



**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

*Autor1*

Puerto Colombia, 17 de abril de 2024

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

Cuidad

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **Wendy Del Carmen Jimenez Mejía.**, identificado(a) con **C.C. No. 1043877964** de **Palmar De Varela**, autor(a) del trabajo de grado titulado **EVALUACION DE CONTAMINANTES QUIMICOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PULPA DE GUANABANA (Annona muricata L.) EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA** presentado y aprobado en el año **2024** como requisito para optar al título Profesional de **Nutricionista Dietista.**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma *Wendy Jimenez*

**WENDY DEL CARMEJ JIMENEZ MEJIA**

**C.C. No. 1043877964 de PALMAR DE VARELA**



Universidad  
del Atlántico

CÓDIGO: FOR-DO-109

VERSIÓN: 0

FECHA: 03/06/2020

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

*Autor2*

Puerto Colombia, 17 de abril de 2024

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

Cuidad

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **Lina Maria Correa Tirado.**, identificado(a) con **C.C. No. 1002023816** de **Barranquilla**, autor(a) del trabajo de grado titulado **EVALUACION DE CONTAMINANTES QUIMICOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PULPA DE GUANABANA (Annona muricata L.) EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA** presentado y aprobado en el año **2024** como requisito para optar al título Profesional de **Nutricionista Dietista.**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma *Lina Correa T.*

**LINA MARIA CORREA TIRADO.**

**C.C. No. 1002023816 de BARRANQUILLA.**

**DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO**

*Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.*

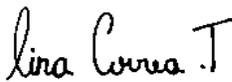
Puerto Colombia, 17 de abril de 2024

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

<b>Título del trabajo académico:</b>	EVALUACION DE CONTAMINANTES QUIMICOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PULPA DE GUANABANA (Annona muricata L.) EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA
<b>Programa académico:</b>	Nutrición y Dietética

<b>Firma de Autor 1:</b>						
<b>Nombres y Apellidos:</b>	Wendy Del Carmen Jimenez Mejía					
<b>Documento de Identificación:</b>	CC	X	CE	PA	Número:	1043877964
<b>Nacionalidad:</b>	Colombiana			<b>Lugar de residencia:</b>	Soledad	
<b>Dirección de residencia:</b>	Calle 40 #14-03 barrio la fe					
<b>Teléfono:</b>	3104159985			<b>Celular:</b>	3217310080	

<b>Firma de Autor 2:</b>						
<b>Nombres y Apellidos:</b>	Lina Maria Correa Tirado					
<b>Documento de Identificación:</b>	CC	X	CE	PA	Número:	1002023816
<b>Nacionalidad:</b>	Colombiana			<b>Lugar de residencia:</b>	Soledad	
<b>Dirección de residencia:</b>	Carrera 35ª No. 27 - 07					
<b>Teléfono:</b>	3928617			<b>Celular:</b>	3053311806	



**FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO**

<b>TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO</b>	EVALUACION DE CONTAMINANTES QUIMICOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PULPA DE GUANABANA (Annona muricata L.) EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA
<b>AUTOR(A) (ES)</b>	WENDY DEL CARMEN JIMENEZ MEJIA, LINA MARIA CORREA TIRADO
<b>DIRECTOR (A)</b>	AMPARO LUZ PUA ROSADO
<b>CO-DIRECTOR (A)</b>	GENISBERTO BARRETO RODRIGUEZ
<b>JURADOS</b>	NOMBRES COMPLETOS.
<b>TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE</b>	NUTRICIONISTA DIETISTA
<b>PROGRAMA</b>	NUTRICIÓN Y DIETÉTICA
<b>PREGRADO / POSTGRADO</b>	PREGRADO
<b>FACULTAD</b>	NUTRICIÓN
<b>SEDE INSTITUCIONAL</b>	NORTE
<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO</b>	2024
<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	98
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES</b>	TABLAS, GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS
<b>MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)</b>	MULTIMEDIA
<b>PREMIO O RECONOCIMIENTO</b>	NO APLICA



**EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS Y FACTORES  
ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN  
PULPA DE GUANABANA (*Annona muricata* L.) EN EL  
DISTRITO DE BARRANQUILLA**

**WENDY DEL CARMEN JIMÉNEZ MEJÍA**

**LINA MARIA CORREA TIRADO**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA  
BARRANQUILLA/ATLÁNTICO**

**2023**



**EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS Y FACTORES ASOCIADOS A  
LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PULPA DE GUANABANA  
(*Annona muricata* L.) EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA**

**WENDY DEL CARMEN JIMÉNEZ MEJÍA**

**LINA MARIA CORREA TIRADO**

**DIRECTORA:**

**N.D AMPARO LUZ PÚA ROSADO**

**DOCTORA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

**CODIRECTOR:**

**Q.F GENISBERTO ENRIQUE BARRETO RODRÍGUEZ**

**ESPECIALISTA EN QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PROGRAMA DE NUTRICION Y DIETETICA  
FACULTAD DE NUTRICION  
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
PUERTO COLOMBIA  
2024**

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

DIRECTOR(A)

---

JURADO(A)S

---

---

## **DEDICATORIA**

Le dedico los frutos de este trabajo primeramente a Dios, dador de vida y creador de todas las cosas, quien me otorgó las fortalezas, el conocimiento y virtudes necesarias para realizar este proyecto investigativo

A mis padres y a mi hermano por apoyarme en toda mi carrera y vida, el amor incondicional y las enseñanzas que me brindaron me ayudaron a perseverar; sus sueños y su gran cariño me acompañaron hasta el final.

A mi amiga Nicole Roncallo, por hacer parte de este proceso, siempre apoyarme con sus mejores deseos y ánimos.

A mi pareja Roy Lunar, por darme aliento en los días en que más quise rendirme, por poner en pausa sus preocupaciones para aliviar las mías y motivarme a pesar de todo.

A mi compañera Wendy Jiménez por toda su dedicación, tiempo, esfuerzo y compromiso durante la carrera y el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis amigos Paulino Torres, Rosa De Arce, Hemili Vivas, Valeria Palomo, Federico Cristalli y Natalia Moreno, quienes me apoyaron sin saberlo con unas cuantas palabras o sacándome una sonrisa.

Todo este trabajo fue posible gracias a ustedes, así que mis éxitos y alegrías también son suyos.

***Lina Maria Correa Tirado***

## **DEDICATORIA**

En primera medida, dedico el logro de este proyecto investigativo a Dios; quien ha sido mi guía y mi fortaleza. Esta dedicatoria es para él, quien siempre estuvo como sostén en los momentos de dificultad, por su amor incondicional y por bendecir cada esfuerzo que dedique a esta meta.

A mi tía Sonia Mejía, mi madre María Mejía, por su constante aliento y acompañamiento en cada paso de este camino académico; por brindarme esos consejos y valores que me han hecho quien soy hoy día y motivarme a seguir adelante, por ser para mí un ejemplo de resiliencia.

***Wendy Jiménez***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Amparo Luz Púa Rosado, Nutricionista Dietista, Especialista en Gerencia de Recursos Humanos, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, y Doctora en Ciencia de Alimentos por su tiempo, paciencia, dedicación y apoyo para la realización de este proyecto.

Genisberto Enrique Barreto Rodríguez, Químico Farmacéutico, Especialista en Química de Alimentos por compartir sus conocimientos, dedicación, tiempo y guía en la metodología de investigación del proyecto.

