es por ende que para el desarrollo de este trabajo se tiene en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible, como lo es el número 3, salud y bienestar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La importancia que se le debe dar a la calidad de los alimentos no solo influye en el plato final de comida si no en su cultivo, y es aquí donde se habla de inocuidad alimentaria; al no existir un control de la calidad de suelos donde se cultivan y aguas con las que se irrigan los productos agrícolas, se han venido incrementado los niveles de toxicidad de estos y por ende el riesgo de enfermedad y muerte en los consumidores. Los productos agrícolas como son la alcachofa, zanahoria y perejil crespo, cultivados en terrenos cercanos a la embalse del Muña presentan niveles elevados de metales pesados como son Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc.

Así como en Sibaté y otros municipios de la cuenca media del río Bogotá son los causantes de que la generación de enfermedades en salud pública por inocuidad alimentaria y deben manejarse de acuerdo a las características de la comunidad a tratar para no convertirlo en un problema sino ser una oportunidad económica, social y ambiental.

1.1 Contextualización del problema

Sarmiento y colaboradores reportaron en la Revista de salud pública (Bogotá, Colombia), 1999, la presencia de diversos contaminantes en Sibaté, cuyas principales fuentes de contaminación ambiental fueron el embalse y las emanaciones de la zona industrial. En muestras de agua del embalse se encontraron metales pesados en los rangos de concentración (µg/L) que se indican a continuación. Arsénico: 32-52; Plomo: 0,9-3,4; Cromo: 5,3-16,5; Cadmio: 0,16-1,3; Mercurio: 0-0,61. Así mismo, se encontraron metales en diversos vegetales, Los metales pesados presentes en el embalse, se pueden considerar como los tóxicos más importantes a vigilar debido a que tienen reconocidos efectos sobre la salud humana y existen técnicas que permiten su monitoreo en el ambiente y en los humanos.

1.2 Análisis de involucrados

Teniendo en cuenta que para el desarrollo del proyecto existen varios actores involucrados, a continuación, se expondrán cada uno por orden de afectación.

En primer lugar, se encuentra la comunidad y consumidores ya quienes son los afectos directos al consumir los productos contaminados.

En segundo lugar, están los agricultores quienes por el cambio de uso de suelo han tenido que buscar terrenos para procesos agrícolas y estos se encuentran contaminados al estar aledaños a reservas de aguas en mal estado.

Entre los involucrados directos están los entes reguladores como son, ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, secretaria de medio ambiente, CAR, y las empresas aledañas al río Bogotá desde su nacimiento que han generado vertimientos en las últimas décadas.

2. HIPÓTESIS

3.1 Ho. Las hortalizas están contaminadas por metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc), debido a que estos cultivos son regados por aguas del río Bogotá. Según regulación nacional, estos pueden estar excediendo los límites permisibles de consumo, de tal manera se vuelve un asunto de salud pública.

3.2 H1. Las hortalizas no están contaminadas por metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc), aunque estos cultivos sean regados por aguas del río Bogotá.,

Según regulación nacional, estos pueden cumplir con los límites permisibles de consumo, de tal manera que no se vuelve un asunto de salud pública.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Cuantificar la acumulación de metales pesados en hortalizas cultivadas en Sibaté- Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc acumulados en los órganos de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo) por la técnica de absorción atómica, productos cosechados en la vereda la unión del municipio de Sibaté.

- Analizar la transferencia de los metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc entre el suelo y los diferentes órganos de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo) por la técnica de absorción atómica, productos cosechados en la vereda la unión del municipio de Sibaté.
- Determinar la inocuidad de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo), en la vereda la unión del municipio de Sibaté.

4. MARCO GEOGRÁFICO

La cuenca del río Bogotá tiene una extensión de aproximadamente 375 km, con su nacimiento el páramo de Guacheneque y su desembocadura en Ricaurte al río Magdalena con un caudal promedio de 27 m^3/s, esta y como todos los demás cuerpos hídricos están subdivididos por cuenca alta, cuenca media y cuenca baja (Instituto de Estudios, 2018). Para el presente estudio se va a tener en cuenta las descargas y concentraciones que lleva el río en su cuenca media a la altura de Sibaté, Cundinamarca.

Sibaté es un municipio de Cundinamarca que limita al norte con Soacha, al sur con Pasca y Fusagasugá, al oriente con Soacha y al Occidente con Silvania y Granada. Cuenta con una extensión total de 125,6

km^2, su población está alrededor de 38.412 Habitantes, tiene una temperatura media de 14ºC y una altitud de 2.700 m.s.n.m (Sibaté, 2018).

Embalse del Muña se encuentra ubicado 20 km al Bogotá, en el municipio de Sibaté y cubre un área aproximada de 8.930.000 m^2. Se construyó en 1948 para utilizar sus aguas en la generación de energía eléctrica. El embalse se alimenta con el agua del río Bogotá y debido a la creciente contaminación del mismo, desde hace aproximadamente 30 años, dejó de ser apropiado como hábitat de seres vivos, peces y aves principalmente, y hoy en día se puede observar como es utilizado como agua de riego para algunos cultivos (Díaz, et al., 2009).

Figura 1. Canales de drenado en la vereda la Unión de Sibaté (Autores, 2018)

Su economía se basa en la agricultura, principalmente papa, fresa y arveja, como también los medianos y pequeños agricultores cosechan hortalizas entre zanahoria, alcachofa y perejil crespo (Sibaté, 2018). Para el caso de estudio se contempló la vereda la unión ya que en esta se encontraron las tres especies a estudiar.

La distancia de la finca es de 828,18 metros con referencia al embalse del Muña, en esta vereda la mayoría de las fincas cuentan con un sistema de drenado con aguas del embalse, como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 2. Distancia de la finca al embalse (IGAC, 2018)

En la finca la esmeralda del señor Gustavo Cuéllar, se pudo encontrar los cultivos de hortalizas entre zanahoria, alcachofa y perejil crespo.

5. ESTADO DEL ARTE

Se pueden encontrar metales pesados en diferentes componentes naturales en forma de minerales, sales u otros compuestos (Chávez, 2014). Estos metales no se degradan ni se destruyen de forma natural con facilidad dada las diferentes funciones metabólicas específicas para los seres vivos.

Algunos metales pesados como el Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Selenio (Se) son considerados esenciales ya que hacen parte de varios procesos enzimáticos en los seres vivos y en particular en los humanos. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden llegar a producir intoxicaciones en los organismos (Chávez, 2014).

No obstante existen otros metales pesados como el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Plomo (Pb) entre otros, que son considerados no esenciales, los cuales a bajas concentraciones durante un largo periodo de tiempo, son nocivos para el organismo (Animal, 2016) teniendo en cuenta que dichos elementos tienen la propiedad de ser persistentes en el ambiente y tienden a bioacumularse, haciendo que su concentración en un organismo vivo logre con el tiempo superar la concentración del elemento en el ambiente (Fadul, et al., 2006).

La peligrosidad de dichos metales radica principalmente en su imposibilidad de degradación química o biológica, ya que tienden a bioacumularse y a biomagnificarse lo que significa acumulación en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o

medioambiente, y que estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica, provocando efectos tóxicos heterogéneos (Grisales, et al., 2012).

La presencia de metales pesados genera daños y efectos nocivos, tanto en el medio ambiente como en los seres humanos, dada una proliferación del desarrollo de procesos industriales cada vez es más frecuente encontrar casos de altas exposiciones a dichos metales, causando así daños irreversibles.

5.1 Daños en el medio ambiente

A partir de los procesos de industrialización se generan desechos que se incorporan al ecosistema y afectan los distintos ambientes de una manera adversa, llevando a la producción y liberación de contaminantes (Vélez, et al., 2012). El impacto sobre el medio ambiente está relacionado con el crecimiento de la población mundial, producto de la incorporación de contaminantes a la atmósfera, agua y suelo, los cuales se van acumulando hasta alcanzar concentraciones que constantemente limitan el uso y explotación de recursos (IDEAM, 2004).

La mayoría de contaminantes no son biodegradables, generando así una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, los cambios biológicos debido a la contaminación se dan de forma transversal, ya sea molecular hasta niveles de comunidad.

5.2 Efectos en la salud

A partir del contacto con diferentes metales se ocasiona una serie de síntomas y efectos igualmente heterogéneos, por ejemplo, la exposición al plomo se encuentra la muerte por envenenamiento. Se pueden presentar también daños en el cerebro y los riñones a ciertos niveles de plomo en la sangre (Grisales, et al., 2012).

Diferentes estudios demuestran que al trabajar con plomo se reportan severas bajas de la producción de esperma y un decrecimiento en la función de la próstata y vesículas seminales en el caso de los hombres y se asocian a la exposición en el trabajo a altos niveles de plomo a abortos espontáneos en mujeres (Meza, et al., 2016).

Los metales pesados pueden llegar a los vegetales a consecuencia de actividades industriales, vehículos, minería y ceniza volcánica, estas emisiones pueden depositarse sobre los vegetales durante su producción, transporte y comercialización, además, se ha demostrado que la deposición atmosférica eleva

significativamente los niveles de contaminación por metales pesados en vegetales que se expenden en mercados (Morales, 2017).

En diversos países se han establecido regulaciones para varias industrias con el fin de controlar la emisión de metales pesados, la absorción de estos metales por los vegetales se ve influenciada por el clima, precipitaciones atmosféricas, la naturaleza del suelo de cultivo y el grado de madurez de las plantas al momento de la cosecha (Meza, et al., 2016).

5.3 Frutas y Vegetales de la dieta humana con presencia de metales pesados

La distribución de metales pesados en el medio ambiente es inexorable, más aún encontrar concentraciones detectables en frutas y vegetales, es decir el alimento humano; esto debido a la propia tecnología agrícola, emisiones industriales, fuentes eólicas etc., los elementos como el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) o Vanadio (V) no representan ningún beneficio para el ser humano y no se conocen mecanismos homeostáticos para ellos (Fadul, et al., 2006), pero otros metales como Cobalto (Co), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) o Zinc (Zn) son esenciales para el hombre al ser de gran relevancia en procesos bioquímicos, siempre y cuando se encuentren en cantidades apropiadas (Vélez, et al., 2012).

6. MARCO TEÓRICO

La aparición del concepto de los metales pesados es relativamente expuesta desde hace varias décadas definiendo que este tipo de metales no se degradan ni se destruyen de forma natural con facilidad dada las diferentes funciones metabólicas específicas para los seres vivos.

Desde las primeras investigaciones que se centraron en profesionales de la salud y de ingeniería ambiental se ha pasado rápidamente a estudiar muestras poblacionales en contacto con metales pesados, como es el caso de los mineros. En la actualidad, este análisis se ha extendido a prácticamente todas las profesiones u oficios, lo que ha conllevado a desarrollar varios instrumentos tanto generales como específicos para medirlo en determinadas profesiones (Fadul, et al., 2006).

Algunos metales pesados como el Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Selenio (Se) son considerados esenciales ya que hacen parte de varios procesos enzimáticos en los seres vivos y en particular en los humanos. Sin

embargo, en concentraciones más altas pueden llegar a producir intoxicaciones en los organismos (Chávez, 2014).

La presente revisión de literatura parte de la concepción conceptual y teórica a la empírica, buscando profundizar en las diferentes temáticas en la que se pueden dividir las investigaciones sobre los metales pesados. existen otros metales pesados como el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Plomo (Pb) entre otros, que son considerados no esenciales, los cuales a bajas concentraciones durante un largo periodo de tiempo, son nocivos para el organismo (Animal, 2016) teniendo en cuenta que dichos elementos tienen la propiedad de ser persistentes en el ambiente y tienden a bioacumularse, haciendo que su concentración en un organismo vivo, logre con el tiempo, superar la concentración del elemento en el ambiente (Fadul, et al., 2006).

6.1 Consecuencias en el medio ambiente

Según lo menciona (Grisales, et al., 2012) a partir de los procesos de industrialización se generan desechos que se incorporan al ecosistema y afectan los distintos ambientes de una manera adversa, llevando a la producción y liberación de contaminantes. El impacto sobre el medio ambiente está relacionado con el crecimiento de la población mundial, producto de la incorporación de contaminantes a la atmósfera, agua y suelo, los cuales se van acumulando hasta alcanzar concentraciones que constantemente limitan el uso y explotación de recursos (IDEAM, 2004).

IDEAM (2004) plantea que la mayoría de contaminantes no son biodegradables generando así una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, donde los cambios biológicos debido a la contaminación se dan de forma transversal, ya sea molecular hasta niveles de comunidad.

6.2 Contacto con metales pesados y efectos en la salud

6.2.1 Perspectiva teórica

A partir de esta perspectiva se considera el contacto con metales pesados como un generador de síntomas y efectos igualmente heterogéneos, por ejemplo, la exposición al plomo se encuentra la muerte por envenenamiento. Se pueden presentar también daños en el cerebro y los riñones a ciertos niveles de plomo en la sangre, según lo expone (Grisales, et al., 2012).

A partir de estudios científicos se demuestra que al trabajar con plomo se reportan inexorables bajas de la producción de esperma y un decrecimiento en la función de la próstata y vesículas seminales en el caso de los hombres y se asocian a la exposición en el trabajo a altos niveles de plomo a abortos espontáneos en mujeres (Meza, et al., 2016).

6.2.2 Perspectiva ambiental

Desde esta perspectiva Morales (2017) explica que los metales pesados pueden llegar a los vegetales a consecuencia de actividades industriales, vehículos, minería y ceniza volcánica, estas emisiones pueden depositarse sobre los vegetales durante su producción, transporte y comercialización, además, se ha demostrado que la deposición atmosférica eleva significativamente los niveles de contaminación por metales pesados en vegetales que se expenden en mercados (Morales, 2017).

6.2.3 Teoría sobre concentraciones de metales pesados

Es visible desde IDEAM (2004) que la distribución de metales pesados en el medio ambiente es un generador de afectaciones en la salud y en la conservación del medio ambiente. Se encuentran concentraciones en frutas y vegetales dado el desarrollo de la tecnología agrícola, emisiones industriales, fuentes eólicas etc., los elementos como el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) o Vanadio (V) no representan ningún beneficio para el ser humano y no se conocen mecanismos homeostáticos para ellos según (Fadul, et al., 2006), sin embargo, otros metales como Cobalto (Co), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) o Zinc (Zn) son esenciales para el hombre al ser de gran relevancia en procesos bioquímicos, siempre y cuando se encuentren en cantidades apropiadas (Vélez, et al., 2012).

7. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se define el marco conceptual que permitirá al lector conocer las definiciones conceptuales de términos propios de la investigación sobre metales pesados y que permiten definir un contexto de estudio y análisis transversal:

- **ABSORCIÓN ATÓMICA:** Es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución para este caso será acuoso (Pérez, 2016).

- **ÁCIDO CLORHÍDRICO HCl(r)**: Líquido incoloro que humea al aire y posee un olor punzante. Puede presentar una tonalidad amarillenta por contener trazas de cloro, hierro o materia orgánica (Fernández, 2004).
- **ÁCIDO NÍTRICO HNO_3(r):** Es un líquido corrosivo, tóxico, que puede ocasionar graves quemaduras. Se utiliza para fabricar explosivos como la nitroglicerina y trinitrotolueno (TNT), así como fertilizantes como el nitrato de amonio (Fernández, 2004).
- **AEROSOL:** Mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas. El término aerosol se refiere tanto a las partículas como al gas en el que las partículas están suspendidas. El tamaño de las partículas puede ser desde 0,002 µm a más de 100 µm, esto es, desde unas pocas moléculas hasta el tamaño en el que dichas partículas no pueden permanecer suspendidas en el gas al menos durante unas horas (Morales, 2017).
- **AGUA TIPO T1:** Esta es un agua la cual por medio de diferentes tipos de filtros van eliminando impurezas, dejando así un producto limpio.
- **AMBIENTE EXTRAMURAL:** Ambiente exterior al aire libre que no es influenciado por lugares cerrados (IDEAM, 2004).
- **AMBIENTE INTRAMURAL:** Ambiente interior, confinado por paredes que influencian su comportamiento por estar encerrado (IDEAM, 2004).
- **BALANZA ANALÍTICA:** Es el instrumento más usado en el laboratorio, ya que mediante la misma es posible conocer con exactitud la masa de matriz destinada al análisis, la masa de sustancias para preparar soluciones de concentración exacta, la masa de precipitados en el Análisis gravimétrico (Fernández, 2004).
- **BALONES AFORADOS:** Es un recipiente de vidrio de fondo plano, posee un cuello alargado y estrecho, con un aforo que marca dónde se debe efectuar el enrase, el cual nos indica un volumen con gran exactitud y precisión (Fernández, 2004).
- **BIOACUMULACIÓN:** Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos (Fadul, et al., 2006).
- **CARCINÓGENO:** Cualquier sustancia que pueda producir cáncer (IDEAM, 2004).

- **CONTAMINANTE CRITERIO:** Los contaminantes criterio se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objetos de estudios de evaluación publicados en documentos de criterios de calidad del aire. En el nivel internacional los contaminantes criterio son: CO, SOx, NOx, O_3, Material particulado, Plomo (Pb) (IDEAM, 2004).

- **ARSÉNICO:** El arsénico elemental tiene pocos usos. Es uno de los pocos minerales disponibles con un 99,9999+ % de pureza. En el estado sólido se ha empleado ampliamente en los materiales láser y como agente acelerador en la manufactura de varios aparatos. El óxido de arsénico se utiliza en la elaboración de vidrio. Los sulfuros de arsénico se usan como pigmentos y en juegos pirotécnicos. El arseniato de hidrógeno se emplea en medicina, así como otros compuestos de arsénico. La mayor parte de la aplicación medicinal de los compuestos de arsénico se basa en su naturaleza tóxica (Lenntech, 2017).

- **CADMIO:** El cadmio no se encuentra en estado libre en la naturaleza, y la greenockita (sulfuro de cadmio), único mineral de cadmio, no es una fuente comercial de metal. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinamiento de los minerales de zinc, los cuales por lo general contienen de 0,2 a 0,4%. Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Bélgica, Luxemburgo y República de Corea son fuentes importantes, aunque no todos son productores (Lenntech, 2017).

- **COBALTO:** El cobalto es un metal blanco, dúctil y maleable. Como el hierro y el níquel, el cobalto es ferromagnético. Es inalterable en la atmósfera a temperaturas ordinarias. Normalmente se encuentra junto con níquel, y ambos suelen formar parte de los meteoritos de hierro. Es un elemento químico esencial para los mamíferos en pequeñas cantidades (Lenntech, 2017).

- **CROMO:** El cromo se genera de forma natural, se encuentra en rocas, tierra y polvo y gases volcánicos y puede producirse en diversos estados de oxidación. Mientras que las formas trivalentes predominan en organismos vivos, el cromo hexavalente (CrVI) y el cromo (Cr0) son formas producidas normalmente por procesos industriales como la fabricación de productos químicos, textiles y de cuero, además de la pintura para electrodeposición. El cromo hexavalente se convierte en cromo trivalente dentro del cuerpo. La exposición al cromo IV puede producirse a través de la inhalación, el contacto con la piel o la ingestión, por medio de la comida, el humo del tabaco o al respirar el aire contaminado del lugar de trabajo (industrial de acero y textil). El

Cromo VI es mayoritariamente tóxico para los organismos, es corrosivo e irritante, puede dañar la nariz y puede producir cáncer (Vélez, et al., 2012).

- **PLOMO:** Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos (Lenntech, 2017).

- **ZINC:** Los usos más importantes del zinc los constituyen las aleaciones y el recubrimiento protector de otros metales. El hierro o el acero recubiertos con zinc se denominan galvanizados, y esto puede hacerse por inmersión del artículo en zinc fundido (proceso de hot-dip), depositando zinc electrolíticamente sobre el artículo como un baño chapeado (electrogalvanizado), exponiendo el artículo a zinc en polvo cerca de su punto de fusión (sherardizing) o rociándolo con zinc fundido (metalizado) (Lenntech, 2017).

- **DIGESTIÓN:** Cuando la materia orgánica en este caso las hortalizas son sometidas a la acción de ácidos fuertes o álcalis para reducirlos a su composición elemental o por lo menos a sustancias más simples.

- **DÓSIS:** Es el contenido de principio activo de un medicamento, expresado en cantidad por unidad de toma, por unidad de volumen o de peso en función de la presentación, que se administra de una vez. La sobredosis es la toma por 31 encima de la dosis recomendada. En su extremo, puede ser una dosis letal. Se expresa corrientemente en miligramos (cantidad) por kilo (medida del peso corporal) por día (medida del tiempo) cuando la gente come o bebe agua, comida o suelo contaminados (Fadul, et al., 2006). En general, cuanto mayor es la dosis, mayor es la probabilidad de un efecto. Una "dosis de exposición" es la cantidad de una sustancia que se encuentra en el medioambiente. Una "dosis absorbida" es la cantidad de sustancia que ha entrado realmente en el cuerpo a través de los ojos, la piel, el estómago, los intestinos o los pulmones.

- **DOSIS LETAL CINCUENTA (DL50):** Dosis letal mediana para la toxicidad aguda por ingestión es la dosis única obtenida estadísticamente de una sustancia de la que cabe esperar que, administrada por vía oral, cause la muerte de la mitad de un grupo de ratas albinas adultas jóvenes

en el plazo de 14 días. El valor de la DL50 se expresa en términos de masa de la sustancia suministrada por peso de animal sometido al ensayo (mg/kg) (IDEAM, 2004). Los valores de DL50 dependen de varios factores: el sistema biológico o animal, la raza, sexo, edad, dieta.

- **EMISIÓN:** Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en algunas combinaciones de estos, proveniente de una fuente fija o móvil (Meza, et al., 2016).

- **EDIFICIO ENFERMO:** La Organización Mundial de la Salud lo ha definido como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados. Conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados (Vélez, et al., 2012). El tipo de malestares que producen y estimulan estas situaciones es variado: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Entre estos malestares, las alergias ocupan un papel importante.

- **ESTIMACIÓN DEL RIESGO:** Evaluación, con o sin modelos matemáticos, de la probabilidad y naturaleza de los efectos de la exposición a una sustancia química a partir de la cuantificación de las relaciones de dosis-efecto y dosis respuesta para esa sustancia, la población y los componentes ambientales que pueden estar expuestos, y mediante la evaluación de los niveles de exposición potencial de las personas, organismos y ambiente en riesgo (Animal, 2016).

- **EVALUACIÓN DEL RIESGO:** Identificación y cuantificación del riesgo resultante del uso o la presencia de una sustancia química, considerando los posibles efectos dañinos en los individuos o la sociedad por usar dicha sustancia en la cantidad y de la manera propuesta y tomando en cuenta todas las rutas de exposición posibles. Idealmente, la cuantificación requiere el establecimiento de relaciones de dosis-efecto y dosis-respuesta en individuos y poblaciones diana apropiados (Animal, 2016).

- **FITOEXTRACCIÓN:** Es extraer el metal del suelo y transferirlo y concentrarlo en la biomasa vegetal, para que una vez cosechada, el metal sea eliminado del sistema (Fernández, 2004).

- **FUENTE DE EMISIÓN:** Es toda actividad, proceso u operación realizada por seres humanos o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. INMISIÓN: transferencia de contaminantes de la atmósfera a un "receptor" (Chávez, 2014).

- **INOCUIDAD ALIMENTARIA:** La inocuidad de los alimentos es la garantía de que los alimentos no causaran daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso al que se destinan (Abecé, 2018).

- **INCIDENCIAS EN LA SALUD:** Las consecuencias generadas por los metales pesados en la salud humana varían de acuerdo al sistema que afecten y en el grado de impacto. A continuación, enfermedades dadas por la presencia de los metales que analizamos (Rodríguez, 2017).

- **PLOMO:** Afecta la síntesis de hemoglobina, la función renal, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema nervioso, lo cual en sus síntomas genera dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsión y en casos más severos hasta el estado de coma (Rodríguez, 2017).

- **CADMIO:** El Cadmio se presenta por acumulación en el organismo, principalmente en los riñones, lo cual causa hipertensión arterial. La absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual el riesgo es mayor cuando el cadmio es aspirado. Enfermedades pulmonares (se le ha relacionado con el cáncer de pulmón) también puede provocar osteoporosis en humanos y animales (Rodríguez, 2017).

- **COBRE:** Puede causar daño al hígado y a los riñones, y llevar incluso a la muerte. No ha sido determinado aún si el cobre es cancerígeno. El contacto con cobre puede provocar la gripe conocida como la fiebre del metal. Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas (Rodríguez, 2017).

- **CROMO:** La toma de Cromo en exceso también tiene sus efectos sobre la salud, un peligro para la salud de los humanos. Entre los efectos que causa a la salud figuran las reacciones alérgicas y las erupciones cutáneas, además de irritación en la nariz y sangrado después de ser respirado. También ocasiona debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, problemas respiratorios, alteración del material genético, malestar de estómago y úlceras, cáncer de pulmón y muerte (Rodríguez, 2017).

- **NÍQUEL:** Provoca defectos de nacimiento, asma, bronquitis crónica, desórdenes del corazón y reacciones alérgicas, la contaminación con níquel está asociada a diversos tipos de cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. El consumo de altas cantidades puede provocar mareos, embolia de pulmón y fallos respiratorios (Rodríguez, 2017).
- **ARSÉNICO:** Estudios epidemiológicos muestran que el aumento de riesgo de cáncer de piel, pulmón, hígado y sistemas hematopoyéticos en seres humanos está asociado con la exposición Arsénico. (Rodríguez, 2017).
- **ZINC:** La ingestión en exceso afecta negativamente la supervivencia de todos los mamíferos, incluyendo a los seres humanos, y produce variados trastornos de tipo neurológico, hematológico, inmunológico, renal, hepático y cardiovascular (Rodríguez, 2017).
- **LÁMPARAS DE CÁTODO HUECO:** En su modo de funcionamiento convencional, la luz es producida por una lámpara de cátodo hueco. En el interior de la lámpara hay un cátodo cilíndrico de metal que contiene el metal de excitación, y un ánodo. Cuando un alto voltaje se aplica a través del ánodo y el cátodo, los átomos de metal en el cátodo se excitan y producen luz con una determinada longitud de onda (Pérez, 2016).
- **METALES PESADOS:** Término usado para los metales ferrosos y no ferrosos que tienen una densidad mayor que 5 g/cm³ y propiedades que pueden ser peligrosas en el ambiente. Generalmente, el término incluye metales como Cobre, Níquel, Zinc, Cromo, Cadmio, Mercurio, Plomo, Arsénico y pueden incluir selenio y otros (Fadul, et al., 2006).
- **MORBILIDAD:** Efectos de una enfermedad en una población en el sentido de la proporción de personas que la padecen en un sitio y tiempo determinado. En el sentido de la epidemiología se puede ampliar al estudio y cuantificación de la presencia y efectos de una enfermedad en una población (Meza, et al., 2016).
- **MUESTRA EN FRESCO:** Esta muestra se trata y se hace la digestión una vez se tiene, tal cual como salió del sitio de muestreo.
- **MUESTRA SECA:** Esta muestra se debe dejar en secado entre 10 a 15 días a una temperatura de 35º.

