

**Análisis de la bioacumulación de plomo en frutos comestibles de la arborización  
urbana de Neiva y su posible relación con la calidad del aire.**

**Catherine Vargas Velandia**

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente**

**Programa De Ingeniería Ambiental**

**Neiva**

**2019**

**Análisis De La Bioacumulación De Plomo En Frutos Comestibles De La  
Arborización Urbana De Neiva Y Su Posible Relación Con La Calidad Del Aire.**

**Catherine Vargas Velandia**

**Trabajo de grado para optar título de**

**Ingeniera Ambiental**

**Director académico**

**Christian Felipe Valderrama López**

**Ingeniero Sanitario y Medio Ambiente, M. Sc**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y Del Medio Ambiente**

**Programa De Ingeniería Ambiental**

**Neiva**

**2019**

**Nota de Aceptación**  
**Aprobado por el comité de**  
**Grado en Cumplimiento de los**  
**requisitos exigidos por la**  
**Universidad Nacional Abierta y**  
**a Distancia para optar al título**  
**de Ingeniería Ambiental.**

---

**JURADO**

## **Agradecimientos**

Primeramente, a Dios mi protector, por brindarme la capacidad de ser una mujer esforzada y valiente para lograr este triunfo.

A mi esposo Carlos Fernando Parra Díaz por ser mi polo a tierra, guía y compañero incondicional en este gran paso de mi vida, a mis padres Gerardo Vargas y Ligia Velandia quienes han luchado y creído en mí.

Y por último agradecerle al ingeniero y director de investigación Christian Felipe Valderrama por su dedicación y apoyo en este proyecto.

## Tabla de Contenido

Resumen .....	9
1. Introducción .....	11
2. Problema de investigación .....	13
3. Justificación.....	15
4. Objetivos .....	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos .....	16
5. Marco Referencial .....	17
5.1 Marco geográfico .....	17
5.2 Marco legislativo .....	18
5.3 Marco conceptual.....	19
5.4 Marco teórico .....	19
5.4.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica .....	19
5.4.2 La Red de Calidad de Aire y su importancia .....	21
5.4.3 Datos Meteorológicos para la ciudad de Neiva.....	23
5.4.4 Enfermedades Asociadas A Los Metales Pesados En El Ser Humano. ....	25
5.5 Antecedentes .....	26
6. Metodología .....	29
6.1 Tipo de estudio.....	29
6.2 Alcance de la propuesta .....	29
6.3 Población .....	29
6.4 Método .....	29
6.5 Muestra .....	30
6.5.1 Fase 1: Recopilación información.....	30
6.5.2 Fase 2: Toma de muestras .....	44
7. Resultados .....	47
8. Análisis de resultados.....	47
9. Conclusiones .....	50
10. Recomendaciones .....	51

11. Referencias bibliográficas .....	52
Anexo A.....	56

## **Lista de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> Normatividad ambiental relacionada con la calidad del aire en Colombia .....	18
<b>Tabla 2.</b> Límites máximos permisibles para contaminantes criterio. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Total, de especies frutales encontradas, detalladas por cada vía principal.....	37
<b>Tabla 4.</b> Resultados concentración de Dióxido de Nitrógeno .....	40
<b>Tabla 5.</b> Resultados concentración Dióxido de Azufre. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Resultados concentración Ozono.....	42
<b>Tabla 7.</b> Comparación resultados laboratorio con límites permisible de plomo en frutas ..	48
<b>Tabla 8.</b> Recopilación resultados contaminantes atmosféricos con niveles más altos del NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Y O <sub>3</sub> del monitoreo de calidad de aire para la ciudad de Neiva.....	49

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Comunas y barrios de la ciudad de Neiva.....	17
<b>Figura 2.</b> Componentes de un Fotómetro de Emisión de Flama y de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica. ....	20
<b>Figura 3.</b> Cartas climatológicas – medias mensuales, aeropuerto Benito salas de Neiva. Temperatura y otros valores. ....	24
<b>Figura 4.</b> Cartas climatológicas – medias mensuales, aeropuerto Benito Salas de Neiva, precipitación. ....	25
<b>Figura 5.</b> Recorrido por todas las vías principales de Neiva con sus distancias. ....	31
<b>Figura 6.</b> Trazado y recorrido vía principal Avenida Max Duque con distancias.....	31
<b>Figura 7.</b> Trazado y recorrido vía carrera séptima con distancias.....	32
<b>Figura 8.</b> Trazado y recorrido vía principal avenida Buganviles con distancias.....	32
<b>Figura 9.</b> Trazado y recorrido vía principal carrera quince con distancias .....	33
<b>Figura 10.</b> Trazado y recorrido vía principal calle octava con distancias .....	33
<b>Figura 11.</b> Trazado y recorrido vía principal avenida circunvalar con distancias.....	34
<b>Figura 12.</b> Trazado y recorrido vía principal carrera segunda con distancias. ....	34
<b>Figura 13.</b> Trazado y recorrido carrera quinta con distancias .....	35
<b>Figura 14.</b> Porcentaje individuos por especie frutal identificada. ....	39
<b>Figura 15.</b> Distribución concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) en Neiva.....	41
<b>Figura 16</b> Distribución concentraciones de Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).....	42
<b>Figura 17.</b> Distribución concentraciones de Ozono (O <sub>3</sub> ).....	43
<b>Figura 18.</b> Rosa de vientos para la ciudad de Neiva.....	43
<b>Figura 19.</b> Recolección de muestra, de la fruta del mango (Mangifera indica), ubicado sobre la zona sur .....	45
<b>Figura 20.</b> Muestras rotuladas y empacadas en cadena de frío. ....	45
<b>Figura 21.</b> Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el punto denominado Barrio Granjas .....	56
<b>Figura 22.</b> Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el barrio Palmas .....	57
<b>Figura 23.</b> Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el C.C San Juna Plaza. ....	57
<b>Figura 24.</b> Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el terminal. ....	58
<b>Figura 25.</b> Reporte resultado laboratorio muestra Universidad Surcolombiana. ....	58

## Resumen

El acelerado crecimiento del parque automotor de la ciudad de Neiva, cuya combustión está generando el incremento del contaminante del plomo (Pb) dentro de la atmósfera y la poca arborización con la que cuenta la capital del Huila, hacen que la calidad de aire de la ciudad disminuya con los años. En la presente investigación se realizó un análisis e identificación del metal pesado Plomo (Pb) en las especies frutales que se generan dentro del casco urbano de la ciudad de Neiva para determinar el grado de contaminación y el potencial de riesgo a la salud humana por consumo de éstas. Para su desarrollo se realizó un levantamiento geográfico de todas las especies arbóreas frutales cercanos a las vías principales dentro del casco urbano, se geoespacializaron y se cruzó la información con la red de calidad de aire de la ciudad. Con la información levantada en campo se determinó que las especies frutales más comunes en el municipio son: Mango (*Mangifera indica*) y Pomorroso (*Syzyguim malaccense*); se decidió tomar cinco muestras de los frutos de la especie de Mango (*Mangifera indica*) con base a la época de cosecha y se analizaron en laboratorio de acuerdo a estándares internacionales.

Los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras recolectadas indicaron que las frutas de la especie *Mangifera indica* (Mango) poseen un bajo nivel de Plomo  $< 0.002$  mg/kg, lo que indica que son aptas para el consumo humano.

**Palabras clave:** calidad del aire, contaminación ambiental, árboles frutales, plomo.

## Abstract

Due to the accelerated growth of the automotive fleet in the city of Neiva, whose combustion is generating the increase of the lead pollutant (Pb) inside the atmosphere and considering the little arborization that the capital of Huila has, the air quality of the city of Neiva is decreasing with time. In the present investigation, an analysis and identification of heavy metal lead (Pb) was carried out in the fruit species that are generated within the urban core of the city of Neiva to determine the degree of contamination and the potential of risk to human health due to its consumption. For its development, a geographical survey of all fruit tree species near the main roads within the urban area was made, they were geospatialized and the information was crossed with the air quality network of the city. With the information obtained in the field it was determined that the most common fruit species in the municipality are: Mango (*Mangifera indica*) and Pomorroso (*Syzygium malaccense*); based on the harvest time, we decided to take five samples of the fruits of Mango species (*Mangifera indica*) and analyse them in the laboratory according to international standards.

The laboratory results obtained from the samples collected indicated that the fruits of the species *Mangifera indica* (Mango) have a low level of Lead <0.002 mg/kg, which indicates that they are suitable for human consumption.

**Key words:** air quality, environmental pollution, fruit trees, lead.

## 1. Introducción

La contaminación atmosférica está dada por una compleja mezcla de gases y material particulado presentes en el aire. Entre los componentes de dicha contaminación se encuentran los metales pesados, elementos que están presentes en el ambiente mayormente por actividades antropogénicas, como la combustión, tráfico vehicular, minería, actividad petrolera, entre otros. (Hossein, 2013) (E, 2014) (Naccari, 2009); (Calderon, 2004)

Los metales pesados se definen como aquellos que poseen una gravedad específica mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$ ; son contaminantes inorgánicos ubicuos, altamente resistentes y no biodegradables (Arogunjo, 2007) (Malik, 2009) que una vez liberados al ambiente no se descomponen y por el contrario persisten (Hofer, 2010) Dado a esto, se ha referenciado al presente estudio el plomo (Pb) (elemento incluido dentro del paquete de metales pesados) como agente de análisis comúnmente estudiado en problemáticas de contaminación, pero poco asociado a procesos de bioacumulación en zonas urbanas.