A los establecimientos comerciales de pulpa de *Annona muricata L.* del distrito de Barranquilla por su voluntaria y activa participación en la toma de muestra y pruebas de laboratorio para dar continuidad a este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	17
ÁREA .....	18
TEMA .....	18
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	18
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	19
3. JUSTIFICACIÓN .....	22
4. OBJETIVOS .....	25
4.1 Objetivo general:.....	25
4.2 Objetivos específicos:.....	25
5. MARCO TEÓRICO.....	26
5.1 Guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.) .....	28
5.2 Pulpa de guanábana .....	31
5.3 Contaminantes en frutas.....	33
5.4 Minerales en frutas .....	34
5.5 Metales pesados en frutas .....	36
5.6 Toxicología de frutas .....	38
5.7 Métodos de determinación de minerales en frutas .....	41
5.8 Métodos de determinación de parámetros de calidad en frutas.....	43
6. MARCO LEGAL.....	46
7. METODOLOGÍA.....	48
7.1 Enfoque .....	48
7.2 Tipo de estudio.....	48
7.3 MATERIALES, POBLACIÓN Y MUESTRA .....	48
7.4 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	49
7.5 TÉCNICAS, ANÁLISIS Y/O PROCEDIMIENTOS.....	49
7.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57

7.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
8. Aspectos éticos.....	64
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
10. CONCLUSIONES .....	82
11. RECOMENDACIONES.....	83
12. BIBLIOGRAFÍA .....	84
13. ANEXOS .....	94

## LISTA DE TABLAS

- TABLA 1. MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FISICOQUÍMICAS EN LA PULPA DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)
- TABLA 2. CONCENTRACIONES PREPARADAS SEGÚN LA AOAC 999.11 PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE MINERALES.
- TABLA 3. VALORES DE REFERENCIA PARA METALES PESADOS
- TABLA 4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

## LISTA DE GRAFICAS

- GRÁFICA 1. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PROCEDENCIA DEL FRUTO
- GRÁFICA 2. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ EN TIPO DE CULTIVO
- GRÁFICA 3. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SOBRE PRESENCIA DE PLAGAS
- GRÁFICA 4. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN TIPO DE COSECHA
- GRÁFICA 5. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ PARA RECOLECCIÓN
- GRÁFICA 6. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN EMBALAJE PARA TRANSPORTE DESDE EL ÁREA DE CULTIVO

- GRÁFICA 7. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ EN LA RECEPCIÓN DEL FRUTO
- GRÁFICA 8. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN CLASIFICACIÓN DEL FRUTO PARA PROCESAMIENTO
- GRÁFICA 9. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN EMBALAJE PARA ALMACENAMIENTO EN EL ESTABLECIMIENTO
- GRÁFICA 10. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN TIPO DE PROCESO EMPLEADO
- GRÁFICA 11. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PRESENCIA DE MANCHAS O DETERIORO EN EL FRUTO
- GRÁFICA 12. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE *Annona muricata* L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PRESENCIA DE MANCHAS O DETERIORO EN EL FRUTO

- GRAFICA 13. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LAS PULPAS DE *Annona muricata* L. ANALIZADAS
- GRAFICA 14. ANÁLISIS DE PH EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.
- GRAFICA 15. ANÁLISIS DE ACIDEZ TITULABLE EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.
- GRAFICA 16. ANÁLISIS DE SOLIDOS SOLUBLES EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.
- GRAFICA 17. RECOMENDACIONES DE INGESTA MÁXIMA DE MINERALES PARA LA POBLACIÓN COLOMBIANA.
- GRAFICA 18. ANÁLISIS DE ZINC EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.
- GRAFICA 19. ANÁLISIS DE HIERRO EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.
- GRAFICA 20. ANÁLISIS DE COBRE EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.

## RESUMEN

El presente trabajo se dedicó a la cuantificación de metales pesados encontrados en la pulpa de *Annona muricata* L. originado por el interés investigativo sobre sus compuestos a nivel nutricional, su capacidad como alimento funcional y antioxidante. Sin embargo, cabe a destacar que la valoración de metales pesados en la pulpa de guanábana es fundamental para proteger la salud pública, garantizar la seguridad alimentaria, evaluar el impacto ambiental y cumplir con las regulaciones y normativas relacionadas con la calidad de los alimentos.

La guanábana es una fruta popular consumida en muchas partes del mundo, y su pulpa se utiliza en la preparación de jugos, batidos y otros productos alimenticios. La presencia de metales pesados en la pulpa de guanábana puede representar un riesgo para la seguridad alimentaria.

Los metales pesados son contaminantes ambientales conocidos por su toxicidad y efectos adversos en la salud humana. La acumulación de estos compuestos en suelos y cuerpos acuáticos, puede conducir a la contaminación de las plantas incluyendo los cultivos como la guanábana. Estudiar la presencia de metales pesados en la pulpa de guanábana puede proporcionar información importante sobre el grado de contaminación ambiental en áreas específicas y ayudar a identificar posibles fuentes de contaminación.

**Objetivo:** Analizar el contenido de metales pesados en la pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) en el distrito de Barranquilla.

**Materiales y métodos:** Estudio aleatorio simple a partir de un análisis proximal en muestras de pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.). Ejecutado con la participación de tres establecimientos que comercializan pulpa de *Annona muricata* L. en el distrito de Barranquilla. Se aplicó un instrumento de recolección de información en la visita a cada establecimiento participante para determinar los factores que pudieron influir en cada resultado. Se llevó a cabo una serie de análisis por triplicado para evaluar los parámetros de calidad en las muestras (pH, acidez y

solidos solubles) como también análisis para la determinación de la presencia de metales pesados más comunes (cobre, plomo, zinc, hierro) clasificando cada resultado de acuerdo con estudios previos y bajo las normativas colombianas.

**Resultados:** En el establecimiento A se mantuvo una media de 4,09 pH, 2,6% Ácido nítrico, 11,1 °Brix, Fe 6,24 mg/Kg, Cu 1,49 mg/Kg, Zn 2,01 mg/Kg, plomo (No detectable) mientras el establecimiento B presentó resultados con una media de 3,58 pH, 5,15% Ácido nítrico, 15,3 °Brix, Fe 5,78 mg/Kg, Cu 0,92 mg/Kg, Zn 2,03 mg/Kg, plomo (No detectable), y finalmente, el establecimiento C presentó una media de 3,37 pH, 0,07% Ácido nítrico, 39,5 °Brix, Fe 4,36 mg/Kg, Cu 1,01 mg/Kg, Zn 1,3 mg/Kg, plomo (No detectable).

**Conclusión:** Se encontró el incumplimiento de varios parámetros de calidad por parte de ambos establecimientos, representando un riesgo para la salud del consumidor y perjudicando la inocuidad de la pulpa. Sin embargo, en pro a la seguridad alimentaria, los niveles de metales pesados se encontraban dentro de los límites permisibles.

**Palabras clave:** Guanábana, metales pesados, toxicología, contaminación, minerales.

## **ABSTRACT**

The present work was dedicated to the quantification of heavy metals found in the pulp of *Annona muricata* L. originated by the research interest in its compounds at a nutritional level, its capacity as a functional and antioxidant food. However, it should be noted that the assessment of heavy metals in soursop pulp is essential to protect public health, guarantee food safety, evaluate environmental impact and comply with regulations and standards related to food quality.

Soursop is a popular fruit consumed in many parts of the world, and its pulp is used in the preparation of juices, smoothies and other food products. The presence of heavy metals in soursop pulp may represent a risk to food safety.

Heavy metals are environmental contaminants known for their toxicity and adverse effects on human health. The accumulation of these compounds in soils and aquatic bodies can lead to the contamination of plants, including crops such as soursop. Studying the presence of heavy metals in soursop pulp can provide important information about the degree of environmental contamination in specific areas and help identify possible sources of contamination.

**Objective:** Analyze the content of heavy metals in the pulp of soursop (*Annona muricata* L.) in the district of Barranquilla.

**Materials and methods:** Simple randomized study based on a proximal analysis of soursop (*Annona muricata* L.) pulp samples. Executed with the participation of 3 establishments that sell *Annona muricata* L. pulp in the district of Barranquilla. An information collection instrument was applied during the visit to each participating establishment to determine the factors that could influence each result. A series of triplicate analyzes were carried out to evaluate the quality parameters in the samples (pH, acidity, soluble solids, ash and humidity) as well as analysis to determine the presence of the most common heavy metals (copper, lead, zinc, iron) classifying each result according to previous studies and under Colombian regulations.

**Results:** In establishment A, an average of 4.09 pH, 2.6% Nitric acid, 11.1 °Brix, Fe 6.24 mg/Kg, Cu 1.49 mg/Kg, Zn 2.01 mg was maintained. /Kg, lead (Not detectable) while establishment B presented results with an average of 3.58 pH, 5.15% Nitric acid, 15.3 °Brix, Fe 5.78 mg/Kg, Cu 0.92 mg/ Kg, Zn 2.03 mg/Kg, lead (Not detectable), and finally, establishment C presented an average of 3.37 pH, 0.07% Nitric acid, 39.5 °Brix, Fe 4.36 mg/Kg, Cu 1.01 mg/Kg, Zn 1.3 mg/Kg, lead (Not detectable).

**Conclusion:** Non-compliance with several quality parameters by both establishments was found, representing a risk to consumer health and harming the safety of the pulp. However, in the interests of food safety, the levels of heavy metals were within permissible limits.