- **NORMA DIARIA:** Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse solo una vez en un año (Morales, 2017).
- **NORMA PROMEDIO HORARIA:** Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas, 8 horas). PM10: son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 μm, es decir, comprende las fracciones fina y gruesa (Meza, et al., 2016). Se determina por medio del muestreado Hi Vol el cual consiste en hacer pasar el aire por un filtro de 33 baja resistencia (generalmente de fibra de vidrio), con un flujo que oscila entre 1,1 y 1,7 m^3 /min. Cuando se opera en este rango de flujo, las muestras de partículas suspendidas de diámetro menor a 10 μ m pueden ser colectadas por un periodo de 24 horas (Morales, 2017).
- **RELACIÓN DE DOSIS-EFECTO:** Asociación entre la dosis y la magnitud de un efecto graduado continuamente, ya sea en un individuo o población o en animales de experimentación (Fadul, et al., 2006).
- **RUTA DE EXPOSICIÓN:** Vía por la cual una persona entra en contacto con una sustancia química. Por ejemplo, inhalación, ingestión o a través de la piel (IDEAM, 2004).
- **SALUD AMBIENTAL:** Explora las prácticas de uso, manipulación, apropiación y explotación de los componentes ambientales, y su relación con los efectos en salud humana (Salud, 2018).
- **SALUD PÚBLICA:** Está constituida por un conjunto de políticas que busca garantizar de manera integrada, la salud de la población por medio de acciones dirigidas tanto de manera individual como colectiva ya que sus resultados se constituyen en indicadores de las condiciones de vida, bienestar y desarrollo (Salud, 2018).
- **SEGURIDAD ALIMENTARIA:** Una alimentación balanceada y saludable y las acciones para garantizar el derecho a la alimentación sana con equidad en el curso de la vida, mediante la reducción y prevención de la malnutrición, el control de los riesgos sanitarios y fitosanitarios de los alimentos y la gestión intersectorial de la seguridad alimentaria y nutricional con perspectiva territorial (Salud, 2018).
- **TRANSFERENCIA:** Estas hortalizas puede transferir los metales pesados desde la tierra - raíz - tallo- hoja, hacia la parte aérea, sirviendo así, contaminando a su paso toda la hortaliza

- **UMBRAL:** Valor mínimo que necesita un estímulo como para producir un determinado efecto (Grisales, et al., 2012).

8. MARCO LEGAL

A continuación, se presenta la matriz legal pertinente a la investigación, de tal manera se presenta de la más antigua, hasta la presente, de esta manera se hace un recuento historico de las normativas que se han tenido en cuenta a lo largo de la historia nacional y como los diversor entes han participado en ellas.

LEY	DESCRIPCIÓN
Decreto 2811 de 1974, parte VII. Del suelo agrícola y usos de la tierra. Expedido por: Presidencia de la República	Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región
Ley 99 de 1993, SINA Expedido por: Congreso de la República de Colombía	Por el cual se crea el Ministerio de medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA. Se ordena al sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y recursos naturales
Ley 1122 de 2007. Expedido por: Congreso de la República de Colombía	Mejoramiento en la prestación de los servicios a los usuarios. Con este fin se hacen reformas en los aspectos de dirección, universalización, financiación, equilibrio entre los actores del sistema, racionalización, y mejoramiento en la prestación de servicios de salud, fortalecimiento en los programas de salud pública y de las funciones de, inspección, vigilancia y control y la organización y funcionamiento de redes para la prestación de servicios de salud**.**

Decreto 1729 de 2002. Cuencas hidrográficas Expedido por: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece la ordenación de las cuencas hidrográficas y el plan de ordenación que se debe tener para la protección de las mismas.
Resolución 0170 de 2009. Usos de los suelos Expedido por: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Abarca el uso del suelo y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en territorio nacional, garantizando un desarrollo sostenible, su conservación y restauración, previniendo así los factores del deterioro ambiental
Resolución 4143 de 2012. Requisitos sanitarios Expedido por: Ministerio de Salud y Protección Social	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos plásticos y elastoméricos y sus aditivos, destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en el territorio nacional.
Resolución 4506 de 2013. Niveles máximos Expedido por: Ministerio de Salud y Protección Social	Por el cual se establecen los niveles de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones.

Elaboracion: Autores, 2018

De este modo la vigencia que se tiene al año 2018 es resolución 4506 de 2013, expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, en la cual tiene como objetivos principales: establecer los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano, con el fin de proteger la salud humana,

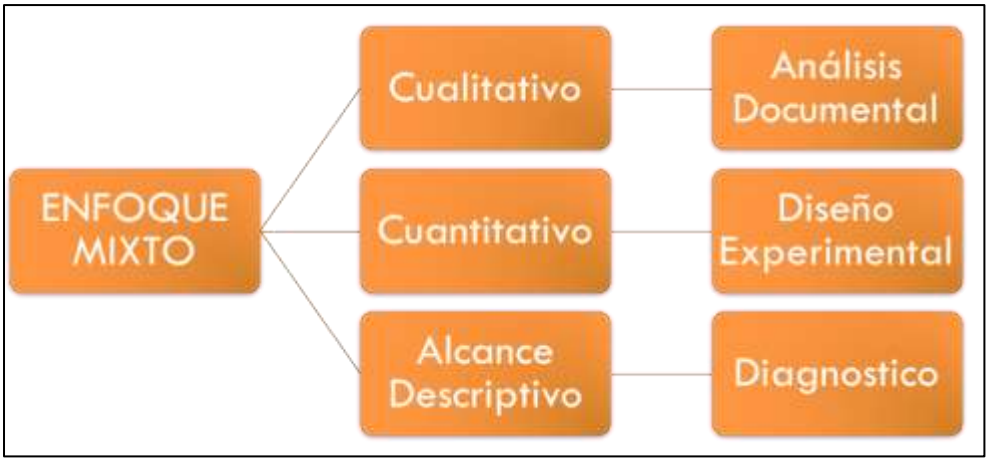
y las disposiciones contenidas en la presente resolución, se aplican en todo el territorio nacional a los alimentos y materias primas para alimentos destinados al consumo humano.

9. METODOLOGÍA

9.1 Diseño Metodológico

El diseño a ejecutar es de tipo secuencial, ya que después de realizar los enfoques cuantitativos y cualitativos se realiza una triangulación de los datos obtenidos por medio de tablas comparativas y los análisis basados en los resultados obtenidos.

El presente proyecto de cuantificar niveles de metales pesados en hortalizas cultivadas de la cuenca media del río Bogotá parte desde algunas variables sociales y ecológicas, el cual cuenta con un enfoque mixto, siendo cualitativo donde se realiza un previo análisis documental y recopilación de información y cuantitativo de tipo experimental donde se llevarán a cabo los respectivos análisis a las muestras obtenidas en campo.



Para la recolección de las muestras, se realizó una visita de campo, el 30 de Julio del 2018. A la vereda la Unión del municipio de Sibaté; en los cultivos del señor Gustavo Cuellar se tomó muetras de suelos y de los órganos de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo). Siguiendo con la metodología de extracción, con una pequeña pala se removió una porción de suelo de 5 cm de profundidad la cual se descartó como posible muestra, posterior a esto se excavó un hueco de 20 cm de profundidad y a esta distancia se tomó una muestra de suelo la cual fue depositada en una bolsa de papel. La metodología de extracción para cada una de las especies fue de

manera completa, es decir, se tomó toda la planta (raíz, tallos, hojas y frutos). Posteriormente dichas muestras fueron llevadas al laboratorio de la fundación Universitaria Corpas.

9.1.1 Cualitativo - Análisis Documental

Análisis de laboratorio a partir de una revisión documental para determinar qué tipo de metodología y de qué manera, y bajo qué parámetros; Los distintos procedimientos que se realizarán en el laboratorio fueron debidamente investigados, incluyendo todo el proceso desde las cantidades necesarias de ácidos hasta los tiempos que se llevarán las respectivas digestiones; el fin de por qué usar HCl y HNO_3 y que que se pretende obtener por medio de ellos, para así lograr leer los niveles de metales presentes en las muestras obtenidas de las hortalizas; al obtener resultados de niveles de metales pesados presentes, se procede a hacer la respectiva comparación con los niveles permitidos a nivel tanto nacional como internacional expuestos por los entes encargados de la regulación de estos.

9.1.2 Cuantitativo - Diseño Experimental

La digestión en fresco se realizó a partir de aproximadamente 10 gramos de cada muestra pesadas en balanza analítica; donde cada una es llevada a un Erlenmeyer con 10 ml de HCl Y 10 ml NHO_3 por aproximadamente 12 días en una digestión en frío, pasado este tiempo se realizará las respectivas filtraciones, hasta completar un aforo de 50 ml con agua tipo T1, seguido se realizó envasado de la muestra en frascos de vidrio ámbar el cual queda listo para ser leído en equipos de absorción atómica VARIAN AA-140 y SHIMADZU AA-7000.

Tabla 1. Digestión en fresco

MUESTRA	A DIGESTIÓN
Fruto Alcachofa	10,0142 g
Hoja Perejil	10,0035 g
Hoja Alcachofa	10,0766 g
Hoja Zanahoria	10,0378 g
Tallo Perejil	10,0263 g
Tallo Alcachofa	10,0581 g
Tallo Zanahoria	10,0369 g
Raíz Perejil	10,0050 g
Raíz Alcachofa	10,0364 g
Raíz Zanahoria	10,0020 g
Suelo Alcachofa	10,0026 g
Suelo Perejil/Zanahoria	10,0675 g

Tabla 2 Digestión en seco

MUESTRA	HIDRATADO	DESHIDRATADO	A DIGESTIÓN
Fruto Alcachofa	40,0870 g	7,1154 g	1,0104 g
Hoja Perejil	13,6324 g	2,8067 g	1,0054 g
Hoja Alcachofa	40,0613 g	7,5609 g	1,0001 g
Hoja Zanahoria	22,2908 g	5,0762 g	1,0034 g
Tallo Perejil	9,4867 g	1,0039 g	1,002 g
Tallo Alcachofa	40,0751 g	6,6525 g	1,0015 g
Tallo Zanahoria	47,2753 g	6,0120 g	1,0008 g
Raíz Perejil	5,6354 g	1,185 g	1,0019 g
Raíz Alcachofa	40,0513 g	13,2095 g	1,0073 g
Raíz Zanahoria	56,6751 g	6,7391 g	1,0085 g
Suelo Alcachofa	40,0018 g	26,5194 g	1,0002 g
Suelo Perejil/Zanahoria	30,0129 g	22,5338 g	1,0068 g

La digestión en seco se realizó inicialmente a partir de distintos pesos de acuerdo a las cantidades obtenidas, son pesados en balanza analítica y posteriormente llevados a secado por 12 días sobre una superficie con calor a 35°C; las muestras deshidratadas son pesadas nuevamente y a partir del valor más bajo obtenido en los pesos es tomado como referencia para hacer la digestión en seco, en este caso aproximadamente fue de 1 gramo, se realiza el filtrado y se afora con agua tipo T1 a 50 ml, la muestra es envasada en frasco de vidrio ámbar y queda lista para llevar a lectura en equipos de absorción atómica VARIAN AA-140 y SHIMADZU AA-7000.

Se realizó la respectiva numeración de los frascos de 1 a 24 donde se dejan las muestras de suelo en último lugar para de esta manera al momento de la lectura en el equipo, descartar cualquier tipo de impureza que se haya podido ir en la filtración, evitando así contaminar el equipo.

Tabla 3 Numeración de frascos para la determinación de metales pesados por el método de absorción atómica

NUMERACIÓN DE FRASCOS	
Muestra	**Material**
1	Fruto Alcachofa SECO 1g
2	Fruto Alcachofa FRESCO 10g
3	Hoja Perejil SECO 1g
4	Hoja Perejil FRESCO 10g
5	Hoja Alcachofa SECO 1g
6	Hoja Alcachofa FRESCO 10g
7	Hoja Zanahoria SECO 1g
8	Hoja Zanahoria FRESCO 10g
9	Tallo Perejil SECO 1g
10	Tallo Perejil FRESCO 10g
11	Tallo Alcachofa SECO 1g
12	Tallo Alcachofa FRESCO 10 g
13	Tallo Zanahoria SECO 1g
14	Tallo Zanahoria FRESCO 10g
15	Raíz Perejil SECO 1g
16	Raíz Perejil FRESCO 10g
17	Raíz Alcachofa SECO 1g
18	Raíz Alcachofa FRESCO 10g
19	Raíz Zanahoria SECO 1g
20	Raíz Zanahoria FRESCO 10g
21	Suelo Alcachofa SECO 1g
22	Suelo Alcachofa FRESCO 10g
23	Suelo Perejil/Zanahoria SECO 1g
24	Suelo Perejil/Zanahoria FRESCO 10g

9.2 Enfoque

El presente trabajo tiene un enfoque metodológico mixto, ya que durante todo el proceso se llevará a cabo análisis de documentos junto con pruebas de laboratorio, no se realizará ninguna propuesta de alternativa referente a las formas de riego o de cultivos que tengan en la vereda la unión. El enfoque se encaminará a la identificación de metales, transferencia de los mismos en la planta y como puede llegar afectar la salud pública.

9.3 Alcance

Como tal el trabajo se divide en dos etapas; la primera es descriptivo debido a que se busca caracterizar los metales que existen en las especies ya mencionadas, y la segunda es la descripción de dichos resultados con un análisis respecto a la normativa legal vigente de Colombia, la transferencia de metales en la misma especie y por último la importancia y afectación que esta puede llegar a tener a la salud pública.

9.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis son las muestras tomadas directamente del suelo de la zona escogida, muestras que son acondicionadas posteriormente para llevar a los procedimientos de laboratorio respectivos.

9.5 Informantes

Ya que la metodología del presente trabajo es mixta, se debe tener en cuenta la información, primero de los investigadores por las observaciones que se hace en campo, segundo los datos informados en el laboratorio por medio del método de absorción atómica, tercero los reportes a nivel nacional teniendo en cuenta la legislación y por último la población civil y la relación con las enfermedades producidas por estos metales.

9.6 Variables, dimensiones, técnicas e instrumentos

Tabla 4 Variables, dimensiones, técnicas e instrumentos

DIMENSIONES	VARIABLE	ASPECTO	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Social	Salud	Pública Inocuidad alimentaria	Concentraciones de metales Enfermedades	Investigación Absorción atómica	Normativa. Reportes. VARIAN AA140 SHIMADZU AA-7000.
Ecológica	Contaminación por metales	Transferencia	Bioacumulación en plantas	Absorción atómica	Normativa. -VARIAN AA140 SHIMADZU AA-7000.

9.7 Flujo grama metodológico

9.7.1 *Objetivo I*

Fuente: Autores, 2018

El primer objetivo abarca gran parte del proyecto en general ya que en él obtiene desde la toma de muestras hasta los resultados para posteriormente poder dar realización a los siguientes objetivos planteados. En el sitio escogido para la toma de muestras se realizó una breve visita y reconocimiento del lugar, luego se procedió a llevar muestras completas que van desde suelo pasando por raíz, tallo, hoja y fruto; estas muestras fueron llevadas al laboratorio donde fueron clasificadas en dos grupos que serían llevados a digestión: muestras en fresco y muestras en seco; las muestras en fresco fueron pesadas y se tomaron aproximadamente 10 gramos de cada una, posteriormente se llevarón a un Erlenmeyer y se les adicionó 10ml de HCl y 10 ml de HNO_3 , se taparon y se dejaron en digestión por aproximadamente 12 días.