En orientación al termino bioacumulación, se ha tomado como fundamento para el desarrollo del presente estudio que la absorción del plomo por la planta depende de la concentración total en el suelo y ésta es diferente para cada especie vegetal en función de sus estrategias para tolerar elevadas concentraciones de metales pesados en suelos (Cabezas, 2004)

Bajo este sentido, se procedió a realizar un inventario de las especies frutales más predominantes sobre las vías más transitadas de la ciudad (Avenida Max Duque, Avenida Circunvalar, Carrera 2°, Carrera 5°, Carrera 7°, Calle 8°, Carrera 15, Avenida La Toma y

Avenida Buganviles), con los datos levantados en campo, la rosa de vientos de la ciudad de Neiva y la información suministrada por la red de calidad de aire del municipio elaborada por la CAM, como resultado de este cruce de información se determinó que la zona de peor calidad de aire o más contaminada en el municipio de Neiva es la comuna 6; con lo anterior se establecieron los sitios para realizar el muestreo puntual de la especie frutal *Mangifera indica* (mango) la cual fue la segunda más abundante según inventario realizado por las vías principales de la ciudad. Se decidió realizar el muestreo con esta especie por la disponibilidad del fruto (época de cosecha).

## 2. Problema de investigación

Según cifras dadas por la actual secretaria de movilidad del municipio de Neiva, el parque automotor ha tenido un crecimiento significativo, teniéndose que a la fecha se encuentran matriculados 42.000 vehículos entre transporte público y particulares y 22.000 motos (Puentes, 2019) lo que podría influir directamente en los niveles de partículas contaminantes en la atmosfera de la ciudad; sumado a esto, es importante mencionar que por lo menos visualmente muchos vehículos, en especial lo de transporte público, no cumplen con los estándares de calidad, debido a que durante su movilidad se evidencia la generación del llamado smog o neblina contaminante; situación fácilmente comprobable cuando limpiamos nuestro rostro al finalizar un recorrido durante un periodo de tiempo por una zona céntrica de la ciudad.

Bajo la problemática que envuelve la contaminación atmosférica (influyentes en riesgos de impacto en el ambiente y la salud de los ciudadanos) que puede presentar Neiva y que ya manifiestan algunas de las principales ciudades de Colombia y el mundo (mediante datos oficiales) asociada a fuentes móviles-fijas, se ha identificado que la principal fuente de contaminación atmosférica por plomo es la gasolina. Según estudios, este componente, aunque no suele producir intoxicaciones agudas, su acumulación en el organismo hace que la exposición a dosis bajas a largo plazo, en el medio laboral o a través del aire, el agua o los alimentos dé lugar a la expresión de una toxicidad crónica. (Dufol, 2003,p.145)

En tanto a esto, también se ha determinado que el plomo tiene la capacidad de bioacumularse por lo que su concentración en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimentaria (Halliwella & Marie, 2000) Bajo este sentido, surge la presente propuesta de investigación la cual permitirá resolver la pregunta de investigación enfocada a determinar.

*¿Cuál es el grado de contaminación por plomo (Pb) que puede tener una fruta que se genere o coseche de acuerdo a su localización dentro del casco urbano de Neiva?*

Así mismo se formulan a continuación las siguientes preguntas derivadas del problema de investigación:

- *¿Cuáles son las especies frutales presentes en las vías más transitadas de la ciudad?*
- *¿Cuál es el grado de contaminación por plomo (Pb) presente en los frutos de una especie frutal abundante en la ciudad?*
- *¿Existe alguna correlación entre la acumulación de Pb en árboles frutales y su localización dentro del casco urbano de la ciudad?*

### 3. Justificación

Entendiéndose la peligrosidad de los metales pesados como elementos químicamente y biológicamente no degradables y sus efectos nocivos para la salud y medio ambiente, mediante la presente investigación se pretende analizar la bioacumulación del plomo en frutos comestibles de la arborización urbana de Neiva y su posible relación con la calidad del aire; esto determinado en el principal elemento proveniente de las emisiones vehiculares (plomo), que una vez encontrado en el suelo se hace poco móvil y acumulable en la superficie donde fácilmente puede ser retenido, disuelto o fijado por adsorción de las plantas (Machado MD, 2008, p35).

A su vez la generación del presente estudio, contribuye a la gestión del conocimiento que permita identificar o establecer metodologías para procesos graduales durante diferentes escalas de tiempo en el que se determina el avance o aparición de nuevos agentes contaminantes atmosféricos con el desarrollo de las ciudades.

Bajo este sentido y alcance, este trabajo investigativo pretende además dar respuesta a restricciones que puedan originarse de un análisis investigativo de esta índole, desarrollando una metodología de monitoreo basada en el uso de organismos vivos como indicadores de la calidad de un ecosistema.

Por último, este proyecto hace parte de las líneas de investigación de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD referente a Gestión y Manejo Ambiental, el cual aportará un producto de nuevo conocimiento que servirá como base y contribución para que se puedan seguir desarrollando otras investigaciones asociadas a la toxicología ambiental y biomagnificación.

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo general

Analizar el impacto por concentración del plomo (Pb) en los frutos que se generan por especies frutales dentro del casco urbano de la ciudad de Neiva.

### 4.2 Objetivos específicos

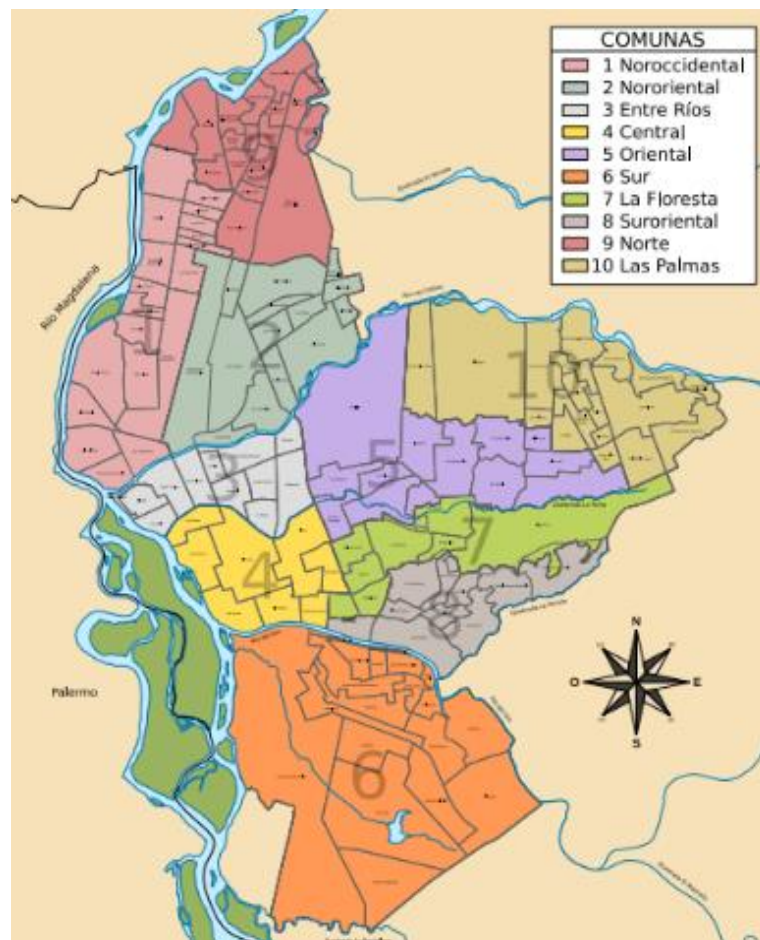
- Identificar las especies arbóreas frutales sobre las vías principales del casco urbano de la ciudad de Neiva.
- Determinar el grado de contaminación por plomo de los frutos de *Mangifera indica* (mango) generados dentro del casco urbano de la ciudad de Neiva.
- Evaluar la bioacumulación del Plomo en frutos de *Mangifera indica* con relación a la localización de la planta dentro del casco urbano de la ciudad de Neiva.

## 5. Marco Referencial

### 5.1 Marco geográfico

Neiva tiene una población de 314.806 habitantes distribuida en 10 comunas (Figura 1) (DANE, 2017). El presente proyecto investigativo aplicado se desarrolló dentro del casco urbano de la ciudad, donde se realizó un inventario en campo de las especies frutales más predominantes.

**Figura 1.** Comunas y barrios de la ciudad de Neiva.



**Fuente:** (SajoR, 2012)

## 5.2 Marco legislativo

**Tabla 1.** Normatividad ambiental relacionada con la calidad del aire en Colombia

<b>Normatividad</b>	<b>Disposición</b>
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74 Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales
Decreto 02 de 1982	Art.73 Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica. Creación del SINA y se dictan disposiciones en materia ambiental
Ley 99 de 1993	Art.5 Funciones de Min. Ambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental Art. 31 Funciones de las CARs relacionadas con calidad y normatividad ambiental
Decreto 2107 de 1995	Por medio del cual se modifica parcialmente el decreto 948 de 1995 que contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire.
Resolución 1351 de 1995	Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1
Resolución 005 de 1996	Por la cual se reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diésel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 610 de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006, por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 2254 de 2017	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

### **5.3 Marco conceptual**

**Contaminación atmosférica:** Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, vienen de cualquier naturaleza (Amable Álvarez, 2017, p.1).

**Metales pesados:** El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Francisco Prieto García, 2010, p.148).

### **5.4 Marco teórico**

#### **5.4.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica**

El término espectroscopia significa la observación y el estudio del espectro, o registro que se tiene de una especie tal como una molécula, un ion o un átomo, cuando estas especies son excitadas por alguna fuente de energía que sea apropiada para el caso. En el campo de la espectroscopia los científicos Kirckhoff y Bunsen son los pioneros, ya que desarrollaron un espectroscopio en el periodo de 1860 a 1870, y allí pudieron observar las líneas de emisión de diferentes elementos químicos en la flama y relacionaron las líneas con la identidad del elemento (Skoog, 2001,p.1) .