**Key words:** Soursop, Heavy metals, Toxicology, Contamination, minerals.

## 1. INTRODUCCIÓN

La *Annona muricata* L. "Guanábana", es una fruta tropical conocida por su aporte en minerales y por los múltiples beneficios que provee a la salud humana ante enfermedades no transmisibles. Sin embargo, a pesar de los atributos que ofrece este fruto de la familia "Annonaceae", su calidad y aporte nutricional se encuentran sujetos a las fases del cultivo realizado durante y posterior a la siembra; cada uno de estos procesos repercuten en la composición y calidad de la pulpa de fruta a futuro.

Cabe a destacar, que determinar el origen de los metales pesados presentes en pulpas de fruta desde el auge de la agricultura industrial, teniendo en cuenta las múltiples fases del cultivo y la verificación de las pulpas que han estado en constante exposición a la contaminación ambiental tiende a ser complejo, principalmente porque en la Región Caribe no se realiza el respectivo seguimiento para conocer las condiciones higiénicas en las que se comercializan ni para identificar el lugar de procedencia de estas, representando un riesgo para la salud humana al atentar contra la seguridad alimentaria del consumidor. En ese orden de ideas, en la presente investigación se cuantificó la presencia de metales pesados en pulpas de *Annona muricata* L. comercializadas en el distrito de Barraquilla para verificar la cantidad de estos compuestos, corroborar los resultados obtenidos con las normativas correspondientes establecidas para el territorio nacional colombiano e indagar sobre las posibles causas en caso de reportar medidas por encima del límite máximo permisible.

Esta investigación incentiva a fortalecer el seguimiento de los parámetros de calidad y la composición de las pulpas de frutas con mayor frecuencia como una acción preventiva para velar por la seguridad alimentaria, destacando el impacto de los metales pesados en la salud humana y generar información veraz para el desarrollo de nuevas investigaciones sobre la *Annona muricata* L.

**ÁREA**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**TEMA**

ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN PULPA DE *Annona muricata* L.  
COMERCIALIZADA EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DEL VALOR NUTRICIONAL DE LOS  
ALIMENTOS

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La guanábana, o también conocida por su nombre científico como *Annona muricata* L., es una fruta tropical considerada como nativa de Sudamérica que desde tiempos inmensurables se le han atribuido tanto beneficios alimenticios como múltiples atributos medicinales. Se caracteriza por su contenido en minerales tales como sodio, calcio, potasio, magnesio, fósforo y hierro (León, Granados y Osorio, 2016). Sin embargo, las cantidades de estos minerales tienden a ser inexactas dependiendo de diversos factores presentes desde el momento en el que se cultiva el producto hasta su tratamiento para la conservación y distribución de este.

Colombia, como el segundo país más biodiverso del mundo (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2016), se ha caracterizado por ser un país con una elevada producción en frutas que se mantiene en un constante crecimiento, llegando a las 6.712.167 toneladas en producción en el 2019 (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2020). Y, en el caso de la *Annona muricata* L. se registra una producción total a nivel nacional de 55.740,18 toneladas durante el 2020 (Agronet, 2020). Esta alta producción de frutas conlleva a la necesidad de recurrir a diversos métodos de procesamiento y conservación para disponer de la fruta por medio de la exportación a nivel nacional e internacional, con la finalidad de evitar el desaprovechamiento de esta. Todos los productos que se exportan deben cumplir con ciertos estándares de calidad, y la *Annona muricata* L. no es la excepción; entre estos estándares se encuentra el contenido adecuado de minerales, los cuales pueden verse alterados por la mala manipulación o la descomposición natural de la fruta.

La *Annona muricata* L. es categorizada como una fruta exótica y de gran interés por la población colombiana; esto se debe a su carnosa pulpa de color blanco, su sabor dulce y ligeramente ácido junto a su característico aroma, lo cual se le hace atractivo a todo aquel que ya conozca sus propiedades organolépticas (Cajamarca, Arias, y Ortiz, 2019).

Muchas de las personas al consumir esta fruta optan por comprar la pulpa de fruta en conserva antes que obtener la *Annona muricata* L. como tal por varias razones, contribuyendo a la adquisición de pulpa de fruta en productos semi procesados.

Una de las razones principales son los diferentes tiempos de reserva que tiene cada producto, haciendo que los de mayor duración se adapten más a la disponibilidad de las amas de casa al momento de su preparación.

Otra razón sería la comodidad y el ahorro de tiempo al preparar el alimento, debido a que no hay necesidad de separar la pulpa de la cáscara y sus semillas, siendo conveniente y de gran apoyo dado a que las amas de casa no disponen de mucho tiempo para la preparación de sus alimentos.

Por otra parte, la *Annona muricata* L. se ha identificado como una fuente natural de electrolitos, siendo una alternativa ideal a las bebidas carbonatadas o bebidas rehidratantes con colorantes artificiales. Los electrolitos son minerales que permiten la generación de impulsos eléctricos en el organismo y su déficit está asociado a problemas musculares, nerviosos y relacionados con el balance hídrico. Al comparar la *Annona muricata* L. con las bebidas carbonatadas, se puede afirmar que además de presentar altos niveles de azúcares refinados, las bebidas carbonatadas no son una fuente adecuada de electrolitos por su carencia en los aportes de minerales necesarios para cumplir esta función. Por otra parte, es reconocida por ser rica en minerales como el hierro, el calcio y el magnesio que son esenciales para la producción de electrolitos, lo que la convierte en una fuente natural y saludable de dichos compuestos y a su vez, la mejor opción como bebida rehidratante.

Con lo anterior queda en descubierto que la información aportada sobre la presencia y contenido de los elementos conocidos como metales pesados en la *Annona muricata* L. es insuficiente.

Por otro lado, en un estudio realizado en Boyacá en el 2016 se evidencia la presencia de cadmio en frutas con una concentración que oscila entre 1 a 50 µg/kg,

teniendo como principal fuente de contaminante el uso de agua afectada para el riego (Reyes y col. 2016). También se encontraron concentraciones de arsénico de 2,7 mg/Kg en bananas según una investigación realizada por Quinde (2018).

En Colombia y en la región Caribe se comercializan pulpas de fruta, pasteurizadas y sin pasteurizar en sitios reconocidos e informales y se dispone de poca información sobre sus condiciones higiénicas y de salubridad, además en muchos de estos establecimientos no se conoce, ni se controla la procedencia de estas pulpas. En una investigación realizada en diferentes municipios al Sur del Atlántico se presentaron altas concentraciones de metales pesados en el muestreo de 137 suelos de fincas; donde se evidenció presencia de arsénico por encima de los límites máximos permisibles en todos los municipios participantes. Otros de los metales pesados encontrados en cifras por fuera de límites fueron cadmio en los municipios de Santa Lucía, Campo de La Cruz, Manatí y Candelaria; plomo encontrado en Candelaria y Manatí; y mercurio en el municipio de Santa Lucía, donde también se analizaron parcelas de pepino y ahuyama, descubriendo niveles de toxicidad cercanas a la dosis mínima, causantes de efectos neurológicos en personas si no se disminuyen las concentraciones en el suelo (Yacomelo., 2014).

Teniendo en cuenta el contexto anteriormente presentado, por ello es necesario conocer ¿Qué cantidad de metales pesados se encuentran en la pulpa de *Annona muricata* L. comercializada en el distrito de Barranquilla?

### 3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se orientará al análisis de los metales pesados en la pulpa de la *Annona muricata* L. (Guanábana) en el distrito de Barranquilla, Atlántico.

La OMS recomienda el consumo de por lo menos 400 g de frutas y verduras cada día, o cinco porciones de 80 g cada una, debido a que el consumo de frutas actualmente es de vital importancia por sus propiedades nutricionales, por ello es recomendado a diario por estas y otras entidades; es imprescindible tener un acceso confiable en calidad de las frutas evitando contaminantes en exceso que presenten un riesgo a la salud. La *Annona muricata* L. es considerada una fruta exótica reconocida y en Colombia de fácil acceso por los abundantes cultivos de esta; es apetecida en la canasta familiar debido a sus agradables características sensoriales, además del conjunto de vitaminas, sales minerales y antioxidantes que así como los metabolitos secundarios, donde se encuentran la acetogeninas, flavonoides; además de compuestos fenólicos, alcaloides y taninos que en general proporcionan beneficios al organismo humano como compuestos activos y aprovechables a nivel fármaco-industrial en el tratamiento de la diabetes mellitus (Damayanti & Col., 2017); dentro de estos beneficios se encuentra la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Sin embargo, existen estudios como el de Determinación de componentes nutricionales presentes en las hojas secas de *Annona muricata* L. (Guanábana), en donde se encuentra presencia de metales pesados en el contenido de las hojas de esta fruta, siendo de interés el identificar y cuantificar metales pesados en la pulpa, para verificar un consumo seguro en los hogares colombianos y su apta comercialización a nivel nacional e internacional. (Cuello y col., 2017). Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta, se destacan entre ellos el mercurio, plomo, cadmio y arsénico. Son en general tóxicos para los seres humanos y por ello se consideran un riesgo a la salud, siendo la presencia de metales pesados en el medio ambiente y la contaminación involuntaria en los alimentos que se consume diariamente, según lo anterior, pueden ocasionar diversas intoxicaciones y daños a

corto o largo plazo en la salud humana, tan graves como afecciones en el sistema nervioso, renal y/o desarrollando enfermedades como el cáncer e incluso la muerte (Bravo 2019).