Las muestras que irían en seco fueron dejadas a una temperatura de 35°C por aproximadamente 12 días hasta lograr retirar el agua presente y por ende tenerlas secas, así mismo fueron llevadas a un erlenmeyer con 10ml de HCl y 10 ml de HNO_3 por 10 días. Ambas muestras tanto en fresco como en seco fueron filtradas y llevadas a un aforo de 50 ml con agua tipo T1 donde estaban listas para proceder a lectura en

el equipo de absorción atómica VARIAN AA-140 y SHIMADZU AA-7000, este primer equipo (VARIAN AA-140) es previamente calibrado con unos patrones según el metal a leer y adaptado con la respectiva lámpara del metal, lámpara de cátodo hueco, los resultados son almacenados en el equipo en su base de datos la cual también es previamente preparada.

9.7.2 Objetivo II

Con la obtención de los resultados del objetivo No 1, se procede hacer el análisis de los resultados de cada uno de los organos de las especies en estudio, de esta manera se puede identificar la transferencia que hay del suelo hasta el fruto, teniendo en cuenta que la relacion se debe hacer 1 a 1 ya que, la transferencia se da por el paso de los metales en cada organo de la planta, para la cual se hace el siguiente calculo.

$$\sum_{metal\ mg/kg} \text{(de todos los organos)}$$

$$\text{Transferencía} = \frac{\sum(de\ organos)\ x\ 10g}{Cantidad\ de\ (Raíz + tallo + hoja + fruto)g} \text{ x } 100\%$$

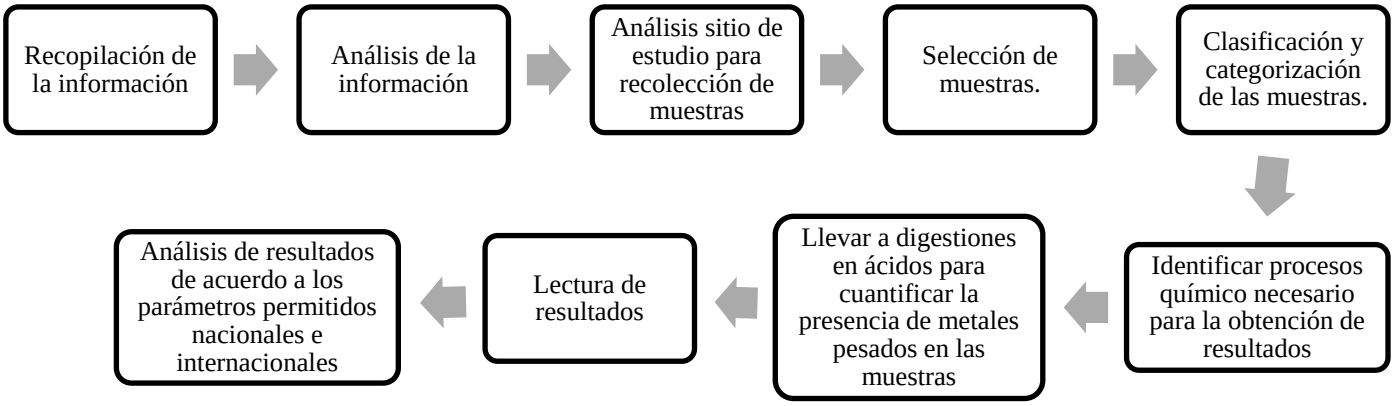
9.7.3 Objetivo III

De acuerdo con los resultados obtenidos y el análisis realizado en los objetivos No 1,2. Determinando asi el grado de peligrosidad que representan los metales, de esta manera se identifica si la población está en riesgo o no, de acuerdo a los niveles permitidos tanto nacional como internacionalmente y no obstante se deben tener en cuenta los reportes de salud de Sibaté, para observar el comportamiento de la población en la última decada.

Asi mismo, se hace un comparativo de los resultados obtenidos con la legistacion nacional, la resolución 4506 de 2013. La cual tiene por objeto establecer los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano. En la cual para hortalizas solo hay registros de Plomo y Cadmio.

Para nivel internacional se tienen en cuanta paises como: Estados Unidos, Australia, Brasil, Mexico, Rusia, Sudafrica, Suiza y la Unión Europea. En dichos paises tiene como denominador de dos a tres metales por ley en hortalizas.

9.7.4 Flujo grama general



9.8 Plan de trabajo

Diferentes actividades y metodología del trabajo de investigación.

Tabla 5 Plan de trabajo

OBJETIVOS		**ACTIVIDADES**	**METODOLOGÍA**		**RESULTADOS ESPERADOS**
GENERAL	**ESPECÍFICOS**		**TÉCNICA**	**INSTRUMENTO**	
Cuantificar la acumulación de metales pesados en hortalizas cultivadas en Sibaté, Cundinamarca,	Determinar la concentración de metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc acumulados en los órganos de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo) por la técnica de absorción atómica, en la vereda la unión del municipio de Sibaté.	Recolección de muestras Recopilar información. Analizar la información. Calibración del equipo	Análisis documental. Recolección de datos. Digestión en ácido. Absorción atómica	Fichas bibliográficas Libros. Normatividad VARIAN AA-140 SHIMADZU AA-7000	Se identifican los metales pesados y su concentración

	Analizar la transferencia de los metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc entre el suelo y los diferentes órganos de la especie, en la vereda la unión del municipio de Sibaté.	Análisis comparativo con la normativa existente para Colombia Calibración del equipo	Análisis documental. Análisis normativo.	Libros. Normativa VARIAN AA-140 SHIMADZU AA-7000	Se identificar la cantidad de metales que hay en suelo, raíz, tallo, hojas y fruto. Para así clasificar si hay o no hay transferencia en estas.
	Determinar la inocuidad de *Cynara scolymus* (alcachofa), *Daucus carota* (zanahoria) y *Petroselinum crispum* (perejil crespo), en la vereda la unión del municipio de Sibaté.	Identificar aspectos Estudios epidemiológicos hechos en la zona de estudio	Análisis documental. Análisis normativo. Análisis comparativo.	Libros. Normativa VARIAN AA-140 SHIMADZU AA-7000	- Los alimentos pueden estar contaminados o no. Por metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc), debido a que estos cultivos son regados por aguas del río Bogotá. Según regulación nacional, estos pueden estar excediendo los límites permisibles de consumo, de tal manera se vuelve un asunto de salud pública.

9.9 Uso y Calibración del equipo

Para la cuantificación de los metales se utilizaron dos equipos de absorción atómica en diferentes laboratorios, uno de estos en la Universidad EAN, el equipo utilizado fue el SHIMADZU AA-7000; y el otro laboratorio de trabajo fue en la Universidad Javeriana con el equipo VARIAN AA-140. Equipos que deben ser calibrados previamente dependiendo el metal a leer y por ende la lámpara a utilizar (lámpara de cátodo hueco para el caso del VARIAN AA-140, los cuales indican que llama se debe utilizar para cada uno, en este caso se utilizaron llamas oxidantes. Para la calibración se tuvo en cuenta la ficha de seguridad de cada metal (ver anexos), en las cuales exponen como debe ser las diluciones para cada uno de ellos.

9.9.1 Ejemplo con Plomo

Así como se mencionó, para la calibración del equipo se debe tener los factores que este propone en su ficha dependiendo la lámpara, para este caso el plomo.

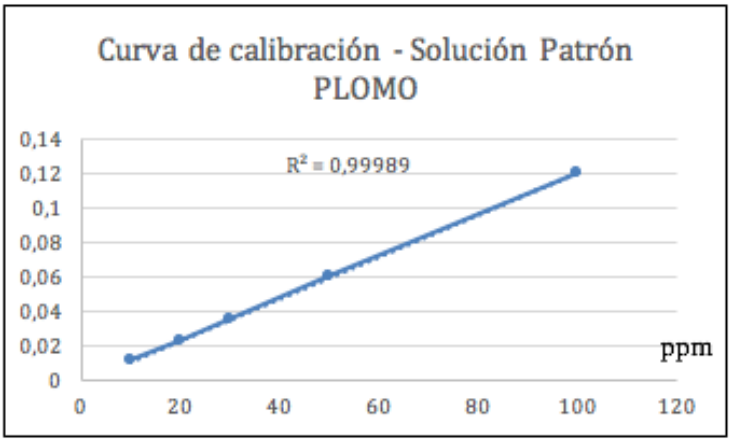
Para lo cual se tiene la siguiente información, concentración (C), está se expresa en ppm y absorbancia (A), está según la guía de cada máquina dice lo siguiente, (2-log(%de tramitancia)) y tramitancia, es la diferencia de potencias de la que entra y sale. Para W, es igual al valor de la pendiente.

Tabla 6. Calibración de equipo para Plomo

CONCENTRACIÓN ppm	**ABSORBANCIA**	**C^2**	**A * C**	**A corregida**	
10	0,0116	100	0,116	0,0120	
20	0,0231	400	0,462	0,0240	
30	0,0352	900	1,056	0,0359	
50	0,0604	2.500	3,020	0,0599	
100	0,1199	10.000	11,990	0,1197	
		13.900	16,644	0,0012	w $(A*C)/C^2$
			FACTOR	835,1358	Factor = 1/w
					C = Factor * Absorbancia

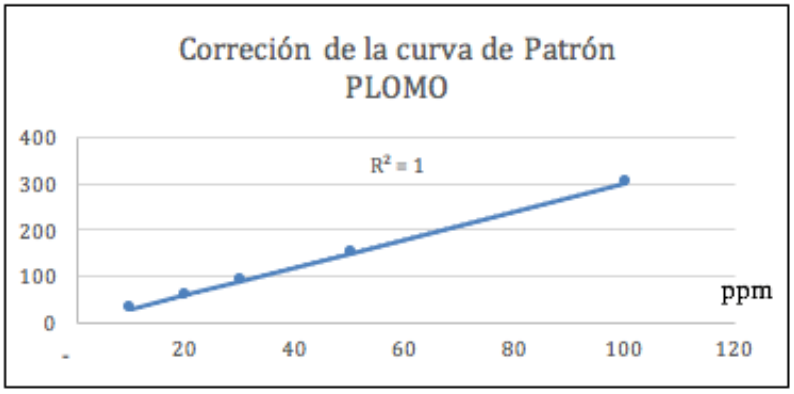
De esta manera la concentración, es un factor en ppm que lo menciona el manual de cada elemento como tambien hace referencía a cuantas diluciones o concentraciones se deben tener en cuenta para la concentracion final y la medición de la curva, para la absorbacia es una medida que da el equipo de absorción atómica. Esta primera calibración manual se hace con las diluciones planteadas en el anexo, de acuerdo a esta se busca una línea, un pendiente $R^2= 1$

Figura 3. Calibración Plomo



Como no se obtiene el $R^2 = 1$ si no un $R^2 = 0,99$. Se hace un ajuste manual, el cual costa de multiplicar Absorbancia por Concentración y la sumatoria de estas se multiplica por la concentración inicial, esto se hace para que $R^2 = 1$, es decir, la pendiente dé sobre el rango.

Figura 4. Corrección calibración Plomo



Cabe resaltar que el proceso de calibracion se hizo con el equipo en la Universidad Javeriana con el equipo VARIAN AA-140 en el cual se tomarón los datos iniciales, posterior se hizo el mismo estudio en la Universidad EAN, el equipo utilizado fue el SHIMADZU AA-7000, el cual arrogaba los resultados de una. Cabe resaltar que las tablas mencionadas tanto anteriormente como las de los anexos donde esta cada metal, se hizo el promedio de las tablas y se sumaron y se dividieron por 3, dando cumplimiento al rigor técnico y científico del trabajo.

10. RESULTADOS

10.1 Plomo

Una vez calibrado el equipo AA-7000 SHIMADZU de la Universidad EAN, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Pb/kg la cuales son las utilizadas en la legislación. Posterior se multiplica por dos ya que esta esta máquina se hace una dilución inicial.

Tabla 7. Concentración de Plomo en Hortalizas

FACTOR 835,136

ABSORBANCIA LEIDA	**ABSORBANCIA * FACTOR**	**CONCENTRACIÓN mg Pb/kg órgano**	**ÓRGANO FRESCO**
0,0005	0,4175	4,1757	Fruto Alcachofa
0,0014	1,1691	11,6920	Hoja Perejil
0,0004	0,3340	3,3405	Hoja Alcachofa
0,0008	0,6681	6,6811	Hoja Zanahoria
0,0006	0,5010	5,0108	Tallo Perejil
0,0008	0,6681	6,6811	Tallo Alcachofa
0,0008	0,6681	6,6811	Tallo Zanahoria
0,0014	1,1691	11,6919	Raíz Perejil
0,0009	0,7516	7,5162	Raíz Alcachofa
0,0009	0,7516	7,5162	Raíz Zanahoria
0,0119	9,9381	99,3811	Suelo Alcachofa
0,0102	8,5183	85,1838	Suelo Perejil/Zanahoria

10.2 Níquel

Una vez calibrado el equipo AA-7000 SHIMADZU de la Universidad EAN, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Ni/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación. Posterior se multiplica por dos ya que se hace una dilución inicial.

Tabla 8 Concentración de Níquel en Hortalizas

FACTOR 119,1743

ABSORBANCIA LEIDA	**ABSORBANCIA * FACTOR**	**CONCENTRACIÓN mg Ni/kg órgano**	**ÓRGANO FRESCO**
0,0014	0,1668	1,668	Fruto Alcachofa
0,001	0,1191	1,1917	Hoja Perejil
0,0014	0,1668	1,6684	Hoja Alcachofa
0,0015	0,1787	1,7876	Hoja Zanahoria
0,0014	0,16684	1,6684	Tallo Perejil
0,0045	0,5362	5,3628	Tallo Alcachofa
0,0021	0,2502	2,5026	Tallo Zanahoria
0,0018	0,21451	2,1451	Raíz Perejil
0,0008	0,0953	0,9533	Raíz Alcachofa
0,0018	0,2145	2,1451	Raíz Zanahoria
0,0208	2,4788	24,7882	Suelo Alcachofa
0,0194	2,3119	23,1198	Suelo Perejil/Zanahoria

10.3 Cobre

Una vez calibrado el equipo AA-7000 SHIMADZU de la Universidad EAN, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Cu/kg

órgano la cuales son las utilizadas en la legislación. Posterior se multiplica por dos ya que se hace una dilución inicial.