De acuerdo a su experiencia, cada metal que emite radiación de diferente color, presenta líneas que aparecen en diferentes posiciones en la pantalla o campo de observación, y esto es independientemente de las condiciones en que se realiza el observación, y esto es independientemente de las condiciones en que se realiza el experimento, así como de la naturaleza de la sal metálica y únicamente depende del metal. En su experimento se dieron cuenta que, adicionalmente, la intensidad de la línea está directamente relacionada a la concentración del elemento en solución; y de esta manera se tiene una forma inequívoca de identificar el elemento (Rocha Castro, 2000), (Skoog, 2001).

**Figura 2.** Componentes de un Fotómetro de Emisión de Flama y de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.



**Fuente:** (Rocha Castro, 2000)

De acuerdo con Rocha (2000), los componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica son:

- Una fuente de radiación que emita una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado.
- Un nebulizador que, por aspiración de la muestra líquida, forme pequeñas gotas para una atomización más eficiente.

- Un quemador, en el cual por efecto de la temperatura alcanzada en la combustión y por la reacción de combustión misma, se favorezca la formación de átomos a partir de los componentes en solución.
- Un sistema óptico que separe la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran en dicho sistema.
- Un detector o transductor, que sea capaz de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente.
- Un amplificador o sistema electrónico, que como su nombre lo indica amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.
- Por último, se requiere de un sistema de lectura en el cual la señal de intensidad de corriente sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar (transmitancia o absorbancia).

#### **5.4.2 La Red de Calidad de Aire y su importancia**

El monitoreo de calidad del aire, es una estrategia normativa en la cual el gobierno busca supervisar la cantidad y tipo de contaminantes atmosféricos emitidos al medio ambiente por las diferentes empresas generadoras de algún tipo de contaminante ya sean privadas, públicas, organizaciones sociales y población en general, esto como parte del proceso de vigilancia y control donde el ente competente tiene la facultad de imponer sanciones a las empresas y particulares que estén incumpliendo los valores de referencia establecidos en la norma 610 del 2010 (Rafael, 2015)

El monitoreo de calidad del aire establecido en Colombia para realizar la vigilancia y el seguimiento de la calidad del aire en las distintas zonas del país, es una extensión de los programas de las agencias ambientales internacionales, así como de la OMS, que en su búsqueda constante por mejorar la calidad de vida de los seres vivos ha identificado e incluido en la lista de las primeras causas de muerte mundial, la calidad del aire (Rafael, 2015).

El ministerio del medio ambiente creó la resolución 610 de 2010 de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para PST (partículas suspendidas totales) y promedio aritmético para los demás contaminantes, a continuación se evidencia una tabla con los límites máximos permisibles para contaminantes criterio.

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles para contaminantes criterio.

Contaminante	Nivel máximo permisible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM 2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO <sub>2</sub>	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO <sub>2</sub>	100	Anual
	150	24 horas
O <sub>3</sub>	200	1 hora
	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

PST: Partículas Suspendidas Totales

PM10: Material Particulado Menor a 10 micras

PM2.5: Material Particulado Menor a 2,5 micras

SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre

NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno

O<sub>3</sub>: Ozono

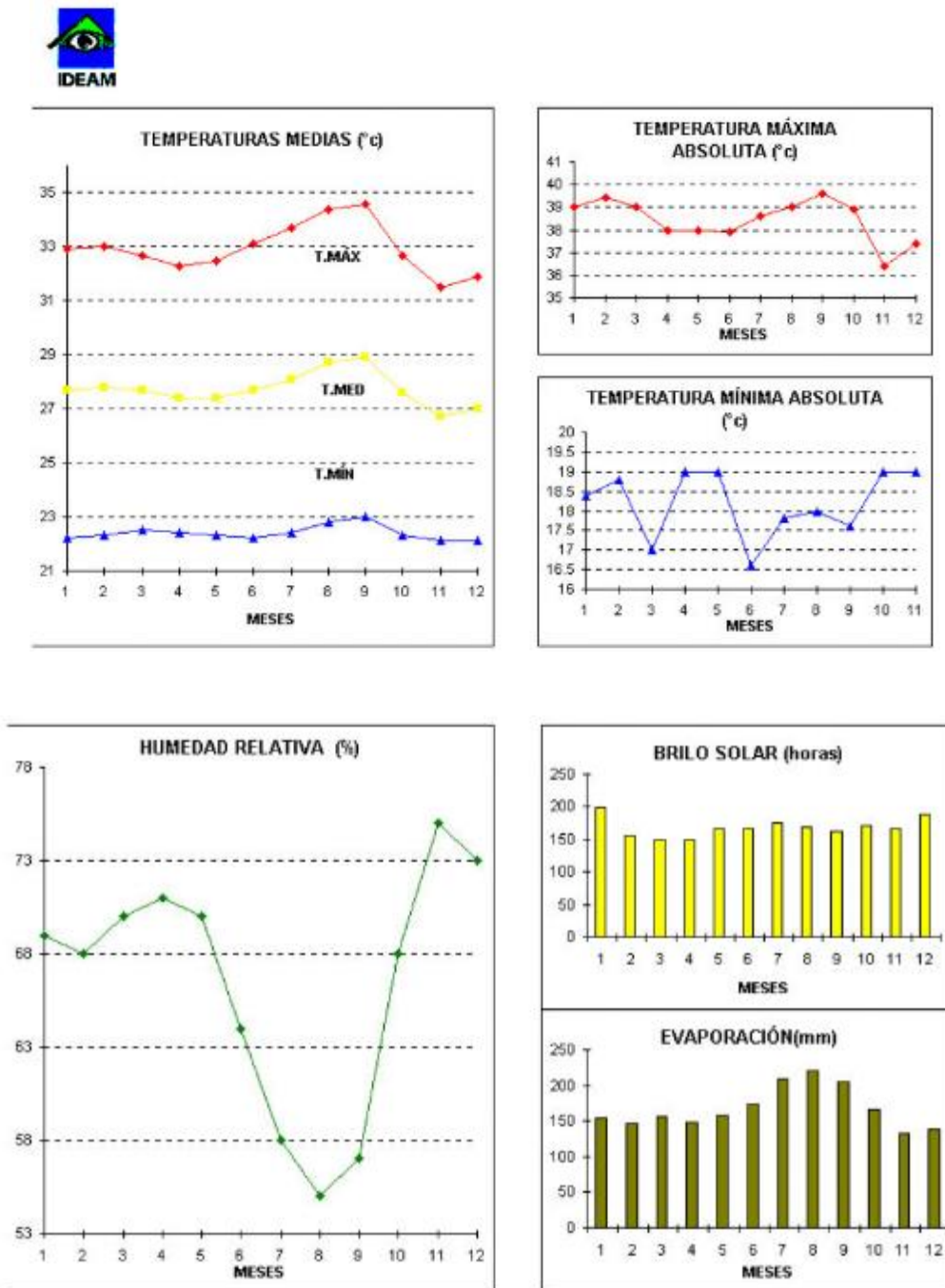
CO: Monóxido de Carbono

Según proyecciones del DANE, entre los años 2007 y 2010 la población en Colombia aumentó un 3,6%. Para 2010, de las 20 poblaciones más habitadas, el 60% contaba con sistemas de vigilancia de calidad de aire que monitorean y vigilan los contaminantes atmosféricos que causan impacto sobre la salud humana. En estas ciudades los procesos de urbanización son más intensos que en poblaciones menos habitadas y por ende el impacto en la calidad del aire. Por otro lado, el crecimiento económico es un indicador de la productividad de un país, sin embargo, con relación a la calidad el aire al incrementar la productividad se consume mayor cantidad de combustibles fósiles aumentando la cantidad de emisiones a la atmosfera (IDEAM, 2012)

#### **5.4.3 Datos Meteorológicos para la ciudad de Neiva**

A continuación, se relaciona información meteorológica suministrada por el IDEAM de la estación del aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva, con el fin de tener en cuenta las temperaturas promedio, temperatura máxima, mínima, humedad relativa y brillo solar del municipio de Neiva.

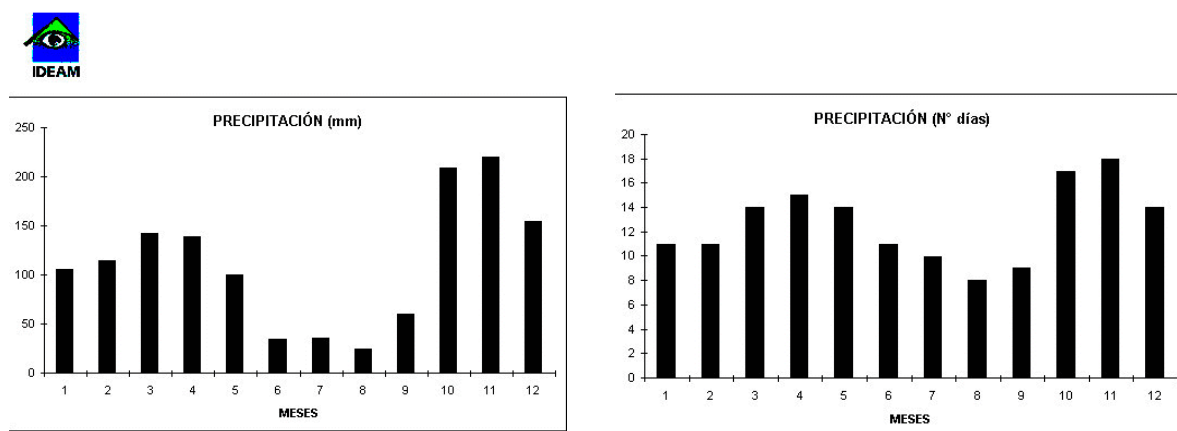
**Figura 3.** Cartas climatológicas – medias mensuales, aeropuerto Benito salas de Neiva.  
Temperatura y otros valores.