Los metales pesados están en el medio ambiente y pasan inevitablemente a la cadena alimentaria, incluidos los alimentos que consumidos habitualmente. Por eso deben controlarse para así reducir al máximo la ingesta y que no ocasionen perjuicios en la salud humana. El metal pesado más común en los alimentos es el plomo debido a que este se encuentra en todo el medio ambiente, como, por ejemplo, en el aire, en las plantas y animales de uso alimentario, en el agua de la bebida, en los ríos, océanos y lagos, en el polvo, en el suelo, etc. El plomo puede causar muchos tipos de enfermedades en el organismo humano, entre estas gastrointestinales, hematopoyéticas, neurológicas, renales, endocrinas, del sistema reproductor, fetales y en la cavidad oral. Un estudio realizado en el 2021 por el Department of Environmental Health de Estados Unidos, tuvo como objetivo determinar los niveles de contaminación por cadmio (Cd) y plomo (Pb) en diversas formas de frutas y verduras, incluidos productos frescos, congelados, secos y procesados. Como resultado se demostró que los productos secos tenían las concentraciones más altas de Cd y Pb, y varias muestras excedieron las concentraciones máximas permitidas de estos metales pesados, lo que indica un riesgo potencial para la salud del consumidor (Rusin & Col., 2021). En Colombia se tienen en cuenta estándares de calidad para el cumplimiento sanitario para frutas y sus subproductos comercializados como lo son la resolución 003929 del 2013 y la resolución 004506 del 2013, donde se establece el reglamento técnico para el transporte e importen en el territorio nacional y así mismo, los niveles máximos establecidos de aceptación para los contaminantes en alimentos destinados al consumo humano en estos y otros productos. Este trabajo conformado bajo la línea de investigación de caracterización fisicoquímica y del valor nutricional de los alimentos, permitirá analizar la presencia de metales pesados por medio de los resultados, cuantificar las cantidades presentes de estos en la pulpa de fruta de

*Annona muricata* L. y compararlos con los niveles establecidos para definir la calidad sanitaria de esta fruta para la comunidad, en donde los comercializadores puedan disponer de una información segura acerca del producto que expenden. Así mismo, se contribuirá en la profundización de información del tema abordado que servirá de apoyo en otras posibles investigaciones dentro y fuera de la institución, para la comunidad estudiantil y docentes con base en los resultados derivados de este proyecto.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar el contenido de metales pesados en la pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) en tres establecimientos del distrito de Barranquilla.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Identificar las características de calidad del producto a través del análisis de las condiciones fisicoquímicas de las pulpas a estudiar (pH, acidez y sólidos solubles).
- Determinar el contenido de minerales más comunes en las pulpas de guanábana (*Annona muricata* L.) objeto de estudio.
- Establecer la presencia de metales pesados en pulpa de *Annona muricata* L. de acuerdo con las resoluciones 3929 del 2013 y 3803 del 2016.
- Fortalecer las líneas de procesos y mecanismos de control de los establecimientos presentes, con los estándares normativos colombianos a través de la entrega de un informe final.

## **5. MARCO TEÓRICO**

Una investigación realizada en el 2017 por el Instituto de ciencias ambientales en la Orinoquia, en compañía de la Universidad de los Llanos, sobre el Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia logró recopilar sólo pocos estudios sobre metales pesados, los cuales han sido desarrollados en los sistemas de producción agrícola en Colombia donde se estableció una línea base, que identificó aún más, la necesidad que existe sobre investigación en este tema. Entre los resultados encontrados en los estudios de metales pesados en Colombia en regiones como la Andina y Orinoquia (considerada como la frontera y despensa agrícola del país), se identificaron el Cadmio, Plomo, Mercurio, Cromo, Níquel, Cobre, Zinc, Arsénico, Manganeso y el Hierro. Sin embargo, en Colombia la producción científica en la que se relacionan los metales pesados con la producción agrícola (suelo, cultivos o insumos) es relativamente baja. Así mismo, estos trabajos se ubican en la región central del país, evidenciando que es de interés ahondar más en las demás regiones para determinar su presencia y prevenir posibles contaminaciones en el sector agrícola (Mahecha et. al 2017).

Los recursos del suelo brindan beneficios ecosistémicos muy importantes, incluido el cultivo y la cosecha de materias primas para alimentos y productos industriales. Sin embargo, actividades como la industrialización y el desarrollo agrícola a gran escala han creado elementos como los metales pesados que provocan la degradación del suelo en algunas partes del planeta. Los metales pesados son componentes pertenecientes a la naturaleza caracterizados por su alto peso a nivel molecular y por sus diversos usos como, por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería (Romero et.al., 2012). Naturalmente los suelos en su base geoquímica los contienen y estos pueden desencadenar efectos en la salud y afectan diferentes órganos al ser tóxicos.

La agricultura se considera una de las mayores fuentes de metales pesados durante la siembra, el riego y la cosecha debido al uso de fertilizantes químicos,

especialmente los que contienen fósforo, nitrógeno y los productos utilizados como pesticidas.

El metal pesado más común por perjudicar los diversos sistemas del cuerpo humano es el plomo, conocido principalmente por dañar a las neuronas del cerebro en el sistema nervioso; otro metal pesado a destacar es el cadmio, el cual a niveles elevados puede causar afecciones en la función renal. El arsénico no es exactamente un metal pesado, sin embargo, es un contaminante conocido por su efecto directo en las mitocondrias. Los daños en sí son muy diversos dependiendo de cada metal (Eróstegui et al. 2020)

Los estudios encontrados sobre la composición de la guanábana (*Annona muricata* L.), no presentan información suficiente para concluir el tipo y cantidad de metales pesados presentes en la pulpa de fruta, ya que en algunos casos sólo se determina su composición nutricional, o un compuesto específico como los antioxidantes. Por ende, es necesario complementar con una investigación que involucre pruebas para determinar no solo la presencia, sino la cantidad y tipos de metales pesados que pueden encontrarse en la pulpa de *Annona muricata* L.

### **5.1 GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)**

Es una fruta que se caracteriza por su tono verde pintón, su estructura rugosa y la forma en la que su pulpa de color blanco viene combinada con sus semillas se da gracias a la fibra que la distingue; Su fruto posee una apariencia ovalada y acorazonada. Puede hallarse en un tamaño entre mediano a grande, llegando a pesar hasta 7k; Es conocida por su sabor agrídulce único, agradable y aromático. En su exterior obtiene un relieve dado por sus espinas tersas en un tono verde olivo que la destaca del resto de su epidermis (Sosa Crespo y col., 2022).

El consumo de esta fruta se ha visto elevado durante los últimos años en pos de estudios realizados en su pulpa, donde se han ido reconociendo varios tipos de compuestos bioactivos como los polifenoles y acetogeninas, cuyos nombres son enlazados con el tratamiento y la prevención de enfermedades en la actualidad, como neurodegeneración, cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y antiinflamatorias (Andrade & Fasolo, 2014). Glicerio et al, señalo que la pulpa de la *Annona muricata* L. se destaca como un recurso con amplias posibilidades de utilización nutraceútica por su amplio contenido de vitamina C.

Se destaca entonces por ser fuente importante de fitoquímicos al tener un compuesto fenólico en su estructura, también conocido como ácido carbólico o ácido fenólico, el cual es uno de los principales polifenoles y se caracteriza por su alta capacidad de captar radicales, lo que es de beneficio en la interacción con los grupos de proteínas y se encuentra relacionado a la actividad antioxidante de la *Annona muricata* L. en el tratamiento de la diabetes (Mendoza y col., 2022);

En un trabajo realizado por la Asociación Interciencia de Venezuela en el 2014, se comparó la composición proximal de proteínas, así como la actividad antioxidante, en extractos de la pulpa, semillas y hojas frescas y secas de *Annona muricata* L. Obteniendo como resultado unos valores elevados en la actividad antioxidante en las muestras de pulpa, así mismo, el contenido proteico de la pulpa fue de 0,32 g/100g. En base a la bioactividad estudiada, la pulpa de *Annona muricata* L. dejó en

claro el beneficio que dispone como una fruta con amplias posibilidades de utilización terapéutica (Vit, et al 2014).