Tabla 9 Concentración de Cobre en Hortalizas

FACTOR 126,1352

ABSORBANCIA LEIDA	**ABSORBANCIA * FACTOR**	**CONCENTRACIÓN mg Cu/kg órgano**	**ÓRGANO FRESCO**
0,0028	0,3531	3,5317	Fruto Alcachofa
0,0216	2,7245	27,2452	Hoja Perejil
0,0067	0,8452	8,4511	Hoja Alcachofa
0,009	1,1352	11,3527	Hoja Zanahoria
0,0043	0,5424	5,4238	Tallo Perejil
0,0063	0,7946	7,9465	Tallo Alcachofa
0,0034	0,4288	4,2886	Tallo Zanahoria
0,0204	2,5731	25,7315	Raíz Perejil
0,026	3,2795	32,7952	Raíz Alcachofa
0,0038	0,4793	4,7931	Raíz Zanahoria
0,5002	63,0928	630,9286	Suelo Alcachofa
0,309	38,9758	389,7579	Suelo Perejil/Zanahoria

10.4 Cromo

Una vez calibrado el equipo AA-7000 SHIMADZU de la Universidad EAN, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Cr/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación. Posterior se multiplica por dos ya que se hace una dilución inicial.

Tabla 10. Concentración de Cromo en Hortalizas

FACTOR 282,3997

ABSORBANCIA LEIDA	ABSORBANCIA * FACTOR	CONCENTRACIÓN mg Cr/kg órgano	ÓRGANO FRESCO
0,0048	1,3555	13,5552	Fruto Alcachofa
0,0062	1,7508	17,5088	Hoja Perejil
0,0038	1,0731	10,7311	Hoja Alcachofa
0,0034	0,9601	9,6016	Hoja Zanahoria
0,0046	1,2990	12,9904	Tallo Perejil
0,0043	1,2143	12,1432	Tallo Alcachofa
0,0026	0,7342	7,3424	Tallo Zanahoria
0,0052	1,4684	14,6848	Raíz Perejil
0,0048	1,3555	13,5552	Raíz Alcachofa
0,0034	0,9601	9,6016	Raíz Zanahoria
0,0318	8,9803	89,8032	Suelo Alcachofa
0,0372	10,5052	105,0527	Suelo Perejil/Zanahoria

10.5 Cadmio

Una vez calibrado el equipo VARIAN AA140 de la Universidad Javeriana, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Cd/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación.

Tabla 11. Concentración de Cadmio en Hortalizas

FACTOR 6,3511

ABSORBANCIA LEIDA	ABSORBANCIA * FACTOR	CONCENTRACIÓN mg Cd/kg órgano	ÓRGANO FRESCO
0,0014	0,0089	0,0444	Fruto Alcachofa
0,0049	0,0312	0,1556	Hoja Perejil
0,0056	0,0356	0,1778	Hoja Alcachofa
0,0063	0,0400	0,2001	Hoja Zanahoria
0,0050	0,0317	0,1587	Tallo Perejil
0,0048	0,0305	0,1524	Tallo Alcachofa
0,0045	0,0285	0,1429	Tallo Zanahoria
0,0046	0,0292	0,1461	Raíz Perejil
0,0044	0,0279	0,1397	Raíz Alcachofa
0,0036	0,0228	0,1143	Raíz Zanahoria
0,0212	0,1346	0,6732	Suelo Alcachofa
0,0211	0,1340	0,6701	Suelo Perejil/Zanahoria

10.6 Arsénico

Una vez calibrado el equipo VARIAN AA-140 de la Universidad Javeriana, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg As/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación.

Tabla 12. Concentración de Arsénico en Hortalizas

FACTOR 225,7756

ABSORBANCIA LEIDA	ABSORBANCIA * FACTOR	CONCENTRACIÓN mg As/kg órgano	ÓRGANO FRESCO
0,0031	0,6999	3,4995	Fruto Alcachofa
0,0020	0,4515	2,2577	Hoja Perejil
0,0035	0,7902	3,9510	Hoja Alcachofa
0,0016	0,3612	1,8062	Hoja Zanahoria
0,0016	0,3612	1,8062	Tallo Perejil
0,0023	0,5193	2,5964	Tallo Alcachofa
0,0025	0,5644	2,8222	Tallo Zanahoria
0,0023	0,5193	2,5964	Raíz Perejil
0,0010	0,2258	1,1288	Raíz Alcachofa
-	-	0	Raíz Zanahoria
0,0187	4,2220	21,1100	Suelo Alcachofa
0,0176	3,9736	19,8682	Suelo Perejil/Zanahoria

10.7 Cobalto

Una vez calibrado el equipo VARIAN AA-140 de la Universidad Javeriana, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Co/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación.

Tabla 13. Concentración de Cobalto en Hortalizas

FACTOR 29,0368

ABSORBANCIA LEIDA	**ABSORBANCIA * FACTOR**	**CONCENTRACIÓN mg Co/kg órgano**	**ÓRGANO FRESCO**
0,0015	0,0436	0,2177	Fruto Alcachofa
0,0042	0,0042	0,021	Hoja Perejil
0,0034	0,0034	0,017	Hoja Alcachofa
0,0039	0,0039	0,0195	Hoja Zanahoria
0,0035	0,0035	0,0175	Tallo Perejil
0,0024	0,0024	0,012	Tallo Alcachofa
0,0025	0,0025	0,0125	Tallo Zanahoria
0,0032	0,0032	0,016	Raíz Perejil
0,0033	0,0033	0,0165	Raíz Alcachofa
0,0019	0,0019	0,0095	Raíz Zanahoria
0,0280	0,0280	0,14	Suelo Alcachofa
0,0295	0,0295	0,1475	Suelo Perejil/Zanahoria

10.8 Zinc

Una vez calibrado el equipo VARIAN AA-140 de la Universidad Javeriana, se procede a medir la absorbancia de cada metal, luego de esto se multiplica por el factor que se obtuvo en la dilución inicial, con el resultado anterior se procede a hacer el factor de conversión, como se habló anteriormente en la metodología se hicieron unas digestiones, esto se hace para obtener todo en las unidades mg Zn/kg órgano, las cuales son las utilizadas en la legislación.

Tabla 14. Concentración de Zinc en Hortalizas

FACTOR 10,0867

ABSORBANCIA LEIDA	ABSORBANCIA * FACTOR	CONCENTRACIÓN mg Zn/kg órgano	ÓRGANO FRESCO
0,0590	0,5951	2,9756	Fruto Alcachofa
0,1938	1,9548	9,7740	Hoja Perejil
0,0825	0,8322	4,1608	Hoja Alcachofa
0,0889	0,8967	4,4835	Hoja Zanahoria
0,0999	1,0077	5,0383	Tallo Perejil
0,0461	0,4650	2,3250	Tallo Alcachofa
0,0577	0,5816	2,9083	Tallo Zanahoria
0,0855	0,8624	4,3121	Raíz Perejil
0,0607	0,6123	3,0613	Raíz Alcachofa
0,0242	0,2441	1,2205	Raíz Zanahoria
0,1951	1,9679	9,8396	Suelo Alcachofa
0,1413	1,4253	7,1263	Suelo Perejil/Zanahoria

De esta manera se obtienen los resultados, en cuanto a la cuantificación de metales pesados como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc, en las especies de hortalizas: Zanahoria, Perejil y Alcachofa, en sus diferentes organos fruto, hoja, tallo, raíz y suelo de las plantas.

Referente a la incertidumbre según la teoría dice que es la incial menos la final. En dado caso que la concentracion de algun metal lleguen ha estar por debajo o por encima de la curva de calibración, no tiene mayor relevancia, ya que, lo que se busca con el $R^2 = 1$. Es lograr interpolar y extrapolar, con la absorvancia corregida, de tal modo estaría dentro del rango.

$$\text{Incertidumbre} = \frac{mas\ alto\ primero - menor}{2} = \mp$$

10.9 Resultados Daucus carota (zanahoria)

Tabla 15. Compilado de metales en Zanahoria

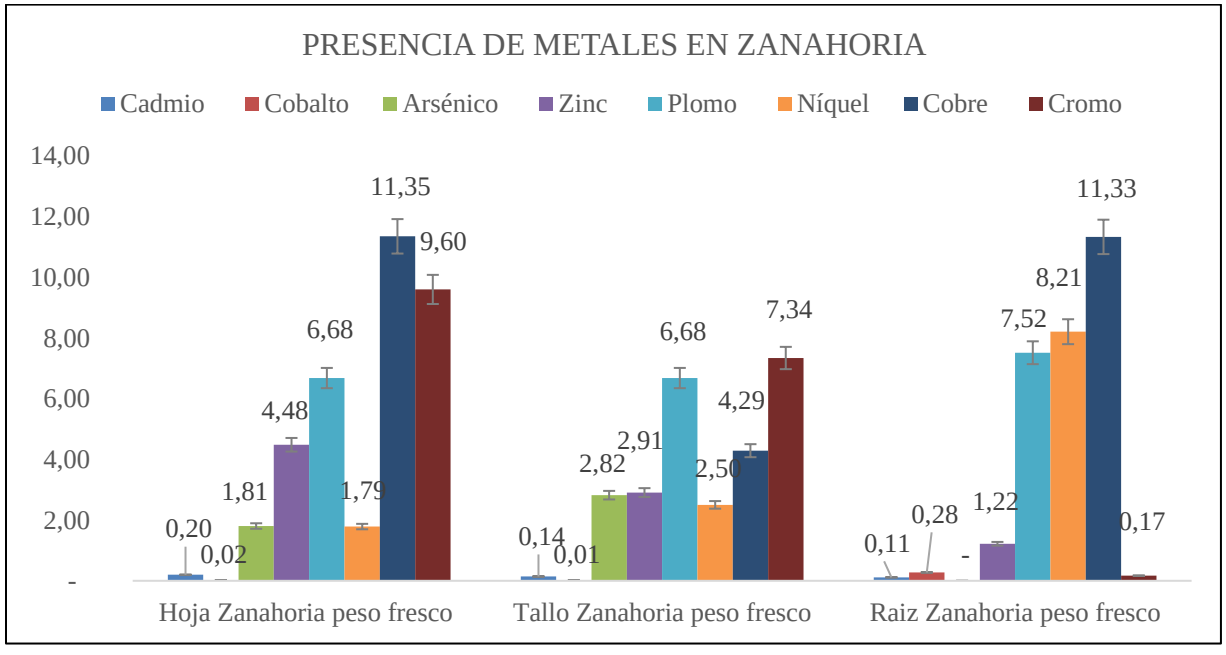
Metal	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo	Metales Totales
Unidades ppm	**mg Cd/ kg órgano**	**mg Co /kg órgano**	**mg As /kg órgano**	**mg Zn/kg órgano**	**mg Pb /kg órgano**	**mg Ni /kg órgano**	**mg Cu/kg órgano**	**mg Cr /kg órgano**	
Hoja Zanahoria	0,20	0,02	1,81	4,48	6,68	1,79	11,35	9,60	**35,93**
Tallo Zanahoria	0,14	0,01	2,82	2,91	6,68	2,50	4,29	7,34	**26,70**
Raíz Zanahoria	0,11	0,28	-	1,22	7,52	8,21	11,33	0,17	**28,84**
Suelo Zanahoria	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
***Metal Total**	**0,15**	**0,10**	**1,54**	**2,87**	**6,96**	**4,17**	**8,99**	**5,70**	**30,49**
****Transferencia**	**22,75%**	**69,57%**	**7,77%**	**40,28%**	**8,17%**	**18,02%**	**2,31%**	**5,43%**	**4,83%**

* Este valor se obtiene sin tener en cuenta el valor obtenido del suelo.

** La transferencia se da de raíz, tallo, hoja y fruto, dividido todo por el valor del suelo y se expresa en porcentaje

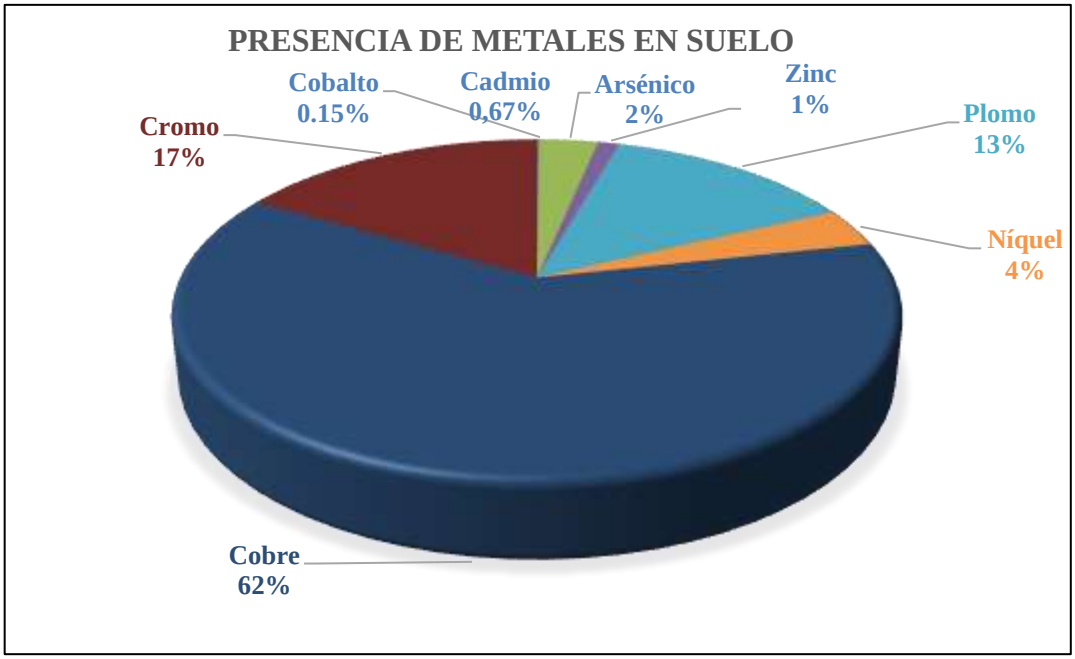
10.9.1 Presencia de Metales en la Planta