Fuente: (IDEAM, 1999)

En los siguientes diagramas de barras se observa el consolidado de precipitaciones en milímetros y los días de lluvia promedio en la ciudad de Neiva.

**Figura 4.** Cartas climatológicas – medias mensuales, aeropuerto Benito Salas de Neiva, precipitación.



Fuente: (IDEAM, 1999)

#### 5.4.4 Enfermedades Asociadas A Los Metales Pesados En El Ser Humano.

La contaminación de alimentos por sustancias químicas tales como los metales y los efectos adversos en la salud por exposición a dichas sustancias debe ser evaluada con mayor firmeza en cuanto a seguridad alimentaria nos referimos. Es necesario enfatizar que los riesgos a la salud de la población necesitan ser evaluados de una manera integral, considerando la exposición crónica de metales pesados en alimentos, que por lo general se presenta asintomática durante un tiempo prolongado de vida (Gonzalez-Montaña, 2009)

Al estar presentes los metales pesados en los alimentos, estos representan una amenaza para su calidad y por tanto para la salud humana, en este caso el plomo (Pb) genera efectos adversos a la salud y en muchos casos es cancerígeno. La contaminación de

frutas por este metal puede ser proveniente de varias fuentes, por características del suelo, por combustión de la gasolina, la contaminación atmosférica, debido a procesos antrópicos y naturales, permite que en el ambiente estén disponibles partículas, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y así mismos metales pesados. (Morales, 2017)

Los altos niveles de Pb y Zn, pueden dar lugar a efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos que alternadamente causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, riñones, aparato gastrointestinal, sistema reproductivo, y daños agudos o crónicos al sistema nervioso (Ladrón de Guevara, 1995) El plomo puede ejercer sus efectos tóxicos en varios órganos y sistemas, pero aquellos efectos sobre los riñones son los más insidiosos.

## **5.5 Antecedentes**

En el artículo denominado “Metales pesados en suelo urbano como un indicador de la calidad ambiental: ciudad de chihuahua, México”, por (Jorge, 2009) Se estudiaron las concentraciones de Níquel (Ni), Cobalto (Co), Vanadio (V) y Plomo (Pb) de acuerdo al uso del suelo, entre ellos: comercial y servicios, industria mixta, industria pesada, residencia en la ciudad de Chihuahua, México.

Se evidenció que en los suelos evaluados dentro de la ciudad de Chihuahua se comprueba la presencia de Ni, Co, V y Pb en los diferentes usos de suelo, siendo influenciada en algunos casos por los efectos de la interacción entre la temporada-tipo de uso de suelo, además de la temporada-especie. Por efecto de la interacción temporada-tipo de suelo en la concentración de metales, pueden estar incidiendo las condiciones climáticas

en la dispersión de estos metales y la disponibilidad en el suelo, además de la dinámica urbana, como es el caso del tránsito vehicular y la quema de residuos y combustible. En el caso del Pb, en la zona de la Industria Pesada fue evidente su alta concentración que rebasó los límites máximos permisibles para este uso de suelo, lo cual implicaría implementar acciones como la fitorremediación.

(J.O.Perez, 1986) en su estudio “Contaminación por metales pesados en la atmosfera del Valle de Aburrá” establecieron métodos viables y confiables para la determinación de metales, trazas en muestras de aire en los sitios como áreas comerciales, industriales residenciales y mixtas, en los cuatro puntos cardinales de la ciudad de Medellín. Las muestras se recolectaron con medios filtrantes de 3 clases: papel de filtro, poliéster y fibra de vidrio. En total fueron 164 muestras las que se obtuvieron. Los muestreadores (filtros) se colocaron a una altura de 8 a 10 metros del piso, donde se espera recolectar una alta porción de particulados inhalables, debido a que altura menor se recoge bastante material sedimentable. Para la determinación de metales pesados se empleó un espectrofotómetro de absorción atómica; de los metales investigados, los más abundantes fueron el Aluminio y Hierro.

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM (2015) llevó a cabo el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Neiva entre los días 14 de junio y 14 de Julio del año 2015, el cual buscaba determinar las condiciones de calidad de aire en la ciudad mediante la instalación de 16 puntos de monitoreo distribuidos en la ciudad, siendo instalados muestreadores de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>)

Los resultados de concentración de SO<sub>2</sub> muestran que la afectación o problemática en calidad del aire respecto de este contaminante es mínima lo cual podría deberse a la baja presencia de fuentes móviles que usan combustibles azufrados como el diésel. Además, que las fuentes móviles presentan una gran incidencia en la presencia de gases contaminantes en la atmosfera, sin mostrar valores en el mediano tiempo que presenten problemáticas a la salud de la población, al no presentarse valores superiores al de la norma anual. Durante los días de monitoreo se registraron valores de concentración de Ozono (O<sub>3</sub>) que oscilan alrededor de los 16,55 a 31,23 µg/m<sup>3</sup>.

## **6. Metodología**

### **6.1 Tipo de estudio**

Descriptivo.

### **6.2 Alcance de la propuesta**

El proyecto de investigación se desarrolló partiendo de las vías principales del casco urbano de Neiva y se generaron recorridos de identificación cada 50 m, 100 m, 200 m y 500 m paralelamente a estas vías. Por otro lado, este proyecto analizó la concentración de Plomo en laboratorio de la segunda especie frutal de mayor predominancia según inventario realizado dentro del casco urbano de Neiva: *Mangifera indica* (mango); se tuvo en cuenta esta especie debido a que era la que se encontraba en cosecha al momento de realizar los muestreos.

### **6.3 Población**

La población de este proyecto son las especies frutales dentro del casco urbano de la ciudad de Neiva.

### **6.4 Método**

Se utilizó un método de muestreo no probabilístico tipo discrecional o a juicio, en donde se contemplaron especies frutales predominantes sobre las vías principales del casco urbano de la ciudad de Neiva.

## **6.5 Muestra**

Se consideraron cinco muestras no probabilísticas de sectores o zonas asociadas a la calidad de aire en la ciudad de Neiva.

La investigación contó con las siguientes fases:

### **6.5.1 Fase 1: Recopilación información**

- **Información secundaria:**

Se buscó información en bases de datos relacionada con contaminación ambiental en especies frutales dentro de cascos urbanos por el metal pesado de Plomo (Pb), así mismo, información de emisiones atmosféricas del parque automotor de la ciudad de Neiva.

- **Trabajo de campo:**

Levantamiento con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de todas las especies frutales reconocidas en los recorridos por las calles principales de la ciudad de Neiva determinadas, generando una malla a lo largo y ancho de la ciudad como lo muestra la figura 5; el tiempo aproximado en el levantamiento y reconocimiento de campo fue de 2 meses. Los diferentes recorridos variaron en su trayecto y/o longitud, sin embargo, las distancias recorridas por todas las vías superaron los 10 kilómetros.



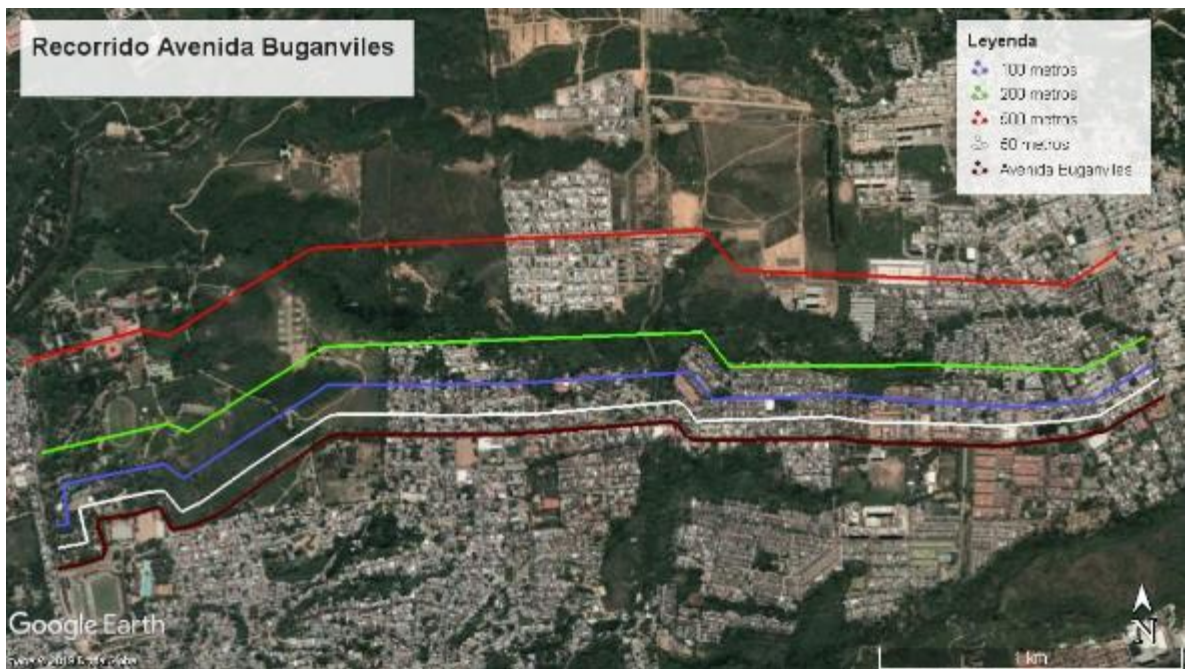
**Figura 5.** Recorrido por todas las vías principales de Neiva con sus distancias.