Si bien es cierto, la *Annona muricata* L. se ha convertido en una fruta de gran interés por la presencia de estas acetogeninas (ACG's) anonáceas, un tipo de compuestos fitoquímicos que han sido también objeto de diversos estudios por sus características analgésicas, antifúngicas, hipotensivas, antioxidantes y de su actividad anticancerígena, ya que ayudan a inhibir la transformación celular. (Lin BW, 2017). Se conoce además que algunas acetogeninas de *Annona muricata* L. y otras plantas de la familia Annonaceae son empleadas como pesticidas biológicos para la eliminación de determinadas plagas (Sosa Crespo y col., 2022). En un estudio publicado por la revista brasilera de fruticultura en 2017, se menciona que se ha encontrado información anteriormente sobre si el consumo de esta fruta por el contenido de antocianinas presentes en ella puede o no considerarse un factor de riesgo. Acerca de las acetogeninas aisladas de pulpa de *Annona muricata* L. u otras frutas de *Annonaceae* se menciona también que tienden a causar efectos neurodegenerativos o parkinsonismo atípico. Así mismo, se resalta el hecho de que los niveles que se hayan estudiado antes (niveles de annonacina en sangre) para dicha afirmación no pueden ubicarse dentro de sus resultados, dejando en relieve la importancia de estudiar el riesgo o toxicidad por niveles de acetogeninas en la pulpa de *Annona muricata* L. para continuar aclarando estas afirmaciones ya que en la actualidad se carece de evidencia científica de este tema (Fernández et al., 2017).

La *Annona muricata*. L es además una fruta que puede ser cultivada en varias épocas del año en suelos de tipo tropical, debido a que los procesos de la maduración de sus ovarios heterogéneos son activados por la hormona vegetal etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), la cual se encuentra en estado gaseoso y es sintetizada naturalmente en cada órgano de la planta (Gavin y col., 2021).

Puesto que la producción de este gas aumenta en la medida que se eleva la tasa de respiración de la fruta durante el periodo postcosecha, ocasiona que exista

también una fuerte influencia en el desarrollo de las características organolépticas del fruto, siendo considerada una fruta climatérica e impactando a su vez en una pérdida fisiológica de peso en la misma luego de su recolección (Márquez Cardozo y col., 2012).

Por lo anterior, vale la pena señalar que el proceso de siembra y cosecha que se lleve a cabo para la obtención de su fruto podrá condicionar o trascender en la calidad del mismo; ya que las frutas climatéricas como la *Annona muricata L.* al ser cosechadas en el periodo previo o inicial de su etapa fisiológica de maduración, por motivo de no encontrarse completamente maduras le permiten al agricultor, importador o exportador, controlar en mejor manera su vida útil por lo que las frutas al conservar en este periodo su óptimo estado fisiológico y características organolépticas como dureza, color y sabor, brindan en resultado un preferible proceso de comercialización (Codex Alimentarius., 2011).

Lo antes mencionado expone también una de las dificultades que pueden darse según el periodo en el que sea recolectada esta fruta, debido a su proceso de ablandamiento acelerado y al disponer de una mayor sensibilidad al frío por su alta tasa de respiración antes mencionada, tiende a ocasionar lo contrario y generar dificultad en su comercialización o almacenamiento si se es cosechada durante el periodo posterior de maduración o en un estado de fructificación completo (Jiménez-Zurita et al., 2017).

Otro factor que puede condicionar el estado de calidad durante el proceso de siembra es el tipo de suelo, el uso de espermicidas o plaguicidas para el control de plagas en el cultivo en cuanto a la posibilidad que se alberga en la contaminación por estos agentes en el mismo y por ende al fruto de guanábana, impactando al convertirse en un factor de riesgo por su consumo.

## 5.2 PULPA DE GUANÁBANA

En general, la pulpa de guanábana y sus subproductos ofrecen oportunidades para una producción sostenible, reducción del impacto ambiental y beneficios económicos (Tiencheu y col. 2021). La pulpa y la cáscara de la guanábana son particularmente ricas en antioxidantes, ya que ayudan a combatir los radicales libres y prevenir el daño oxidativo (Saha & Kumar 2022). Las aplicaciones potenciales de los productos a partir de este fruto incluyen su uso en la industria farmacéutica, así como en la producción de polvos, compuestos bioactivos, aceites y otros productos (Sundus & Ahmed 2023).

Aunque la fruta posee interesantes características nutricionales y organolépticas, su elevada tasa de respiración antes mencionada, hace que sea uno de los principales obstáculos al consumo de la fruta en su estado fresco, y por esta razón muchos productores terminan transformándola en pulpa que se emplea en diversos productos de la canasta familiar, como zumos, helados, compotas, mermeladas, néctares, entre otros (Chang et al., 2018).

Por lo anterior, se denota que la fruta posee una vida útil muy corta y puede volverse un riesgo al ser consumida en fresco o el llevar más allá su procesamiento en ese estado. Como medida, antes de que la fruta pierda su utilidad, regularmente es llevada a transformarse en pulpa procesada, la cual puede ser conservada mediante congelación o pasteurización (Quintana et al., 2017). En la pulpa de guanábana se encuentran fitoquímicos importantes, con diferencias en los compuestos fenólicos según el tipo de extracción, ya sea convencional (Jiménez et al., 2014) o asistida por ultrasonido (Aguilar et al., 2019). Para la obtención de la pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) se lleva a cabo el procesamiento de los frutos que se encuentren en su estado de madurez inicial y de consistencia firmes. Los frutos se maduran a temperatura ambiente y luego se lavan y desinfectan. Se pelan, descorazonan y despulpan utilizando una despulpadora. Las semillas se separan de la pulpa para dar continuidad al proceso de tratamiento térmico y congelación de

esta. Los pasos de procesamiento de la pulpa de guanábana incluyen pelado, descorazonado, despulpado y tratamiento térmico.

La pasteurización es uno de los tratamientos térmicos empleados durante la obtención de pulpa de guanábana; conocido como un proceso que se utiliza para matar o inactivar microorganismos en alimentos y bebidas, con el objetivo de mejorar la seguridad y extender la vida útil (Quintana et al., 2017). El pasteurizar un alimento consiste en calentar el producto a una temperatura específica durante un período de tiempo determinado y luego enfriarlo rápidamente (Lalabadi y Col., 2023).

Además de los tratamientos térmicos, el fruto guanábana es también empleado en la obtención de néctares a partir de su pulpa como medida de brindar aprovechamiento en pos de su rápido deterioro por ser una fruta climatérica y otorgándole un valor agregado a su comercialización; se destaca que para la producción de néctares en frutas como la guanábana son utilizadas enzimas que contribuyan a la mejora de su estabilidad y reducción en la separación de fases de la pulpa durante el almacenamiento (Doring et al., 2018). En un estudio realizado en 2017 por la revista internacional LWT-Food Science and Technology, se investigó el uso de enzimas para convertir la fruta de guanábana en puré, siendo la pectinasa la principal enzima para este proceso ya que dio como resultado una mejora en términos de la reducción en la viscosidad del néctar a partir de la pulpa de fruta, manteniendo en mayor manera el contenido de sólidos solubles totales y azúcar total, así como el pH, la acidez titulable y los niveles de ácido ascórbico (Chang & Col., 2018). Con lo anterior se evidencia que, a través de procesos y cambios en la materia prima de la guanábana, se puede obtener un mejor aprovechamiento, conservando sus principales características.

### **5.3 CONTAMINANTES EN FRUTAS**

Los contaminantes son sustancias que no se han añadido intencionadamente a los alimentos y que pueden hallarse presentes en los alimentos como consecuencia de las diferentes fases de producción, envasado, transporte o almacenamiento en el lugar o área de procesamiento. También pueden ser resultado de la contaminación ambiental. (Fao; Codex Alimentarius., 2019). Un estudio llevado a cabo en Brasil en 2023 encontró que las frutas y verduras consumidas en Brasil contienen residuos de pesticidas, y algunas exceden los límites máximos de residuos. El consumo de frutas y verduras contaminadas con residuos de pesticidas en Brasil planteó riesgos potenciales para la salud. El artículo presenta una revisión sistemática de 33 artículos para evaluar los riesgos a la salud asociados con el consumo de frutas y verduras contaminadas con residuos de pesticidas (RP) en Brasil. Identifica 111 RP en 26 muestras, 16 de las cuales exceden el límite máximo de residuos (LMR). El estudio no encuentra riesgos dietéticos agudos o crónicos graves, pero destaca valores de riesgo más altos en São Paulo y Santa Catarina debido a los organofosforados, y en São Paulo y Bahía debido al clorotalonil y la procimidona (Chavero y Col., 2023). Por lo anterior se resalta la importancia de la existencia de más estudios y proyectos investigativos en Colombia de compuestos que pueden llegar a ser contaminantes en las zonas agrícolas, en zonas de desarrollo industrial de alimentos del país y zonas en donde se realicen procesos de tratamiento a frutas y verduras.