Figura 5. Metales en la Zanahoria



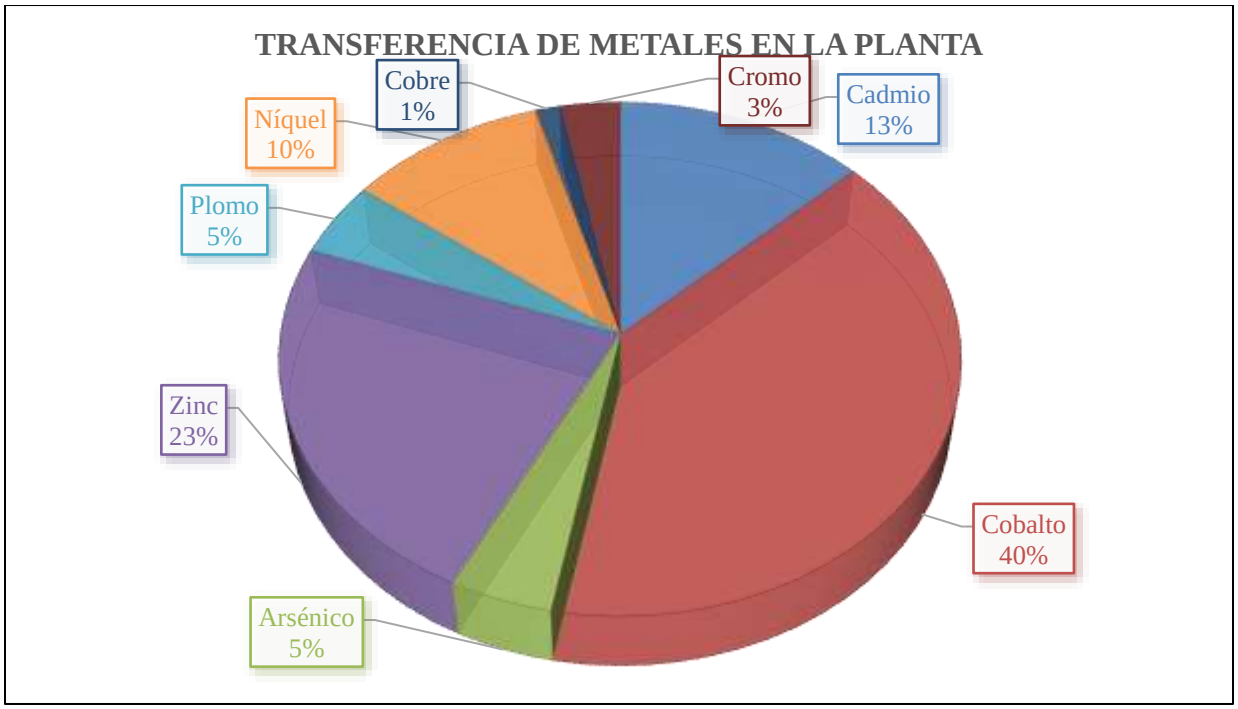
10.9.2 Presencia de Metales en la Tierra

Figura 6. Metales en suelo de la Zanahoria



10.9.3 Transferencia de Metales en la Planta

Figura 7. Transferencia de Metales en la Zanahoria



10.10 Resultados Petroselinum crispum (perejil crespo)

Tabla 16. Compilado de metales en Perejil

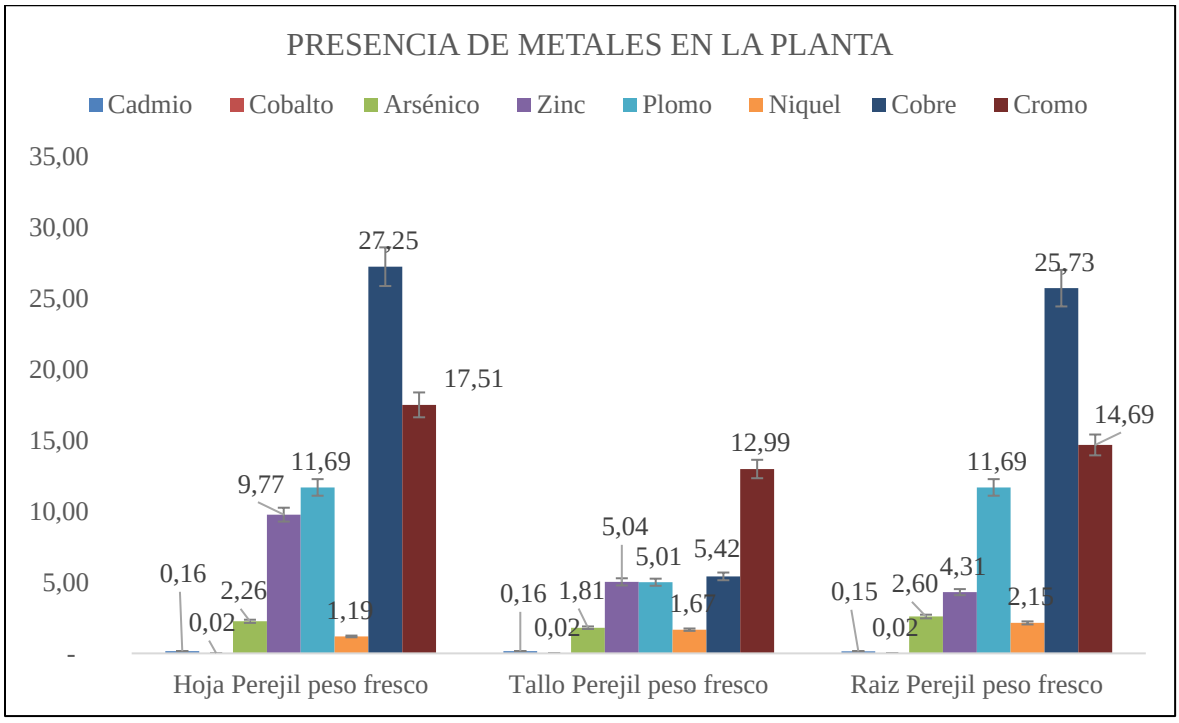
Metal	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Niquel	Cobre	Cromo	Metales Totales
Unidades ppm	**mg Cd/ kg órgano**	**mg Co /kg órgano**	**mg As /kg órgano**	**mg Zn/kg órgano**	**mg Pb /kg órgano**	**mg Ni /kg órgano**	**mg Cu /kg órgano**	**mg Cr /kg órgano**	
Hoja Perejil peso fresco	0,16	0,02	2,26	9,77	11,69	1,19	27,25	17,51	**69,85**
Tallo Perejil peso fresco	0,16	0,02	1,81	5,04	5,01	1,67	5,42	12,99	**32,11**
Raiz Perejil peso fresco	0,15	0,02	2,60	4,31	11,69	2,15	25,73	14,69	**61,32**
Tierra Perejil peso fresco	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
***Metal Total**	**0,15**	**0,02**	**2,22**	**6,37**	**9,46**	**1,67**	**19,47**	**15,06**	**54,43**
****Transferencia**	**22,91%**	**12,32%**	**11,17%**	**89,46%**	**11,11%**	**7,22%**	**4,99%**	**14,34%**	**8,63%**

* Este valor se obtiene sin tener en cuenta el valor obtenido del suelo.

** La transferencia se da de raíz, tallo, hoja y fruto, dividido todo por el valor del suelo y se expresa en porcentaje

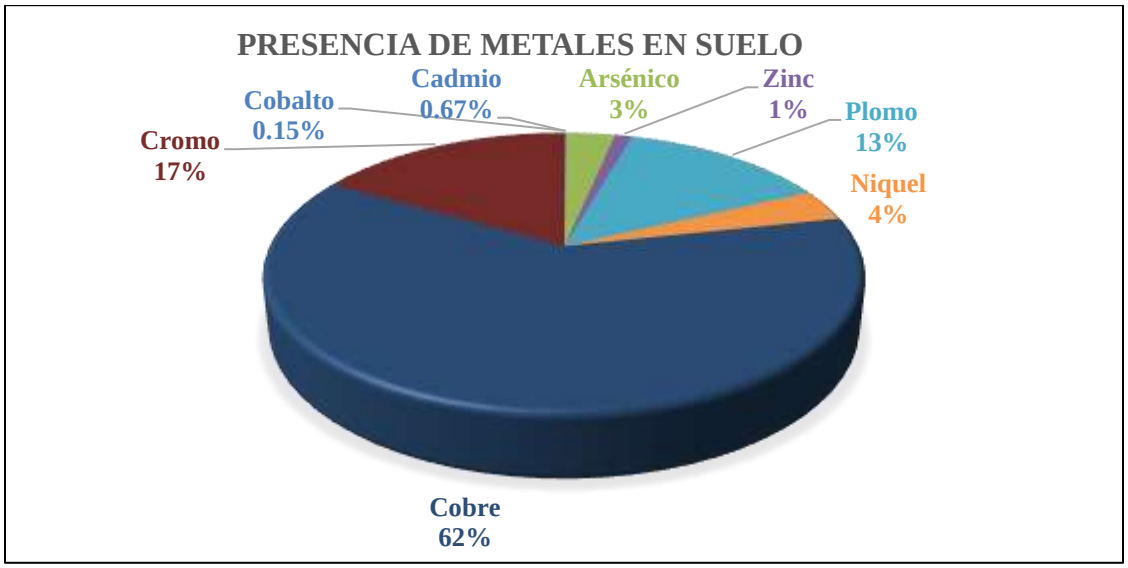
10.10.1Presencia de Metales en la Planta

Figura 8. Metales en el Perejil



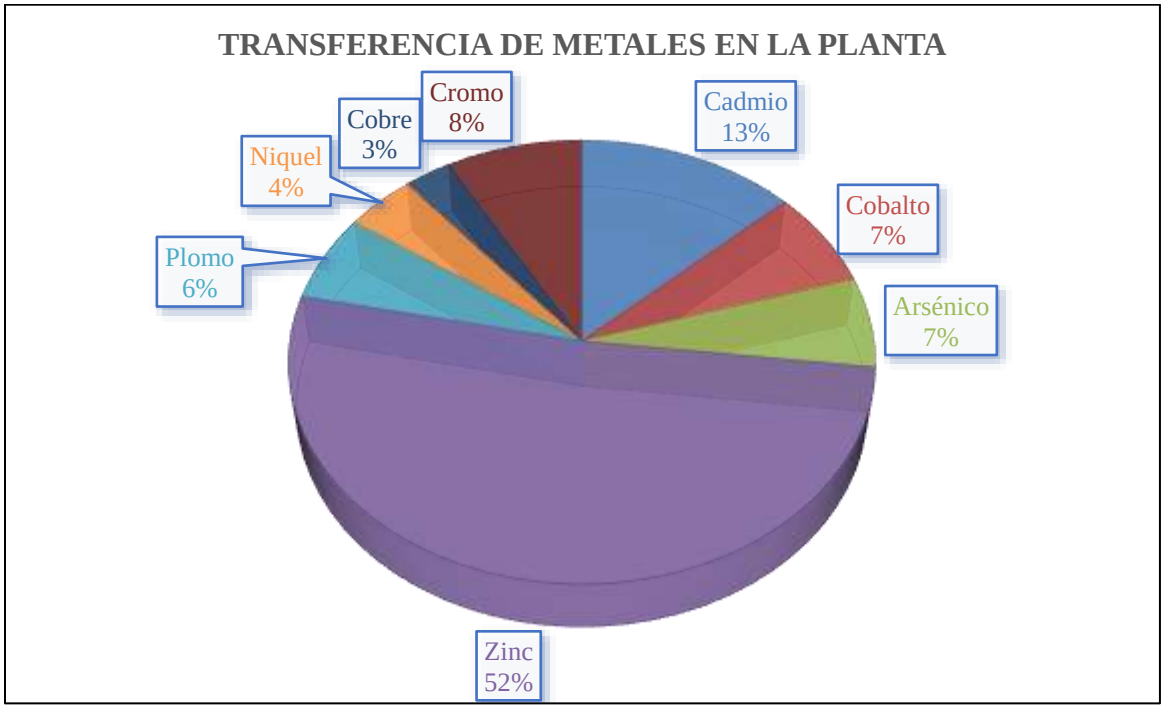
10.10.2Presencia de Metales en la Tierra