**Figura 6.** Trazado y recorrido vía principal Avenida Max Duque con distancias



**Figura 7.** Trazado y recorrido vía carrera séptima con distancias



**Figura 8.** Trazado y recorrido vía principal avenida Buganviles con distancias



**Figura 9.** Trazado y recorrido vía principal carrera quince con distancias



**Figura 10.** Trazado y recorrido vía principal calle octava con distancias



**Figura 11.** Trazado y recorrido vía principal avenida circunvalar con distancias



**Figura 12.** Trazado y recorrido vía principal carrera segunda con distancias.



**Figura 13.** Trazado y recorrido carrera quinta con distancias

- **Identificación de especies en vías principales**

Durante la fase de campo - identificación de árboles frutales en el casco urbano de la ciudad de Neiva, se reconocieron 2035 especies distribuidas en las calles principales (Avenida Max Duque, Avenida Circunvalar, Carrera 2°, Carrera 5°, Carrera 7°, Calle 8°, Carrera 15, avenida La Toma y avenida Baganviles)

Se pudo evidenciar que el Mango (*Mangifera Indica*) con un total de 724 individuos y el Pomorroso (*Syzygium malaccense*) con 965 individuos, fueron las especies más abundantes; la vía principal con más individuos de especies frutales identificados durante la fase de campo fue la carrera 7 con 551 individuos.

A continuación, se deje en evidencia algunas especies identificadas sobre las vías principales:



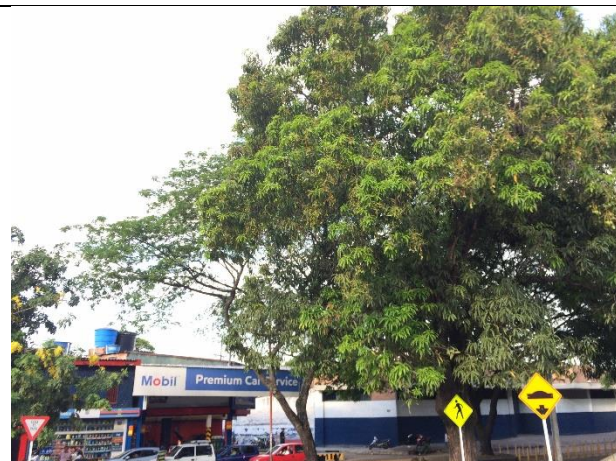
*Cocos nucifera* (Coco) ubicados sobre la UNAD, sobre la calle octava.



*Morinda citrifolia* (noni) ubicada sobre la calle 23 sur



*Syzygium malaccense* (Pomorroso), ubicado sobre avenida la Toma.



*Mangifera indica* (mango), ubicado sobre la avenida circunvalar entre Cra 2 y Cra 3.

Así mismo, se relacionan el total de especies frutales y la cantidad de individuos encontrados para cada una de ellas:

**Tabla 3.** Total, de especies frutales encontradas, detalladas por cada vía principal.

Ubicación Especie	Cra 2	Cra 5	Cra 7	Cra 15	Calle 8	Av. MD	Av. LT	Av. Clar	Av. Bes
<i>Mangifera indica</i> (Mango)	127	73	171	105	70	58	12	39	62
<i>Syzygium malaccense</i> (Pomorroso)	79	59	324	150	135	23	35	39	118
<i>Annona squamosa</i> (Anón)			2			3	1		
Citrus × Limon (Limón)	2		2	2	2	18	1		
<i>Melicoccus bijugatus</i> (Mamoncillo)		7	6		1				
<i>Carica papaya</i> (Papaya)				2		5		1	
<i>Anacardium occidentale</i> (Marañón)	12	1	5	4		6		1	6
Citrus × <i>aurantium</i> (Naranja Agria)	2		3	3	1	7			4
<i>Morinda citrifolia</i> (Noni)	6		13	7	7	51			

Ubicación Especie	Cra 2	Cra 5	Cra 7	Cra 15	Calle 8	Av. MD	Av. LT	Av. Clar	Av. Bes
<i>Musa × paradisiaca</i> (Plátano)		2		1	2	9			1
<i>Tamarindus indica</i> (Tamarindo)			1	4					
<i>Cocos nucifera</i> (Coco)	3	23	23	23	38	4			3
<i>Citrus reticulata</i> (Mandarina)						2			
<i>Psidium guajava</i> (Guayabo)	2	1	1	2		6		1	
Total	233	166	551	303	256	192	49	81	194

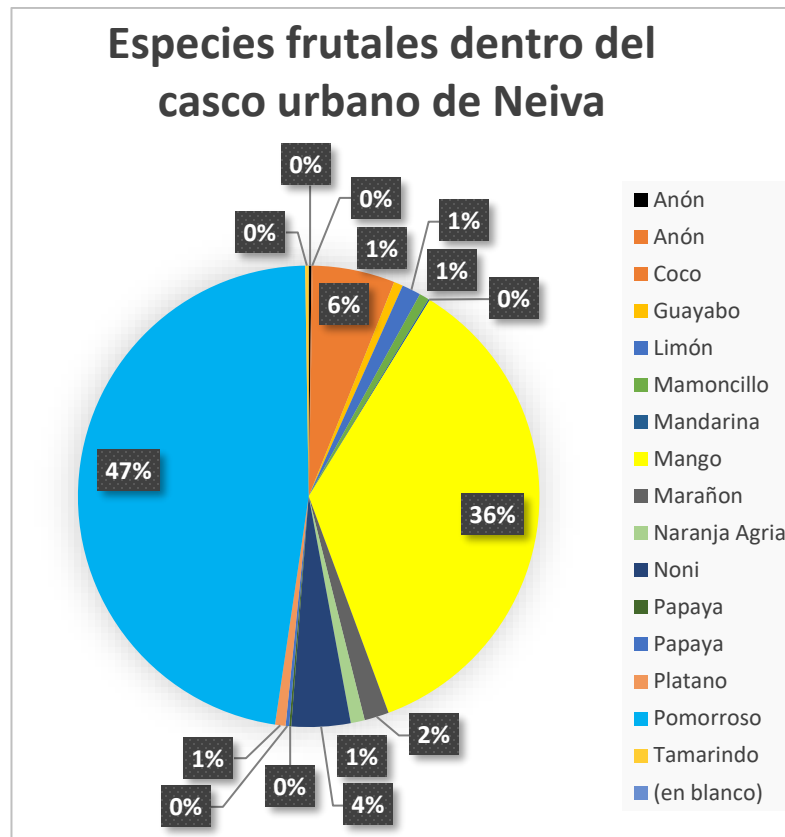
**Av. MD:** Avenida Max Duque

**Av. LT:** Avenida La Toma

**Av. Clar:** Avenida Circunvalar

**Av. Bes:** Avenida Buganviles

La siguiente figura, ilustra de manera porcentual el total de las especies frutales identificadas durante los recorridos de las vías principales de la ciudad de Neiva, donde la especie Mango (*Mangifera indica*) con un 36% y el Pomorroso (*Syzygium malaccense*) con un 47% son las más predominantes.



**Figura 14.** Porcentaje individuos por especie frutal identificada.

- **Red de calidad de aire:**

En el estudio del Monitoreo de Calidad de Aire efectuado en la ciudad de Neiva para la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM en el año 2015, se establecieron 16 puntos de muestreo ubicados estratégicamente en la ciudad, donde se instalaron muestreadores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y de Ozono (O<sub>3</sub>). Los resultados arrojaron que la estación o punto de monitoreo del Terminal (sur), C.C Oasis Plaza (sur) y el de la calle 19 con carrera 50 (Nororient) presentan las concentraciones más altas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>.

A continuación, se dará a conocer los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de aire para la ciudad de Neiva de cada contaminante atmosférico, en las

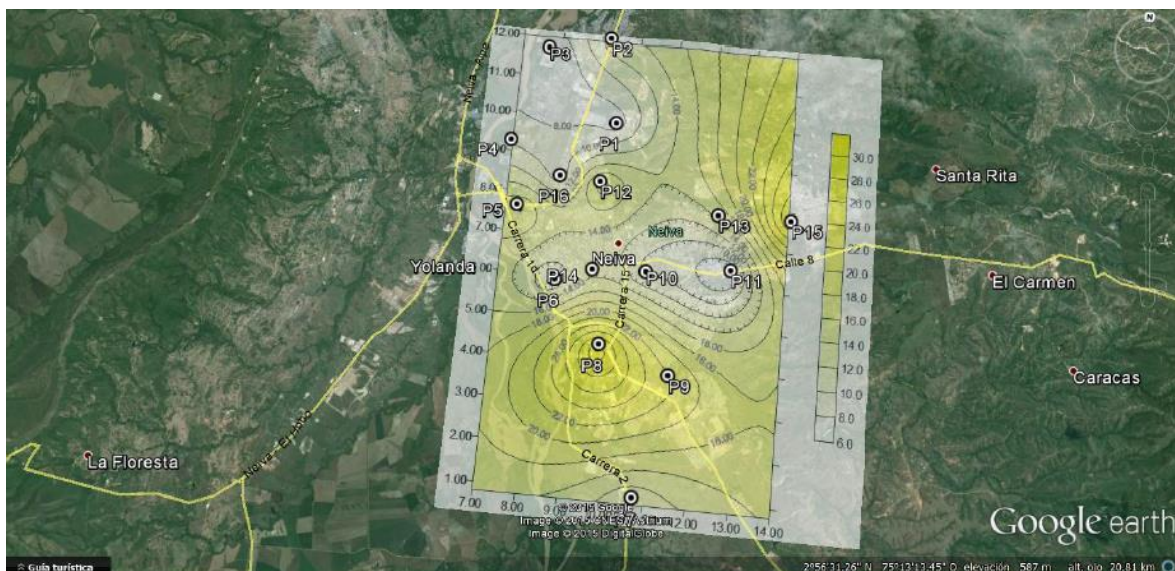
respectivas estaciones, junto con las figuras donde se aprecian la distribución espacial de dichas concentraciones.