#### **5.4 MINERALES EN FRUTAS**

Los minerales son elementos inorgánicos indispensables en la dieta diaria para mantener un adecuado estado de salud. Estos nutrientes de gran importancia cumplen con diversas funciones en el organismo, principalmente funciones reguladoras y estructurales. Estos micronutrientes se pueden clasificar en macrominerales, elementos traza y minerales ultra traza. A pesar de que los minerales brindan numerosos beneficios al organismo y son necesarios para el sano funcionamiento de este, varias organizaciones a nivel internacional han establecido requerimientos diarios para prevenir su ingesta excesiva, que presentaría un riesgo toxicológico (Carbajal, 2013).

Los elementos traza son elementos esenciales requeridos en cantidades mínimas para la nutrición y varios procesos fisiológicos, Sin embargo, de la misma manera en que los minerales aportan beneficios, dependiendo de la exposición o dosis, también pueden proveer perjuicios por su toxicidad; entre los elementos traza señalados por su capacidad de ocasionar una intoxicación aguda de metales pesados se encuentra el zinc, conocido por su intervención en la sinterización y degradación de macronutrientes y ácidos nucleicos, además, del papel que cumple en la actividad metabólica de la célula, su diferenciación y proliferación. No obstante, la bioacumulación de este elemento debido a su ingesta elevada ya sea por medio de alimentos o bebidas contaminadas, está asociada a la manifestación de diversas que conllevan desde sintomatologías gastrointestinales como náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea, hasta alteraciones en el metabolismo de otros elementos traza como la absorción del cobre (Aliasgharpour, 2020). Otro ejemplo de elemento traza a destacar es el cromo, consumido en bajas cantidades a través de la dieta o por administración oral pero comúnmente encontrado como contaminante en alimentos, suelos, agua y aire en su forma tóxica denominada cromo hexavalente, considerado carcinogénico y un factor de riesgo para la incidencia de varios tipos de cánceres como cáncer de tiroides, pulmón, hueso, testicular, riñón, entre otros. (Balali-Mood et al., 2021); Food Safety Commission of Japan, 2019).

Entre los elementos traza se encuentran diversos minerales que también se clasifican como metales pesados y su consumo en exceso dejan de ser un beneficio para convertirse en un detrimento en la salud. En este selecto grupo se sitúan elementos como el arsénico, cadmio, mercurio, plomo, entre otros que, según un estudio realizado por Galusha et al., (2019) se encuentran presentes en el líquido folicular humano a niveles ínfimos, aunque puede verse afectados ante la exposición a contaminantes ambientales interfiriendo con la capacidad de desarrollo de los ovocitos.

## **5.5 METALES PESADOS EN FRUTAS**

Debido a la modernización de los procesos agrícolas industriales, los seres humanos se encuentran constantemente expuestos a una contaminación ambiental multifactorial; la contaminación ambiental terrestre, en los diversos cuerpos de agua y el aire se ha incrementado tras los procesos industriales, la agricultura avanzada y los procesos agrícolas, exponiendo a los humanos a elevados niveles de metales pesados a través del aire, agua y alimentos, representando un riesgo para la salud. Independientemente de medio por el cual se da la contaminación con estos compuestos, la exposición de metales pesados causa grandes efectos nocivos en la salud humana por su incapacidad de degradarse, almacenándose en diversos órganos y afectando el normal funcionamiento biológico de estos (Perelli et al., 2022).

La acumulación de metales pesados puede ocasionar un desequilibrio en el organismo y pueden ser empleados como reemplazos de elementos esenciales, tales como el zinc, el calcio y la mayoría de los oligoelementos; otras de las consecuencias que se le atribuyen a la exposición de metales pesados es la capacidad de inducir cambios en el ADN y propiedades cancerígenas debido al potencial de acción que tiene sobre el estrés oxidativo; algunos estudios demuestran la participación de iones metálicos cancerígenos como el cromo, níquel, arsénico y cobalto en las reacciones oxido-reducción, causando daño oxidativo al ADN y a las proteínas por los radicales libres que se producen por medio de estas; sin dejar de lado su rol fundamental como señal mitótica y su función de activación de factores de transcripción sensibles a reacciones redox (Fu & Shi, 2019).

En un estudio realizado por Flórez-García et al., (2023), donde se analiza la incidencia de cáncer de mama en mujeres y la exposición del cadmio en el ambiente teniendo en cuenta estudios anteriormente presentados; este metal pesado es considerado de fácil ingreso al organismo, ya que es un contaminante que puede estar presente en el suelo, agua, aire y en los alimentos; es conocido por su capacidad de inhibir la reparación del ADN y su ingesta se asocia con el surgimiento

del cáncer, sin dejar de lado que su exposición es un factor de riesgo para el cáncer de pulmón. Este metaanálisis demuestra que las mujeres con un mayor índice de exposición al cadmio eran 1,13 veces más probables de desarrollar cáncer de mama a nivel global.

Entre otras investigaciones de relevancia se encuentra un estudio publicado por la revista científica Heliyon en 2020, donde se determinó la presencia de metales pesados como plomo, cromo y arsénico, siendo el agua de riego y el suelo en que se cultivaron los vegetales estudiados (zanahoria, perejil y alcachofa) el medio de contaminación de estos; el muestreo se realizó en una localidad llamada La Unión, en Sibaté, un municipio colombiano conocido por ser uno de los principales productores agrícolas de Cundinamarca y estar rodeado de un complejo industrial. Las concentraciones de metales pesados en estos vegetales fueron estudiadas en cada uno de sus diferentes órganos, y los resultados superaban los límites permisibles en estándares utilizados a nivel internacional representando un riesgo para la salud pública (Lizarazo et al., 2020).

Adicionalmente a la contaminación derivada de los modernos procesos agrícolas a nivel industrial, cabe a destacar que varias de las actividades antropogénicas realizadas por el ser humano también es considerado un factor de riesgo para la seguridad alimentaria; en un artículo publicado por International Journal of Environmental Research and Public Health, un ejemplo de estas actividades conocida por perjudicar al medio ambiente a la bioacumulación de metales pesados debido a altos niveles de exposición, es el tráfico de vehículos de gran tamaño. Como resultado de la contaminación producida por estos vehículos, se encontraron concentraciones de plomo, cromo y arsénico en la pulpa de fruta de *Campomanesia adamantium* conocida como guavira; las concentraciones de estos metales pesados en la pulpa de fruta se encontraban en mayor cantidad que en las muestras de pulpas recogidas en áreas de menor exposición, representando tanto un riesgo carcinogénico estimado como un riesgo total (Machate et al., 2021).

## 5.6 TOXICOLOGÍA DE FRUTAS

El consumo diario de frutas y verduras cumplen un papel fundamental en la alimentación para la regulación de distintos procesos vitales del organismo por el aporte de vitaminas y minerales que proveen (GABAS, 2018); Incluso, el consumo constante de estos grupos de alimentos con un alto contenido de flavonoides está asociado al mantenimiento de la función cognitiva en adultos mayores, principalmente la memoria episódica, y la función ejecutiva (Haskell-Ramsay & Docherty, 2023).

La geometría molecular de los alimentos está compuesta principalmente por macro y micronutrientes, sin embargo, esta composición puede verse afectada por diversos factores durante los procesos de producción, traslado, almacenamiento, envasado, conservación y distribución por sustancias nocivas para el organismo, que llegaron al alimento de forma intrínseca, accidental o intencional. Dichas sustancias tóxicas se encuentran presentes en los alimentos como micotoxinas, biotoxinas, compuestos cianogénicos, antinutrientes, plaguicidas, alcaloides, uso de aditivos, agentes residuales, metales pesados, entre otros; que en concentraciones fuera de los límites permisibles pueden desarrollar distintas sintomatologías en el organismo (González, 2018, pp. 1–2).