Figura 9. Metales en la tierra del Perejil



10.10.3Transferencia de Metales en la Planta

Figura 10. Transferencia de metales en el Perejil



10.11 Resultados Cynara scolymus (alcachofa)

Tabla 17. Compilado de metales en Alcachofa

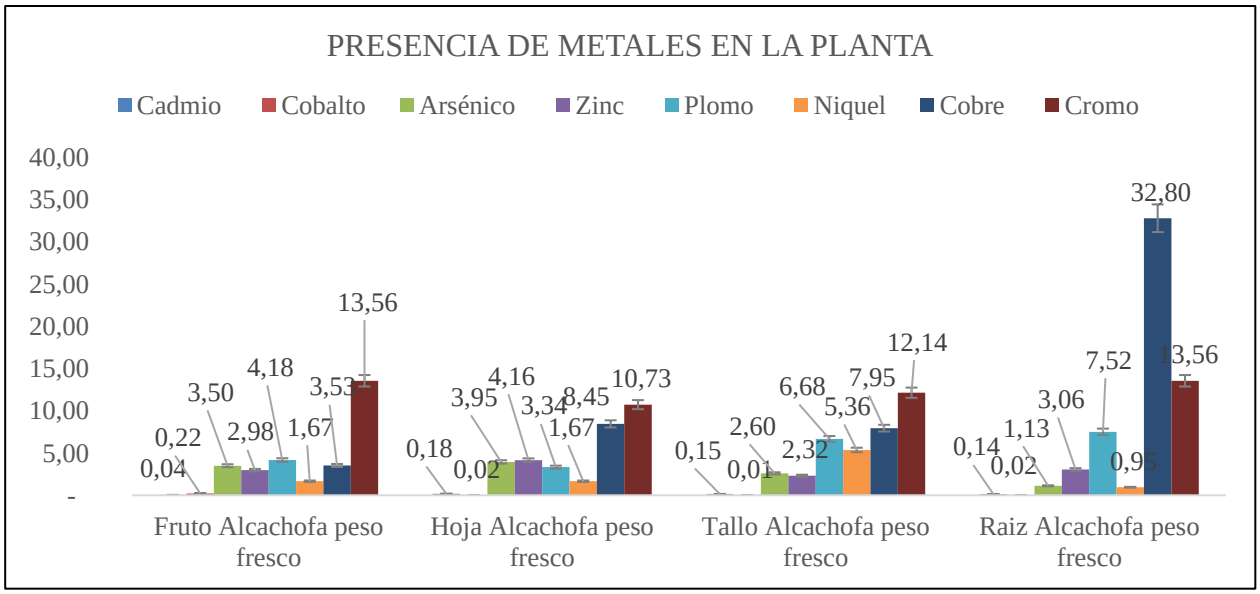
Metal	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo	Metales Totales
Unidades ppm	**mg Cd/ kg órgano**	**mg Co /kg órgano**	**mg As /kg órgano**	**mg Zn/kg órgano**	**mg Pb /kg órgano**	**mg Ni /kg órgano**	**mg Cu /kg órgano**	**mg Cr /kg órgano**	
Fruto Alcachofa	0,04	0,22	3,50	2,98	4,18	1,67	3,53	13,56	**29,67**
Hoja Alcachofa	0,18	0,02	3,95	4,16	3,34	1,67	8,45	10,73	**32,50**
Tallo Alcachofa	0,15	0,01	2,60	2,32	6,68	5,36	7,95	12,14	**37,22**
Raíz Alcachofa	0,14	0,02	1,13	3,06	7,52	0,95	32,80	13,56	**59,17**
Suelo Alcachofa peso fresco	0,67	0,14	21,11	9,84	99,38	24,79	630,93	89,80	**876,66**
***Metal Total**	**0,17**	**0,09**	**3,73**	**4,17**	**7,24**	**3,22**	**17,57**	**16,66**	**52,85**
****Transferencia**	**25,47%**	**62,68%**	**17,65%**	**42,42%**	**7,28%**	**12,98%**	**2,79%**	**18,55%**	**6,03%**

* Este valor se obtiene sin tener en cuenta el valor obtenido del suelo.

** La transferencia se da de raíz, tallo, hoja y fruto, dividido todo por el valor del suelo y se expresa en porcentaje

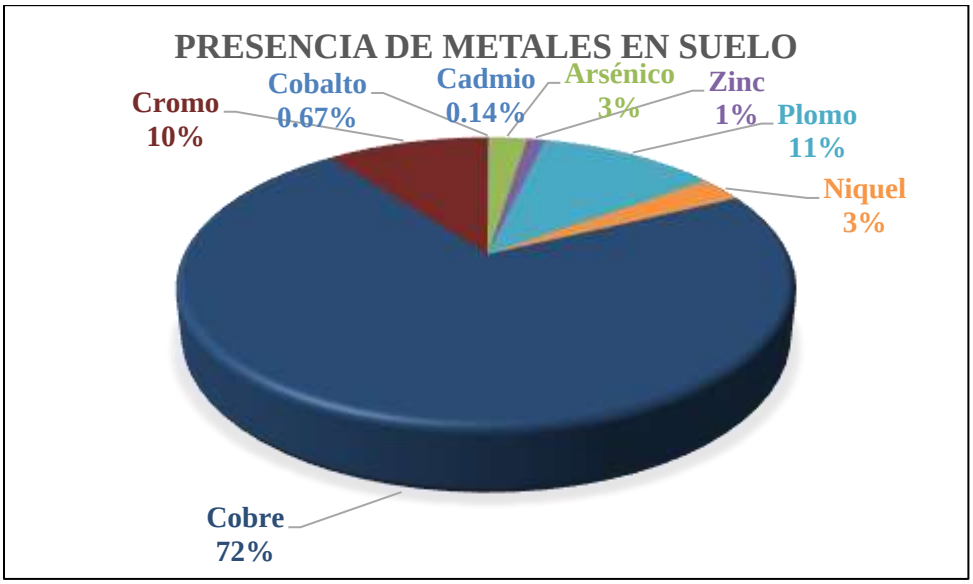
10.11.1Presencia de Metales en la Planta

Figura 11. Metales en la Alcachofa



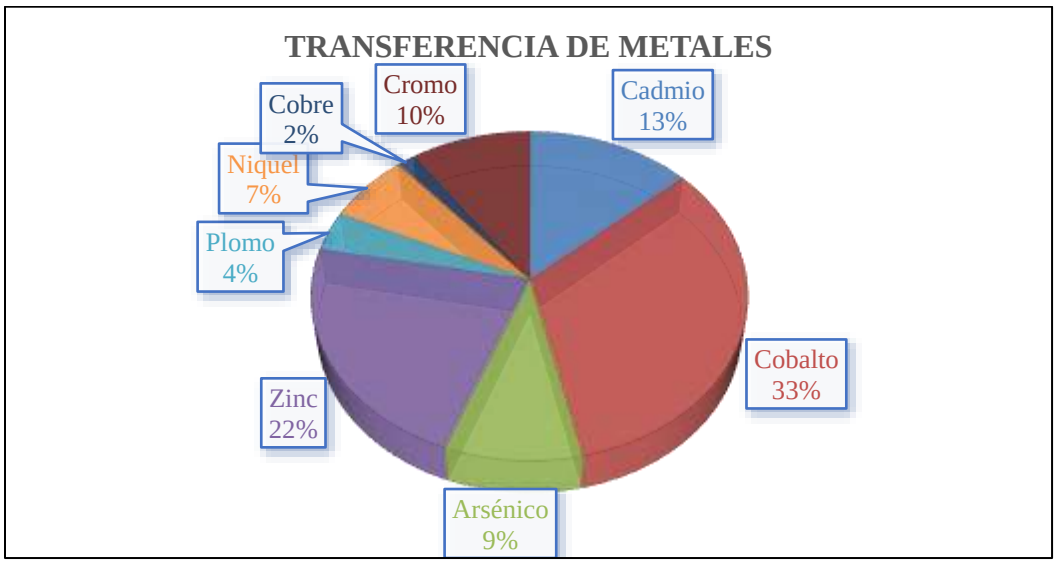
10.11.2Presencia de Metales en la Tierra

Figura 12. Metales en suelo de la Alcachofa



10.11.3Transferencia de Metales en la Planta

Figura 13. Transferencia de metales en la Alcachofa



11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las muestras estudiadas de acuerdo a las especies, nos dan como resultado que exceden los límites permisibles tanto nacional como internacionalmente de metales pesados presentes en cada planta; dado que la presencia de estos metales se manifiesta por exposición ambiental, vemos relacionada directamente la salud de la comunidad consumidora de estos productos, también así cabe resaltar la carencia de control existente por parte de la autoridad en cuanto al seguimiento que se le hace al producto, esto con el fin de poder identificar de donde proviene el alimento que se está consumiendo, el cual puede llegar a cualquier hogar sin tener información de su procedencia.

Basados en los resultados obtenidos y observando que las especies estudiadas sobrepasan los niveles permisibles de metales pesados; se puede identificar las consecuencias que se pueden generar en la salud pública de acuerdo a cada metal, mostrando así las enfermedades que podría conllevar esta gran problemática ambiental y por ende social.

La legislación en Colombia carece de normatividad para todos los metales, actualmente solo existen datos de permisividad de dos metales únicamente, como lo son Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), metales cuya presencia en las especies analizadas, exceden los límites; por esta parte se ve la falta de control con respecto a un tema tan importante que trae repercusiones en la salud.

Objetivos Especifico 1: Determinar la concentración de metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc acumulados en los órganos de Cynara scolymus (alcachofa), Daucus carota (zanahoria) y Petroselinum crispum (perejil crespo) por la técnica de absorción atómica, productos cosechados en la vereda la unión del municipio de Sibaté.

Para el desarrollo de este objetivo se tuvo en cuenta la concentración de metales en la planta en total, separándola por órganos, es decir, (Fruto, Hoja, Tallo, Raíz) y por último suelo, las muestras fueron puestas a digestión en fresco, es decir, recién tomadas, para cada una se peso 10g. Para tener la relación total de metales, se debió proceder hacer una relación de 30 a 10 ya que no es lo mismo decir que el peso de 10 g de hoja, tallo y raíz iba a significar los mismos a 10 g de suelo, lo anterior se hace para obtener el total de metales.

De esta manera se pudo identificar que el Cobre es el metal con mayor presencia en las tres muestras de suelo tanto para Zanahoria y Perejil con un 389,8 mg Cu/kg y para Alcachofa con una carga de 630 mg Cu/kg.

Tabla 18. Concentración de metales en los Órganos

METAL	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo	Metales Totales
UNIDADES ppm	**mg Cd/ kg órgano**	**mg Co/kg órgano**	**mg As /kg órgano**	**mg Zn/kg órgano**	**mg Pb /kg órgano**	**mg Ni /kg órgano**	**mg Cu /kg órgano**	**mg Cr /kg órgano**	
Hoja Zanahoria	0,20	0,02	1,81	4,48	6,68	1,79	11,35	9,60	**35,93**
Tallo Zanahoria	0,14	0,01	2,82	2,91	6,68	2,50	4,29	7,34	**26,70**
Raíz Zanahoria	0,11	0,28	-	1,22	7,52	8,21	11,33	0,17	**28,84**
Suelo Zanahoria	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
Metal Total	**0,15**	**0,10**	**1,54**	**2,87**	**6,96**	**4,17**	**8,99**	**5,70**	**30,49**
Hoja Perejil	0,16	0,02	2,26	9,77	11,69	1,19	27,25	17,51	**69,85**
Tallo Perejil	0,16	0,02	1,81	5,04	5,01	1,67	5,42	12,99	**32,11**
Raíz Perejil	0,15	0,02	2,60	4,31	11,69	2,15	25,73	14,69	**61,32**
Suelo Perejil	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
Metal Total	**0,15**	**0,02**	**2,22**	**6,37**	**9,46**	**1,67**	**19,47**	**15,06**	**54,43**
Fruto Alcachofa	0,04	0,22	3,50	2,98	4,18	1,67	3,53	13,56	**29,67**
Hoja Alcachofa	0,18	0,02	3,95	4,16	3,34	1,67	8,45	10,73	**32,50**
Tallo Alcachofa	0,15	0,01	2,60	2,32	6,68	5,36	7,95	12,14	**37,22**
Raíz Alcachofa	0,14	0,02	1,13	3,06	7,52	0,95	32,80	13,56	**59,17**
Suelo Alcachofa	0,67	0,14	21,11	9,84	99,38	24,79	630,93	89,80	**876,66**
Metal Total	**0,17**	**0,09**	**3,73**	**4,17**	**7,24**	**3,22**	**17,57**	**16,66**	**52,85**

11.1.1 Daucus carota (zanahoria)

De los 8 metales leídos por separado en cada órgano de la planta (Hoja, Tallo y Raíz), para Zanahoria nos indica que tiene mayor presencia de Cobalto con un 0,10 mg Cd/kg y de Níquel un 4,17 mg Ni/kg, así mismo el órgano que presentar mayor concentración total en metales es la hoja de la Zanahoria con un total de 35.9 ppm.

11.1.2 Petroselinum crispum (perejil crespo)

Se evidenció que para el Perejil tiene la presencia de 3 metales con un valor significativo, por ejemplo; en el Zinc 6,4 mg Zn/kg, el Plomo 9,5 mg Pb/kg y el Cobre 19,5 mg Cu/kg, al igual que en la Zanahoria presenta la mayor concentración de metales en la hoja del Perejil con un valor de 69,8 ppm, cabe mencionar que estas dos especies se encuentras en la misma zona de muestra.

11.1.3 Cynara scolymus (alcachofa)

En cuanto a la Alcachofa cuenta con el aporte de 3 metales como lo son el Cadmio 0,2 mg Cd/kg, el Arsénico 3,7 mg As/kg y el Cromo 16,7 mg Cr/kg, así como en Perejil y en Zanahoria el órgano con mayor presencia de metales fue la hoja, para Alcachofa es el tallo con un valor de 37,2 ppm.

Objetivos Especifico 2: Analizar la transferencia de los metales pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc entre el suelo y los diferentes órganos de Cynara scolymus (alcachofa), Daucus carota (zanahoria) y Petroselinum crispum (perejil crespo) por la técnica de absorción atómica, productos cosechados en la vereda la unión del municipio de Sibaté.

Para la obtención de la transferencia se debe tener en cuenta el valor de metal total en la planta y el valor del suelo, en referencia al metal estudiado sea Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc. Con las variables claramente definidas se procede a hacer una operación matemática, la cual es el total de metal, sobre el valor de la tierra, el resultado de esto es multiplicado por 100%, ya que la transferencia se expresa en porcentaje.

$$\sum_{metal\ mg/kg} \text{(de todos los organos)}$$

$$\text{Transferencía} = \frac{\sum(de\ organos)\ x\ 10g}{Cantidad\ de\ (Raíz + tallo + hoja + fruto)g} \text{ x } 100\%$$

De la misma forma en promedio en cuanto a metales totales de las tres especies, se tiene el perejil con un 9% en relación a Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc.

Tabla 19. Transferencia de metales por planta

METAL	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo	Metales Totales
UNIDADES ppm	mg Cd/ kg órgano	mg Co /kg órgano	mg As /kg órgano	mg Zn/kg órgano	mg Pb /kg órgano	Mg Ni /kg órgano	mg Cu /kg órgano	mg Cr /kg órgano	
Suelo Zanahoria	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
Metal Total	**0,15**	**0,10**	**1,54**	**2,87**	**6,96**	**4,17**	**8,99**	**5,70**	**30,49**
Transferencia	**22,75%**	**69,57%**	**7,77%**	**40,28%**	**8,17%**	**18,02%**	**2,31%**	**5,43%**	**4,83%**
Suelo Perejil	0,67	0,15	19,87	7,13	85,18	23,12	389,76	105,05	**630,93**
Metal Total	**0,15**	**0,02**	**2,22**	**6,37**	**9,46**	**1,67**	**19,47**	**15,06**	**54,43**
Transferencia	**22,91%**	**12,32%**	**11,17%**	**89,46%**	**11,11%**	**7,22%**	**4,99%**	**14,34%**	**8,63%**
Suelo Alcachofa	0,67	0,14	21,11	9,84	99,38	24,79	630,93	89,80	**876,66**
Metal Total	**0,17**	**0,09**	**3,73**	**4,17**	**7,24**	**3,22**	**17,57**	**16,66**	**52,85**
Transferencia	**25,47%**	**62,68%**	**17,65%**	**42,42%**	**7,28%**	**12,98%**	**2,79%**	**18,55%**	**6,03%**

11.1.4 Daucus carota (zanahoria)

En la zanahoria se presenta uno de los mayores porcentajes de transferencias, especialmente en el Cobalto con un 70,45%, sin embargo, también se presenta el Zinc con un 40,76%, y el metal con menos transferencia es el Cobre con un 2,04%.