**-Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

**Tabla 4.** Resultados concentración de Dióxido de Nitrógeno

Punto de muestreo	Fecha inicial	Fecha final	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1. Iglesia Santa María de la Paz	14/06/2015	14/07/2015	6,96
2. Ciudad Limpia	14/06/2015	14/07/2015	13,36
3. Villa de Calamari	14/06/2015	14/07/2015	6,02
4. Quebrada La Cucaracha	14/06/2015	14/07/2015	9,60
5. Clínica SaludCoop	14/06/2015	14/07/2015	18,44
6. C.C. Los Comuneros	14/06/2015	14/07/2015	10,16
7. Entrada Colegio la Fragua	14/06/2015	14/07/2015	11,67
8. Terminal	14/06/2015	14/07/2015	31,61
9. C.C. Oasis	14/06/2015	14/07/2015	21,64
10. Secretaria de Salud Departamental	14/06/2015	14/07/2015	9,41
11. CORHUILA – Sede Prado Alto	14/06/2015	14/07/2015	5,27
12. Cr 16 – Cl 31	14/06/2015	14/07/2015	19,19
13. Veterinaria Mi Mejor Amigo	14/06/2015	14/07/2015	14,11
14. Calle 10 – Carrera 9	14/06/2015	14/07/2015	13,36
15. Cl 19 - Cr 50	14/06/2015	14/07/2015	30,11
16. Aeropuerto	14/06/2015	14/07/2015	9,03

**Fuente:** (CAM, 2015)



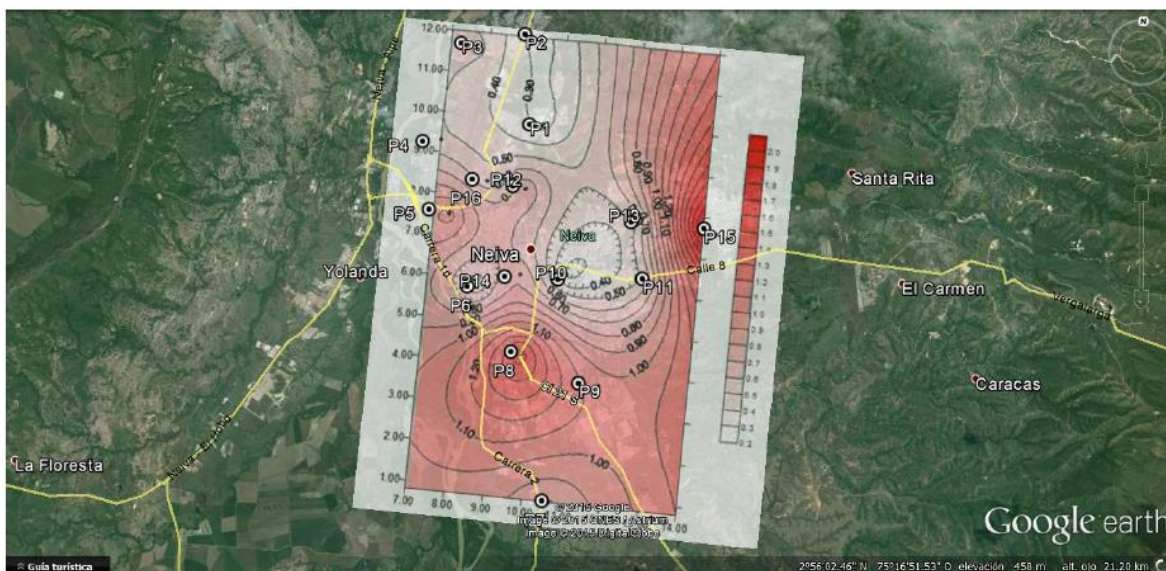
**Figura 15.** Distribución concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en Neiva.

- **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

**Tabla 5.** Resultados concentración Dióxido de Azufre.

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Fecha inicial</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Concentración <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
1. Iglesia Santa María de la Paz	14/06/2015	14/07/2015	0,26
2. Ciudad Limpia	14/06/2015	14/07/2015	0,26
3. Villa de Calamari	14/06/2015	14/07/2015	0,52
4. Quebrada La Cucaracha	14/06/2015	14/07/2015	0,52
5. Clínica SaludCoop	14/06/2015	14/07/2015	1,05
6. C.C. Los Comuneros	14/06/2015	14/07/2015	0,52
7. Entrada Colegio la Fragua	14/06/2015	14/07/2015	0,79
8. Terminal	14/06/2015	14/07/2015	1,57
9. C.C. Oasis	14/06/2015	14/07/2015	1,05
10. Secretaria de Salud Departamental	14/06/2015	14/07/2015	0,26
11. CORHUILA – Sede Prado Alto	14/06/2015	14/07/2015	0,52
12. Cr 16 – Cl 31	14/06/2015	14/07/2015	0,79
13. Veterinaria Mi Mejor Amigo	14/06/2015	14/07/2015	0,52
14. Calle 10 – Carrera 9	14/06/2015	14/07/2015	0,79
15. Cl 19 - Cr 50	14/06/2015	14/07/2015	2,10
16. Aeropuerto	14/06/2015	14/07/2015	0,52

**Fuente:** CAM, 2015



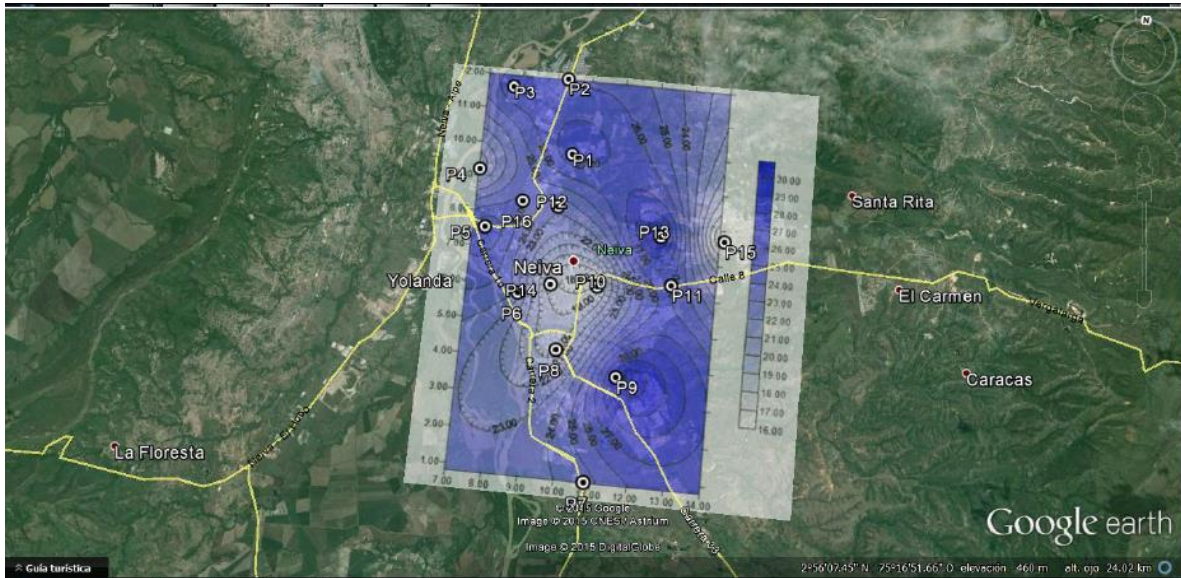
**Figura 16** Distribución concentraciones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

- **Ozono (O<sub>3</sub>)**

**Tabla 6.** Resultados concentración Ozono

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Fecha inicial</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Concentración <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
1. Iglesia Santa María de la Paz	14/06/2015	14/07/2015	27,92
2. Ciudad Limpia	14/06/2015	14/07/2015	25,76
3. Villa de Calamari	14/06/2015	14/07/2015	26,92
4. Quebrada La Cucaracha	14/06/2015	14/07/2015	19,87
5. Clínica SaludCoop	14/06/2015	14/07/2015	27,21
6. C.C. Los Comuneros	14/06/2015	14/07/2015	24,32
7. Entrada Colegio la Fragua	14/06/2015	14/07/2015	24,32
8. Terminal	14/06/2015	14/07/2015	19,14
9. C.C. Oasis	14/06/2015	14/07/2015	31,23
10. Secretaria de Salud Departamental	14/06/2015	14/07/2015	17,56
11. CORHUILA – Sede Prado Alto	14/06/2015	14/07/2015	26,62
12. Cr 16 – Cl 31	14/06/2015	14/07/2015	23,17
13. Veterinaria Mi Mejor Amigo	14/06/2015	14/07/2015	30,94
14. Calle 10 – Carrera 9	14/06/2015	14/07/2015	18,13
15. Cl 19 - Cr 50	14/06/2015	14/07/2015	16,55
16. Aeropuerto	14/06/2015	14/07/2015	25,19