Durante la vida de las frutas y verduras ocurren 3 etapas fisiológicas: crecimiento, desarrollo y, maduración y senescencia; en esta última etapa, se liberan un conjunto de reacciones bioquímicas que hacen el fruto llamativo para el consumidor y, a su vez, susceptible a enfermedades pre y postcosecha; los signos de la propagación solo son percibidas a partir de la etapa de maduración cuando la planta pierde la efectividad de los componentes de su sistema inmune y por consecuencia, se reduce la producción e indicación de hormonas de defensa y respuesta (Prusky & Romanazzi, 2023).

El crecimiento de hongos y la producción de toxinas sucede como consecuencia de escasas condiciones de higiene en cualquier ciclo de cultivo, cosecha, transporte o almacenamiento, lo que conlleva posteriormente a la contaminación del alimento.

Las micotoxinas son los metabolitos secundarios producidos por más de 100 especies de hongos responsables de la contaminación de productos agrícolas a nivel mundial y de ocasionar diversas enfermedades en la salud humana conocidas como Micotoxicosis por medio de la exposición de alimentos contaminados; las micotoxinas más toxigénicas tanto en la agricultura como en la salud pública son las aflatoxinas, ocratoxinas, tricotecenos, fumonisinas, zearalenona, patulina y citrinina. (Janik et al., 2020). La manzana es una de las frutas afectadas por el *Penicillium expansum*, conocido por su descomponer alimentos en un característico moho azul, la producción de Patulina y por ser uno de los patógenos postcosecha más prevalentes y económicamente perjudiciales a nivel de producción, sobre todo en productos derivados de las manzanas. Generalmente, para la aparición de cualquier enfermedad patógena se requiere cultivares de manzana predispuestos, una carga suficiente del patógeno y un ambiente condicionado para su proliferación, el cual puede verse afectado por las precipitaciones anuales, temperatura, pH y la composición del gas; otra de las características a destacar sería la respuesta rápida del patógeno ante las heridas o magulladuras de la fruta, y su descomposición. (Zhong et al., 2018). Otra de las micotoxinas considerada como un patógeno oportunista y una enfermedad común en manzanos, presente en la descomposición del cáliz y el cuerpo del fruto es la *Alternaria alternata* f. sp., ocasionando lesiones pequeñas y oscuras, especialmente cuando el fruto presenta heridas causadas por daños mecánicos, insectos o aberturas en el cáliz; con la consiguiente formación de áreas putrefactas más oscuras y extensas, capaces de destruir la mayor parte de los frutos (Gur et al., 2021).

Las toxinas alternaria y patulina son las micotoxinas comúnmente encontradas en frutas y sus productos derivados, por lo tanto, realizar el debido seguimiento de los límites regulatorios para identificar y gestionar estas toxinas es fundamental para garantizar la calidad e inocuidad del consumo de frutas y sus derivados. La ingestión de patulina puede causar condiciones agudas, crónicas y a nivel celular en el estado de salud del ser humano, algunos de los efectos adversos son la distensión

gastrointestinal, vómito, edema, agitación, disnea, hemorragia intestinal, degeneración de las células epiteliales, congestión pulmonar, entre otros (Bacha et al., 2023).

Otro medio de contaminación por el cual terminan estas sustancias tóxicas presentes en varios de los alimentos de origen vegetal que se ingieren es la exposición a plaguicidas y funguicidas, o los residuos de estos; arriesgando a sus consumidores y agricultores a distintos tipos de cánceres, enfermedades respiratorias y/o neurodegenerativas (Bresson et al., 2022). La contaminación en cultivos por metales pesados también puede estar relacionada a la urbanización de áreas agrícolas, emplear agua contaminada o no tratada para el riego y la utilización de fertilizantes. En un estudio realizado por Kovač et al. (2021) se analizaron en 118 muestras de cereales de 20 condados de Croacia, en busca de residuos de pesticidas, metales pesados y micotoxinas. Sus resultados revelaron la presencia de residuos de pesticidas como el butóxido de piperonilo y cipermetrina en más del 30% de las muestras tomadas; además, de toxinas del género *Fusarium* y mercurio presentes en todas las muestras, recordando la necesidad e importancia de velar sobre la seguridad alimentaria de manera constante como medida de prevención ante los efectos adversos provenientes de estos contaminantes.

## 5.7 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE MINERALES EN FRUTAS

Para la determinación de minerales y elementos traza presentes en frutas, se encuentra una amplia variedad de métodos que permiten la cuantificación de estos.

Entre los más utilizados se encuentran:

- **Espectrofotometría de absorción atómica (ASS):**

Es una técnica muy sensible y posee un alto nivel de precisión, permitiendo la determinación de minerales en concentraciones muy bajas. Además, es una técnica selectiva, lo que significa que puede identificar y cuantificar diferentes minerales en una misma muestra. Su proceso se basa en la absorción de radiación electromagnética por los átomos que contiene cada muestra. En la determinación de minerales, se puede utilizar una llama o un horno de grafito para vaporizar y atomizar la muestra; luego, se mide la cantidad de radiación absorbida por los átomos de interés. Es considerada la mejor técnica para la determinación de minerales en frutas, como la guanábana, por lo cual se emplea ampliamente de en laboratorios de análisis y, en ciencias y tecnología de alimentos

- **Espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS):**

Utilizado para el análisis de metales, la espectrofotometría de absorción atómica de llama es una técnica convencional considerada simple de emplear, rápida, precisa y de bajo costo a comparación de la mayoría de otros métodos. (Sun et al., 2022).

- **Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS):**

Esta técnica analítica comúnmente se emplea en la determinación de elementos que tienden a formar hidruros, logrando que el transporte y la excitación de los analitos estudiados sea más eficiente a la fuente de atomización por su forma gaseosa (Atasoy, 2023).

- **Espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS):**

Este método conocido por encontrar problemas relacionados a la sensibilidad analítica, el rango lineal y la interferencia de la matriz, no obstante, es una técnica limitada debido al costo elevado de los tubos de grafito requeridos para su aplicación (Atasoy, 2023).

- **Espectrofotometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP MS):**

El costo del instrumento necesario para utilizar este método y el valor operativo de este son sumamente elevados a comparación de las técnicas presentadas anteriormente (Atasoy, 2023).

## 5.8 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN FRUTAS

La revisión de los principios de calidad en frutas previamente a su comercialización es garantizar la inocuidad del producto y la seguridad alimentaria al momento de consumirlo; para asegurar el cumplimiento de estas características se recurren a la implementación de los siguientes parámetros:

- **pH:** El potencial de hidrógeno o pH es una escala empleada para clasificar la acidez o alcalinidad de una solución. Para la aplicación de esta técnica, la muestra de la fruta a valorar debe lavarse, escurrirse y secarse con toallas de papel. Luego, debe extraer su jugo por medio de una licuadora mecánica y realizar la medida a través de un medidor de pH digital (Basak et al., 2022).
- **Acidez titulable:** A través de este método se percibe el índice de maduración de las frutas por medio de los ácidos orgánicos contenidos en estos, siendo un determinante para las propiedades organolépticas de la muestra a estudiar (Tsegay et al., 2020).
- **Sólidos solubles:** Los resultados de la determinación de sólidos solubles en frutas brinda una cantidad aproximada de la concentración de carbohidratos totales presentes en grados Brix (Escárte et al., 2022).

## 5.9 SITIOS DE PROCESAMIENTO PARA LA TOMA DE LAS MUESTRAS Y ANALISIS

- Para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación, se contó con la participación de 3 establecimientos (A, B y C) ubicados en el distrito de Barranquilla, los cuales cumplen con los criterios de inclusión. A continuación, se describirán las características que poseen cada uno de los establecimientos:

**Establecimiento A:** Se recibe el fruto de guanábana día por medio, desde la ciudad de Bucaramanga, en un estado de madurez pintón, dentro de canastas plásticas, con papel periódico como protección. El proceso para la obtención de la pulpa se realiza primeramente con la clasificación del fruto por estado de madurez, seguido de un proceso de lavado con agua pelado, lavado y despulpado manual que busca mantener las semillas en la pulpa. Este establecimiento no realiza adición de azúcar para la pulpa obtenida. Así mismo, cuenta con un espacio de almacenamiento para mantener el fruto de guanábana en recipientes plásticos antes de su selección para el proceso de extracción de la pulpa, conservando el fruto a temperatura ambiente sobre un mesón, en medio abierto con mínimo de un día previo a su selección.