11.1.5 Petroselinum crispum (perejil crespo)

Así como en la zanahoria presenciamos un nivel alto de Cobalto, en el perejil tenemos el Zinc con un 89,32% de transferencia siendo el metal con mayor porcentaje, por otro lado, está el Cobre con un 5,07% siendo el registro de transferencia de metal en perejil más bajo.

11.1.6 Cynara scolymus (alcachofa)

Alcachofa registra un mayor porcentaje de transferencia en el Cobalto con un 63,04% y su menos valor de transferencia está en el Cobre con un 3,04%.

Objetivos Especifico 3: Determinar la inocuidad de Cynara scolymus (alcachofa), Daucus carota (zanahoria) y Petroselinum crispum (perejil crespo), en la vereda la unión del municipio de Sibaté.

Los datos reportados en el trabajo, son relacionados desde dos aspectos, uno de ellos en la legislación tanto nacional como internacional y también con estudios epidemiológicos o reportes de salud de Sibaté. De la misma manera se logró correlacionar las enfermedades a las cuales estamos expuestos por contacto e ingesta de estos metales.

11.1.7 Limites a nivel global

Tabla 20. Metales totales VS legislación internacional

METAL	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo
UNIDADES ppm	mg Cd/ kg órgano	mg Co /kg órgano	mg As /kg órgano	mg Zn/kg órgano	mg Pb /kg órgano	mg Ni /kg órgano	mg Cu /kg órgano	mg Cr /kg órgano
Metal Total	**0,15**	**0,10**	**1,54**	**2,87**	**6,96**	**4,17**	**8,99**	**5,70**
Metal Total	**0,15**	**0,02**	**2,22**	**6,37**	**9,46**	**1,67**	**19,47**	**15,06**
Metal Total	**0,17**	**0,09**	**3,73**	**4,17**	**7,24**	**3,22**	**17,57**	**16,66**

LIMITES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL (mg/kg peso fresco)								
EUROPA	0,10	-	-	-	0,10	-	-	-
EE UU	0,1	-	0,05	0,8	-	-	-	0,05
AUSTRALIANA	0,10	-	-	-	0,30	-	-	-
BRASILEÑA	-	-	-	-	0,50	-	10	-
MEXICO	-	-	0,05	-	0,3	-	-	-
RUSIA	0,03	-	-	-	0,5	-	-	-
SUDAFRICA	0,05	-	-	-	0,3	-	-	-
SUIZA	0,1	-	-	-	0,5	-	-	-

Cabe mencionar que el Cobalto según (Vélez, et al., 2012), es un metal esencial para el hombre al ser de gran relevancia en procesos bioquímicos, siempre y cuando se encuentren en cantidades apropiadas. Sin embargo, no se puede decir lo mismo del Níquel ya que provoca defectos de nacimiento, asma, bronquitis

crónica, desórdenes del corazón y reacciones alérgicas, la contaminación con níquel está asociada a diversos tipos de cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. El consumo de altas cantidades puede provocar mareos, embolia de pulmón y fallos respiratorios (Rodríguez, 2017).

De esta manera se evidencia un interrogante a nivel mundial, porque este metal no se contempla como peligros para la ingesta humana. De acuerdo a los parámetros internacionales los metales analizados y presentes en las especies están excediendo los límites permitidos, donde generarán en determinados plazos afectaciones a la salud humana. Para este caso ni siquiera se estarían cumpliendo los límites internacionales.

11.1.8 Limites a nivel nacional

Tabla 21. Metales totales VS legislación nacional

METAL	Cadmio	Cobalto	Arsénico	Zinc	Plomo	Níquel	Cobre	Cromo
UNIDADES ppm	mg Cd/ kg órgano	mg Co /kg órgano	mg As /kg órgano	mg Zn/kg órgano	mg Pb /kg órgano	mg Ni /kg órgano	mg Cu /kg órgano	mg Cr /kg órgano
Metal Total	0,15	0,10	1,54	2,87	6,96	4,17	8,99	5,70
	>305%				>6959%			
Metal Total	0,15	0,02	2,22	6,37	9,46	1,67	19,47	15,06
	>307%				>9465%			
Metal Total	0,17	0,09	3,73	4,17	7,24	3,22	17,57	16,66
	>343%				>7238%			

LIMITES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL (mg/kg peso fresco)								
COLOMBIA	0,050	-	-	-	0,10	-	-	-

En Colombia solo se registra Plomo y Cadmio para niveles permitidos, los cuales exceden los valores normales y pasan a ser perjudiciales a la salud humana y su entorno. Para el caso de Cadmio la legislación nacional según la Resolución 4506 de 2013, propone que para hortalizas el máximo nivel que pueden contener es de 0,050 mg/kg en fresco, y para el estudio de las tres especies como lo fueron la zanahoria, perejil y alcachofa están excediendo en promedio un 318%. Así mismo para el Plomo proponen un límite

máximo de 0,10 mg/kg en fresco para lo cual, en el estudio de las tres especies, como lo fueron la zanahoria, perejil y alcachofa están excediendo en promedio un 7.887%.

Teniendo en cuenta que solo registra Plomo y Cadmio, Rodríguez, 2017 expone las enfermedades que pueden causar estos dos metales.

- **PLOMO:** Afecta la síntesis de hemoglobina, la función renal, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema nervioso, lo cual, en sus síntomas abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsión y en casos más severos hasta el estado de coma (Rodríguez, 2017).
- **CADMIO:** El Cadmio se presenta por acumulación en el organismo, principalmente en los riñones, lo cual causa hipertensión arterial. Enfermedades pulmonares (se le ha relacionado con el cáncer de pulmón) (Rodríguez, 2017).

De este modo se puede relacionar la presencia de estas enfermedades o síntomas en la población de Sibaté, Cundinamarca, la cual la expone el Plan territorial de salud de Sibaté, "Sibaté se siente bien 2012 - 2015" se presenta la incidencia de la atención de urgencia por varias causas.

Tabla 22. Enfermedades relacionadas

DIAGNÓSTICO	CASOS REPORTADOS
Infecciones de la piel y subcutáneas	1247
Otras enfermedades de las vías respiratorias altas	1006
Enfermedades infecciosas de las vías respiratorias inferiores	721
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, no especifica	351
Bronquitis aguda no especifica	344
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	163
Infección intestinal bacteriana	123
Colitis y Gastroenteritis	113

Fuente: Plan territorial de salud de Sibate, "Sibate se siente bien 2012 - 2015"

Con los datos anteriores reportados en el Plan territorial de salud de Sibate, "Sibate se siente bien 2012 - 2015", se puede evidenciar la presencia de casos de enfermedades respiratorias de diferentes tipos, como también infecciones intestinales, puedes que no sea con mucha frecuencia, pero algo que, si deja claro,

es que se debe profundizar más en estudios médicos, para que de esta manera se pueda concluir cuantos metales pesados se podrian tener en el organismo.

12. CONCLUSIONES

1. La ingesta de alimentos como Zanahoria, Perejil o Alcachofa cultivados en Sibaté, exceden los niveles permitidos a nivel nacional e internacional de metales como Plomo, Cobre, Cadmio, Arsénico, Zinc, Cobalto, Níquel y Cromo los cuales generan graves problemas en la salud.

2. Al determinar los niveles de concentración de metales pesados en las especies se concluye que el cobre en el suelo de la alcachofa es de (630,92 mg/kg), por otro lado, su presencia en la zanahoria y perejil es de (389,75 mg/kg).

3. Se puede concluir que la transferencia que presenta incrementos significativos en relación planta – suelo y por ende una acumulación de metales pesados en mayor porcentaje que en raíz siendo los órganos de su parte aérea (hojas, tallo) con mayor porcentaje de transferencia es el perejil con un 89% de transferencia en Zinc.

4. Se verificó que en la mayoría de las plantas se presentan altas concentraciones de metales pesados como cromo, cadmio, cobalto, plomo y arsénico no solo en la raíz sino en los diferentes órganos con una relación de mayor presencia de metales.

5. La transferencia de metales en las plantas de estudio es alta y se presenta un nivel de bioacumulación notorio principalmente en la raíz y suelo; también se observa en las hojas, a lo cual concluye que se da por el sistema de riego.

6. En Colombia no existe rigor a la hora de controlar la industria alimentaria y velar por la salud pública, ya que de los 8 metales que se estudió solo dos están reglamentados.

13. RECOMENDACIONES

1. Se advierte a la secretaría de salud, ejercer un mayor control sobre los alimentos de Sibaté y/o Cundinamarca, ya que en la mayoría de hortalizas se están excediendo los límites permitidos.

2. Se sugiere al Ministerio de Salud y Protección social, ampliar la Resolución 4506 de 2013, cuyo objeto es establecer los niveles máximos de contaminantes en los alimentos y a la fecha no tiene

en cuenta metales como Arsénico, Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel y Zinc, por tanto, incluirlos sería de vital importancia.

3. A la ciudadanía publica, se aconseja tener un mayor aseo con sus productos alimenticios, es decir lavarlos muy bien antes de consumirlos.

4. Una información clara al ciudadano de la procedencia de los alimentos que se compran, para así de manera personal y quienes tengamos información de este tipo de datos como los obtenidos en este trabajo, podamos escoger de qué lugar consumir productos.

5. Desde el enfoque biopsicosocial de la Universidad El Bosque y toda nuestra línea de salud, todo está encaminado al desarrollo social de la verdad, ya que es sustento de economía y no se pueden dar cambios abruptos.

15. REFERENCIAS

- *Animal, l. F. (2016). Los riesgos de los metales pesados. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria, 142-153.*
- *Combariza, D. (2017). Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca). Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/2341/1/597588.2009.pdf [Accessed 18 Aug. 2018].*
- *Chávez, r. s. (2014). Determinación de la contaminación por metales pesados (Plomo, Cromo, Cadmio y Mercurio) en aguas del río cauca, en la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali y evaluación de la mutagenicidad utilizando el test de ames. Cali, Colombia: Universidad del Valle.*
- *Fadul, l. f., & Hernández, l. h. (2006). Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la localidad de puente Aranda en la ciudad de Bogotá. Universidad de la Salle.*
- *Fernández, Z. (2004). Buscar - Ecu Red. [online] Ecured.cu. Available at: https://www.ecured.cu/index.php?search [Accessed 30 Aug. 2018].*

- *Grisales, N. G., & López, D. F. (2012). Análisis y cuantificación de metales pesados (pb, cd, ni y hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie rhamdia wagneri (barbudo) del río cauca en el municipio de la Virginia. Pereira: grupo gerh utp.*
- *Díaz, M. González, A. Idrovo, Á., Sarmiento, M., and Restrepo, M. (2009). Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse del Muña Sobre la Salud Humana. [online] Bdigital.unal.edu.co. Available at: http://bdigital.unal.edu.co/22350/1/18950-61825-1-PB.pdf [Accessed 29 Aug. 2018].*
- *IDEAM. (2004). Determinación de metales pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica. Colombia: SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA.*
- *Institutodeestudiosurbanos.info. (2018). Río Bogotá. [online] Available at: https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/011211.htm [Accessed 29 Aug. 2018].*
- *Inocuidad de los alimentos. (2018). Retrieved from http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety [Accessed 29 Aug. 2018].*
- *Lenntech. (2017). Arsénico (As) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. [online] Available at: https://www.lenntech.es/periodica/elementos/as.htm [Accessed 30 Aug. 2018].*
- *Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. Retrieved from http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf [Accessed 3 Sep. 2018].*
- *Martínez Cardozo, L., & Vargas P;a, Y. (2015). Evaluación de la contaminación en el suelo por plomo y cromo y planteamiento de alternativa de remediación en la represa del Muña, municipio de Sibaté - Cundinamarca. Retrieved from http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/20512 [Accessed 10 Aug. 2018].*
- *Meza, d. M., & rincón, p. A. (2016). Evaluación de las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en especies ícticas comercializadas en la plaza del pescado de la ciudad de Barranquilla y riesgo potencial para la Salud Humana. Barranquilla, Colombia.*

- *Morales, M. C. (2017). Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato. Ambato, Ecuador.*
- *Pérez, G. (2014). Espectrometría de absorción atómica. [online] Espectrometria.com. Available at: https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica [Accessed 30 Aug. 2018].*
- *Olivares Rieumont, s., García céspedes, d., Lima Cazorla, l., Saborit Sánchez, i., llizo Casals, a., & Pérez Álvarez, p. (2012). Niveles de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000400006 [Accessed 20 Aug. 2018].*
- *Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M., & Jiménez, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Retrieved from https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110 [Accessed 30 Sep. 2018].*
- *Rodríguez Heredia, Dunia. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN, 21(12), 3372-3385. Recuperado en 04 de octubre de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&tlng=es. [Accessed 30 Aug. 2018].*
- *Salud, M. (2018). Salud pública - Salud Ambiental - Inocuidad de alimentos. [online] Minsalud.gov.co. Available at: https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Paginas/salud-publica.aspx [Accessed 30 Aug. 2018].*
- *Sarmiento, M., Idrovo, Á., Restrepo, M., M., M., & González, A. (2018). Evaluación del impacto de la contaminación del embalse del Muña sobre la salud humana. Retrieved from https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/18950/19869 [Accessed 29 Aug. 2018].*
- *Sibate-cundinamarca.gov.co. (2018). Economía. [online] Available at: http://www.sibate-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx [Accessed 29 Aug. 2018].*