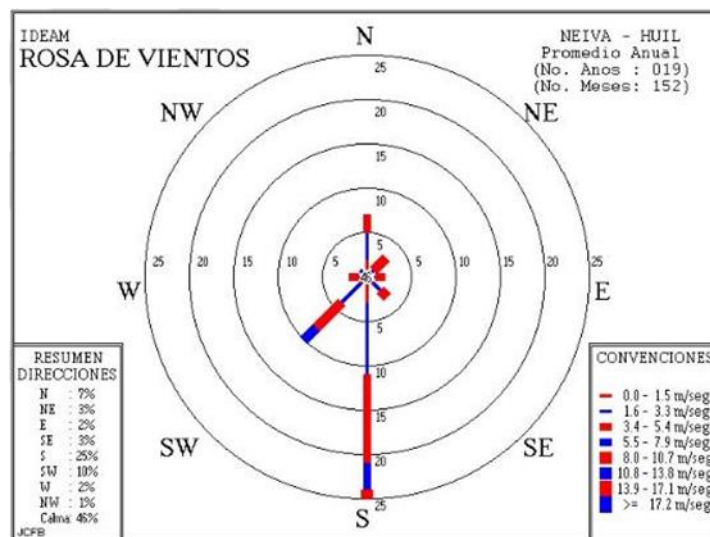
**Fuente:** (CAM, 2015)



**Figura 17.** Distribución concentraciones de Ozono ( $O_3$ )

Para establecer los escenarios de mejor y peor calidad de aire en la ciudad de Neiva, fue necesario tener en cuenta la rosa de vientos suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

**Figura 18.** Rosa de vientos para la ciudad de Neiva.



**Fuente:** (IDEAM, 1999)

De acuerdo a la información presentada por la rosa de vientos, los vientos provienen del Sur, el 25% de los vientos se dirigen hacia el norte y el 10% al Noreste, con velocidades de vientos promedio de 8 m/s. Se presenta un 46% de calma en los vientos con la velocidad promedio del viento de 0 m/s.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta la información obtenida por la rosa de vientos, es acertado afirmar que en la zona sur (comuna 6) de la ciudad de Neiva es donde más se concentran los contaminantes atmosféricos, es decir, éstos son arrastrados por lo vientos hacía este sector y por ende el material particulado también.

### **6.5.2 Fase 2: Toma de muestras**

- Con base en la fase 1, se determinaron los cinco sitios de muestreo para realizar la recolección de la fruta de la especie (*Mangifera indica*) con el fin de determinar el grado de afectación y contaminación del metal pesado Plomo (Pb). Los puntos de muestreo abarcan tres puntos cardinales de la ciudad de Neiva, zona sur: terminal de trasportes, zona oriente: Barrio las Palmas y Barrio las Granjas y zona norte: C.C San Juan Plaza y Universidad Surcolombiana.
- Después de establecer los sitios de muestreo, se procedió a la recolección de las muestras en las zonas establecidas (sur, norte y oriente) donde se tuvo en cuenta la ubicación (de acuerdo al flujo vehicular y congestión).



**Figura 19.** Recolección de muestra, de la fruta del mango (*Mangifera indica*), ubicado sobre la zona sur

- Las frutas de mango recolectadas se empacaron en bolsas Zip con su respectivo rotulo (sitio de muestreo, especie y fecha); seguidamente fueron almacenadas en una nevera de poliestireno expandido (icopor) con bolsas de gel frío para conservar su estado y características naturales.



**Figura 20.** Muestras rotuladas y empacadas en cadena de frío.

- Las muestras fueron enviadas en cadena de frío al laboratorio ALLCHEM ubicado en la ciudad de Bogotá, acreditado por el IDEAM. Los análisis fisicoquímicos se realizaron con la técnica de Absorción Atómica – horno grafito con la metodología **AOAC 999.11**, la cual permite determinar la concentración de Pb.
- La metodología **AOAC 999.11** fue empleada para los respectivos análisis de laboratorio, consiste básicamente en digerir la muestra en microondas en medio ácido y peróxido de hidrógeno. De la fruta del mango, solo se empleó la cascara y la parte carnosa (comestible), la semilla se desechó. La solución obtenida fue diluida en agua, la concentración de Pb se obtuvo a partir de la absorbancia de cada elemento a su longitud de onda específica en un espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito y las calibraciones con soluciones patrón.

## **7. Resultados**

Los resultados de análisis de laboratorio de ALLCHEM los cuales se encuentran soportados en el Anexo A, demostraron que las muestras recolectadas de la especie *Mangifera indica* (mango) contienen bajos niveles del contaminante Plomo: menos de 0,002 mg/kg.

## **8. Análisis de resultados**

Al obtener los resultados de análisis del laboratorio ALLCHEM, demostraron que las muestras recolectadas contienen bajas concentraciones del contaminante plomo <0.002 mg/kg. Los reglamentos de la Comisión Europea N.º 1881 del 2006 y N.º 629 del 2008 indican que las frutas deben contener menos de 0,1 mg/kg de Pb (Comisión Europea, 2006-2015); por tanto, se puede inferir que la cantidad de plomo encontrada en los mangos no es nociva para la salud, sin embargo, se debe tener en cuenta que la acumulación de pequeñas cantidades de este metal pesado en el cuerpo humano sí puede resultar nociva a largo plazo.

(FAO, 2005) el principio fundamental para prevenir la contaminación de los alimentos es mantener los niveles de contaminantes en el producto alimenticio en el nivel más bajo posible, manteniendo buenas prácticas de trabajo que puedan establecerse, implementarse y que hayan demostrado ser útiles.

En la siguiente tabla, se realiza la comparación de los resultados obtenidos del laboratorio ALLCHEM - análisis de los frutos de mango y los valores límites permisibles o aptos que debe contener una fruta, según la Comisión Europea

**Tabla 7.** Comparación resultados laboratorio con límites permisible de plomo en frutas

Sitio de Muestreo	Análisis realizado	Método	Técnica	Unidades	Resultado	Límites permisibles*
Barrio Granjas	Plomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002	
C.C San Juan Plaza	Plomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002	
Universidad Surcolombiana	Plomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002	0,1 mg/kg
Barrio las Palmas	Plomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002	
Sur (terminal de transportes)	Plomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002	

\*según reglamentos de la Comisión Europea N.º 1881/2006 y N.º 629/2008 en frutas

A pesar esto, se deben realizar más análisis de contaminantes atmosféricos como lo son los metales pesados para tener la certeza de que la especie frutal *Mangifera indica* (mango) es apta para su consumo humano y no genera un riesgo potencial para la salud de los Neivanos.

Adicionalmente, al comparar los resultados del monitoreo de calidad de aire para la ciudad de Neiva, realizado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena en el año 2015 (ver tabla 4, 5, 6 y 9) con la normal nacional “**Resolución 610 de 2010**” que establece los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio (ver tabla 2), se tiene que los contaminantes analizados (dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono) se encuentran dentro de los niveles permisibles (Tabla 9).

**Tabla 8.** Recopilación resultados contaminantes atmosféricos con niveles más altos del NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> Y O<sub>3</sub> del monitoreo de calidad de aire para la ciudad de Neiva.

Resultados monitoreo calidad de aire Neiva									
Zona	Ubicación	Contaminante	Resultado $\mu g/m^3$	Contaminante	Resultado $\mu g/m^3$	Zona	Ubicación	Contaminante	Resultado
Sur	Terminal	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	31,61	Dióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	1,57	Sur	C.C Oasis Plaza	Ozono (O <sub>3</sub> )	31,23
	C.C Oasis Plaza		21,64		1,05	Oriente	Clínica veterinaria mi mejor amigo		30,94
Oriente	Calle 19 con Cr 50		30,11		2,10		Iglesia Santa María de la Paz		27,92
Norte	Clínica SaludCoop		18,44		1,05	Norte	Clínica SaludCoop		27,21
	Cra 16 con Calle 31		19,19		0,79		Villa de Calamarí		26,92

## 9. Conclusiones

Al realizar los recorridos sobre las vías principales del casco urbano de Neiva, se encontró que la ciudad posee 2035 especies de árboles frutales sembrados en espacio público, las especies totales halladas fueron: *Mangifera indica* - Mango (724) , *Syzygium malaccense* – Pomorroso (965), *Annona squamosa* – Anón (6), Limón (27), *Melicoccus bijugatus* – Mamoncillo (14), *Carica papaya* – Papaya (8), *Anacardium occidentale* – Marañón (35), *Citrus × aurantium* - Naranja agria (35), *Morinda citrifolia* – Noni (84), *Musa × paradisiaca* – Plátano (15), *Tamarindus indica* – Tamarindo (5), *Cocos nucifera* – Coco (117), *Citrus reticulata* – Mandarina (2), *Psidium guajava* – Guayabo (13).

Las especies de mayor predominancia corresponden a *Syzygium malaccense* – Pomorroso (47%) y *Mangifera indica* - Mango (36%).

Los resultados obtenidos demostraron que las frutas recolectadas presentan una baja concentración de Plomo (0.002 mg/kg) lo cual representa un bajo riesgo para la población al momento de consumirlas, al encontrarse niveles por debajo de los límites permisibles que debe contener una fruta: 0,1 mg/kg.

En las zonas donde se tomaron las muestras no se encontró un alto nivel de plomo , de acuerdo al estudio de la calidad de aire para la ciudad de Neiva y con base en los resultados obtenidos se establece que la ubicación de las especies son un indicativo del metal pesado (Plomo) puesto que no afecta en gran manera la salud de los Neivanos ni la calidad del aire, sin embargo se debe aclarar y tener en cuenta que se deben realizar más análisis para determinar si calidad del aire de la ciudad de Neiva en buena.

## 10. Recomendaciones

- Dar continuidad al desarrollo de estudios con análisis toxicológico en las diferentes especies frutales de acuerdo a la calidad de Aire encontrada en las diferentes comunas de la ciudad con el propósito de validar el nivel de riesgo sanitario de las frutas que producen estas especies, debido a que el trabajo no contaba con el alcance presupuestal para realizar una muestra representativa que permitiera arrojar resultados confiables.
- Considerar el uso de un control positivo para validar la efectividad de la técnica.
- Considerar aspectos culturales (como el consumo de frutas producidas por la arborización urbana) para establecer de forma más acertada el riesgo potencial de la contaminación con Pb atmosférico.
- Aumentar número de muestras analizadas por zona para poder dar soporte estadístico a los resultados.

## 11. Referencias bibliográficas

- Alvarez, I. A., Martínez, J. M., Rodríguez, B. M., Fuentes, B. B., Blanco, L. M., & Monzón, R. Z. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista médica electrónica*.
- Amable Álvarez, I. M. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista medica electronica*, 5(39), 1160-1170. Recuperado el 22 de 04 de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242017000500017&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000500017&lng=es&tlng=es).
- Arogunjo, A. (2007). Heavy Metal Composition of Some Solid Minerals in Nigeria and Their Health Implications to the Environment. *pax.J.Biol.Ci*.
- Cabezas, J. (2004). *Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora*. INIA(Instituto nacional de investigación agraria), Madrid.
- Calderon, L. &. (2004). Brain Inflammation and Alzheimer's-Like Pathology in Individuals Exposed to Severe Air Pollution. *32(6)*, 650-658.
- CAM. (2015). *Monitoreo de calidad del aire, contaminantes NO<sub>2</sub>,SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, en el municipio de Neiva, departamento del Huila para la corporación autónoma regional del alto Magdalena-CAM*. Neiva-Huila: CAM.
- DANE. (2017). *Principales indicadores del mercado laboral*. Boletín técnico, Bogotá D.C.

- Dufol, A. (2003). *Intoxicacion por metales*. Hospital Clínico Universitario. Zaragoza., Unidad de Toxicología Clínica. Zaragoza: San Navarra. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>
- E, P. (2014). *Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados*. CES Salud publica.
- FAO. (2005). *Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias*. FAO-Higiene de alimentos. Roma -Italia: OMS. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5307s/y5307s00.htm#Contents>
- Francisco Prieto García, J. P. (2010). Bioacumulación de arsénico en las etapas de desarrollo de la cebada maltera. (C. d. Químicas, Ed.) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 37-44.
- Gonzalez-Montaña, J. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de ciencias pecuarias*, 3(22), 305-310.
- Halliwell, B., & M. V. (2000). Hydrogen peroxide in the human body. (M. Saraste, Ed.) Obtenido de [https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1016/S0014-5793\(2800\)2902197-9](https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1016/S0014-5793(2800)2902197-9)
- Hofer, C. &. (2010). Metal Accumulation and Performance of Nestlings of Passerine Bird Species at an Urban Brownfield Site. *Environ. Pollut*, 1207-1213.
- Hosseini, S. &. (2013). Studying the Reaction of Long Oak Apple Trees to the Absorption of Lead in the Industrial Park of Rasht. (J. Agric, Ed.) *Biol.Sci*.

- IDEAM. (1999). *Cartas climatológicas - medias mensuales aeropuerto Benito Salas, temperatura y otros valores*. Neiva: IDEAM. Obtenido de <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/neiva/temperatura.htm>
- IDEAM. (1999). *Rosa de los vientos para la ciudad de Neiva*. Informe de Aeronautica , IDEAM. Obtenido de <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm>
- IDEAM. (2012). *Estado de la calidad del aire en Colombia 2007-2010*. Bogota D.C: Comité de comunicaciones y publicaciones IDEAM.
- J.O.Perez, J. a. (1986). Contaminación por metales en la atmosfera del Valle de Aburrá. *Rev.Fac.Ing.*, 3(1), 1-22. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10495/5907>
- Jorge, A. M. (2009). *Metales pesados en suelo urbano como indicador de la calidad ambiental: ciudad de Chihuahua*. Chihuahua, Mexico: Multequina.
- Ladrón de Guevara, J. &. (1995). *Toxicología médica: Clínica y laboral*. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Machado MD, S. M. (2008). Removal of heavy metals using a brewer's yeast strain of *Saccharomyces cerevisiae*: the flocculation as a separation process. (N.-U. G. Research Support, Ed.) *Bioresour Technol*, 99(7)(2107-15). Obtenido de <https://www.yeastgenome.org/reference/17631999>
- Malik, R. (2009). Assessment of Environmental Contamination Using Feathers of *Bubulcus ibis* L., as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Ecotoxicology*, 18, 522-536.

Ministerio de medio ambiente. (24 de Marzo de 2010). Resolución 610 de 2010. “Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Red calidad del aire. Bogotá, Colombia.

Morales, M. C. (2017). Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador: Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25296/1/BQ%20111.pdf>

Morales, M. C. (2017). *Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y* 2017.

Naccari, C. M. (2009). *Common Buzzards (Buteo buteo) Bio-indicators of Heavy Metals Pollution in Sicily*. Sicily: Sicily:Environ.Int.

Puentes, J. (21 de 04 de 2019). Mototaxismo y otros males de la movilidad en Neiva. (A. E. Entrevistador, Ed.) Obtenido de <http://www.edgarartunduaga.com/index.php/opitalandia/764-mototaxismo-y-otros-males-de-la-movilidad-en-neiva>

Rafael, A. G. (2015). *Diagnostico del monitoreo de calidad del aire, realizado en la planta terminal ubicada en la vereda el Venado*. Neiva (Huila): Univeridad Distrital de Caldas.

Rocha Castro, E. &. (2000). *Principios basicos de espectroscopía*. Chihuahua: Universidad autónoma de Chihuahua.

SajoR. (2012). *Comunas y barrios de la ciudad de Neiva, departamento del Huila, Colombia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Neiva-Comunas-Barrios.svg>

Skoog, D. A. (2001). Principios de analisis instrumental. *Quinta edición*.

## Anexo A

### REPORTE RESULTADOS LABORATORIO



TRANSVERSAL 39 N° 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 Bogotá, D.C. www.allchem.com.co

LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORIAS

Bogotá 09 de noviembre, 2018

Informe de Resultados

INF - 1807653-0

Página 1 de 1

Nombre: VALDERRAMA LOPEZ CHRISTIAN FELIPE - 80767591  
Dirección: CL 8 46 52 CA 13 CON PASEO LA CASTELLANA Teléfono: 8620560  
Muestras suministradas por: Sr. Christian Felipe Valderrama Lopez  
Fecha de recepción: 22 de octubre, 2018 Proced. de Muestreo: Puntual  
Fecha toma de muestra: 22 de octubre, 2018 12:00  
Planta

Descripción: Mango (Granjas)

Lote: NR

No. de Ingreso: HJ221518

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Piomo HG Alimentos	AOAC 999.11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002

\* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

**Figura 21.** Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el punto denominado Barrio Granjas



Bogotá 09 de noviembre, 2018 Informe de Resultados INF - 1807655-0  
Página 1 de 1

Nombre: VALDERRAMA LOPEZ CHRISTIAN FELIPE - 80767591  
Dirección: CL 8 46 52 CA 13 CON PASEO LA CASTELLANA Teléfono: 8620560  
Muestras suministradas por: Sr. Christian Felipe Valderrama Lopez  
Fecha de recepción: 22 de octubre, 2018 Proced. de Muestreo: Puntual  
Fecha toma de muestra: 22 de octubre, 2018 12:00  
Planta

Descripción: Mango (Palmas)  
Lote: NR  
No. de Ingreso: HJ221718

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Plomo HG Alimentos	AOAC 999,11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002

\* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Figura 22. Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el barrio Palmas



Bogotá 09 de noviembre, 2018 Informe de Resultados INF - 1807641-0  
Página 1 de 1

Nombre: VALDERRAMA LOPEZ CHRISTIAN FELIPE - 80767591  
Dirección: CL 8 46 52 CA 13 CON PASEO LA CASTELLANA Teléfono: 8620560  
Muestras suministradas por: Sr. Christian Felipe Valderrama Lopez  
Fecha de recepción: 22 de octubre, 2018 Proced. de Muestreo: Puntual  
Fecha toma de muestra: 22 de octubre, 2018 12:00  
Planta

Descripción: Mango (San Juan)  
Lote: NR  
No. de Ingreso: HJ221418

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Plomo HG Alimentos	AOAC 999,11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002

\* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Figura 23. Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el C.C San Juna Plaza.



Bogotá 09 de noviembre, 2018 Informe de Resultados INF - 1807656-0  
Página 1 de 1

Nombre: VALDERRAMA LOPEZ CHRISTIAN FELIPE - 80767591  
Dirección: CL 8 46 52 CA 13 CON PASEO LA CASTELLANA Teléfono: 8620560  
Muestras suministradas por: Sr. Christian Felipe Valderrama Lopez  
Fecha de recepción: 22 de octubre, 2018 Proced. de Muestreo: Puntual  
Fecha toma de muestra: 22 de octubre, 2018 12:00  
Planta

Descripción: Mango (Sur)  
Lote: NR  
No. de Ingreso: HJ221818

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Piomo HG Alimentos	AOAC 999,11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002

\* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Figura 24. Reporte resultados laboratorio para la muestra tomada en el terminal.



Bogotá 09 de noviembre, 2018 Informe de Resultados INF - 1807654-0  
Página 1 de 1

Nombre: VALDERRAMA LOPEZ CHRISTIAN FELIPE - 80767591  
Dirección: CL 8 46 52 CA 13 CON PASEO LA CASTELLANA Teléfono: 8620560  
Muestras suministradas por: Sr. Christian Felipe Valderrama Lopez  
Fecha de recepción: 22 de octubre, 2018 Proced. de Muestreo: Puntual  
Fecha toma de muestra: 22 de octubre, 2018 12:00  
Planta

Descripción: Mango (Usco)  
Lote: NR  
No. de Ingreso: HJ221618

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Piomo HG Alimentos	AOAC 999,11	Absorción atómica-Horno grafito	mg/Kg	<0.002

\* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Figura 25. Reporte resultado laboratorio muestra Universidad Surcolombiana.