**Establecimiento B:** Se recibe el fruto de guanábana semanalmente, desde el Valle del cauca, recibidas en un estado de madurez maduro, dentro de cajas de cartón forradas con papel periódico. El proceso para la obtención de la pulpa se realiza primeramente con la clasificación del fruto por estado de madurez, seguido de un lavado, pelado, despulpado y extracción manual de las semillas en la pulpa. Este establecimiento realiza durante el proceso de obtención de la pulpa para su venta, una agitación de la primera parte de la pulpa con ayuda de una licuadora para luego mezclarla con el resto de la pulpa y obtener una consistencia espumosa. Además, preserva la pulpa obtenida con azúcar como conservante dentro de un contenedor plástico en refrigeración. Durante cada semana se reparten los frutos de guanábana en los diferentes puntos que posee el establecimiento en el distrito de Barranquilla, se resalta que este dispone de un almacenamiento cerrado en bodega donde se

conserva el fruto antes de su selección y transporte al punto de venta, en donde se realizan los procesos de extracción para obtención de la pulpa.

**Establecimiento C:** A diferencia de los dos anteriores establecimientos, este realiza los pedidos del fruto de *Annona muricata* L. con menos regularidad, ya que hace pedidos para producción de la pulpa de esta, teniendo en cuenta el valor en el que se encuentre el fruto según su temporada, generando un aprovechamiento de esta cuando se encuentra en valores menores a lo habitual. La procedencia del fruto es de los Santanderes y al momento de realizar los pedidos se programan a la semana dos días para el proceso de obtención de la pulpa, en el cual se distingue por poseer en sus instalaciones de equipos para el pelado, despulpado, macerado, control del pardeamiento y empaçado de la pulpa obteniendo gracias a esto una consistencia más líquida.

- Así mismo, se desarrollaron los análisis de los parámetros de calidad (pH, acidez titulable y sólidos solubles), análisis de minerales para la determinación de metales pesados (cobre, plomo, hierro, zinc), con la colaboración de dos sitios descritos a continuación:

**Universidad del Atlántico sede Norte, ubicada en Puerto Colombia, Atlántico:**

En el laboratorio 407B de la Universidad del Atlántico se ejecutaron los parámetros de calidad (pH, acidez titulable, sólidos solubles), con el acompañamiento de la directora Amparo Luz Púa Rosado y del codirector Genisberto Enrique Barreto Rodríguez.

**Laboratorio de alimentos SENNOVA, sede Sabanalarga, Atlántico:** A través de un convenio con el instituto SENA, se contó con el apoyo y supervisión del personal del laboratorio de alimentos SENNOVA, para la determinación de la presencia de minerales o metales pesados como: Hierro, Cobre, Plomo y Zinc, mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de llama (Agilent Technologies 200 series AA).

## 6. MARCO LEGAL

El presente estudio tuvo a consideración las siguientes normativas, reglamentos y resoluciones por las que se rige todo profesional relacionado al área de alimentos en Colombia. Encargadas de garantizar un adecuado control y manejo en la producción, almacenamiento, embalaje y distribución de alimentos teniendo en cuenta los criterios de sanidad, inocuidad y riesgos microbiológicos desde el proceso de siembra. Representan las directrices que actualmente velan por el cumplimiento de los parámetros que contribuyen en la prevención de eventos donde se ve afectada la seguridad alimentaria en presencia de riesgos desde el manejo del agua utilizada para el proceso de riego, como también las técnicas empleadas en los procesos de siembra, cultivo y cosecha que supongan un riesgo por el uso ya sea de agroquímicos, fertilizantes y plaguicidas en la industria agropecuaria dando paso además a la contaminación por metales pesados en alimentos.

El Ministerio de Salud y Protección Social destaca las siguientes resoluciones de importancia.

- **Resolución 1407 de 2022:** Garantizar la inocuidad de los alimentos y bebidas comercializadas verificando el cumplimiento de los criterios microbiológicos establecidos.
- **Resolución 2674 de 2013:** Los requisitos sanitarios se deben cumplir durante todas las actividades relacionadas a la manipulación, tratamiento y comercio de alimentos, materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos para proteger la vida y la salud de las personas.
- **Resolución 4506 de 2013:** A nivel nacional, los alimentos y materias primas destinadas al consumo humano deben cumplir con los estándares para cada contaminante sin superar los niveles máximos establecidos. Entre los contaminantes mencionados en la resolución, se encuentran especificados

los niveles de metales pesados como el arsénico, zinc, plomo y cobre.

- **Formato IVC INVIMA:** Que se define como la inspección, vigilancia y control (IVC) sanitario descrita en la Ley 9 de 1979.
- **Reglamento técnico 3929 de 2013:** Manejo de frutas en jugos, néctares, definición y proceso tecnológico.

El Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecieron la siguiente resolución.

- **Resolución 2115 de 2007:** A través de esta resolución se establecen los parámetros que aseguran la calidad del agua para el consumo humano. Existen diversos factores en el tratamiento o manejo del agua que alteran su composición, y muchas veces durante su empleo en el sistema de riego tiende a ser una de las fuentes de contaminación más frecuentes en el sector agrícola.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y De la Protección Social establecen las siguientes resoluciones:

- **Resolución 2906 de 2007:** Los alimentos destinados al consumo humano y piensos deben cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos a nivel nacional para conservar la salud del consumidor.
- **Resolución 000132 de 2021:** A través de la resolución se establece el Manual Normas Técnicas para sistemas de riego y drenaje a nivel predial.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 ENFOQUE:**

Cuantitativo, ya que esta investigación tuvo a través de su desarrollo, una serie de análisis que ayudaron a detectar la presencia de metales pesados en la pulpa de guanábana para de esta manera, cuantificar el contenido de estos minerales de forma individual.

### **7.2 TIPO DE ESTUDIO:**

Descriptivo, donde se evaluó el contenido de metales pesados y parámetros de calidad debido a que la información relacionada con este contenido presente en frutas como la guanábana, no está claramente definida y es escasa para brindar una mayor certeza en la calidad de alimentos como la pulpa de *Annona muricata* L.

### **7.3 MATERIALES, POBLACION Y MUESTRA:**

La población empleada durante este trabajo investigativo, fueron ejemplares de pulpa de *Annona muricata* L. que se comercializan en el distrito de Barranquilla y que cumplieron con las cualidades especificadas en los criterios de inclusión del proyecto.

El procedimiento de selección de las muestras se realizó por medio del muestreo aleatorio simple (cada elemento tuvo la misma probabilidad de ser seleccionado) teniendo en cuenta los criterios de inclusión y de acuerdo con la disponibilidad de muestra utilizable, se tomó una muestra representativa de 100 gr de pulpa de *Annona muricata* L., las cuales fueron debidamente envasadas en bolsas herméticas y llevadas a los laboratorios de la Universidad del Atlántico y el SENA. En cada establecimiento se recolectaron pulpas de guanábana congeladas, con y sin adición de azúcar, las cuales posterior a su envasado se rotularon debidamente por cada establecimiento para desarrollar los análisis químicos. Para el análisis de muestras se tuvo en cuenta la cantidad de estas, al disponer de 3 establecimientos

diferentes, se detallaron los resultados a través de tablas con su respectiva observación durante los laboratorios realizados por triplicado y duplicado, hallando la media (M) de los mismos.

#### **7.4 INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS:**

La fuente primaria para utilizar en esta investigación fue empleada a través de la recolección de datos adquiridos de manera directa por medio de los formatos de inspección (ANEXO A) empleados a los establecimientos participantes y del contacto directo con las muestras a analizar en el laboratorio de alimentos de la Universidad del Atlántico e Instituto SENA. En segunda instancia, como fuentes secundarias se dispusieron artículos científicos e investigaciones enfocadas en ciencia y tecnología de alimentos, que han sido de apoyo en las revisiones, soporte bibliográfico y teórico de la investigación desde Google académico, Scielo, Elsevier, PubMed, ScienceDirect; Además de la base de datos de la Universidad del Atlántico.

#### **7.5 TÉCNICAS, ANÁLISIS Y/O PROCEDIMIENTOS:**

Para el alcance de cada objetivo, se tuvieron en cuenta una serie de acciones y procesos a lo largo de esta investigación, las cuales se definen a continuación:

- Identificar las características de calidad del producto por medio del análisis de las condiciones fisicoquímicas de las pulpas selectas, los parámetros serán pH, acidez, y sólidos solubles. A continuación, se relacionan las actividades requeridas para este objetivo específico en mención:

La información para el análisis de resultados, se obtuvo a partir del primer contacto con el personal de los establecimientos que aceptaron participar en el proyecto de manera libre y voluntaria; Teniendo en cuenta el formato de diligenciamiento (Anexo A), para la recopilación de datos personales, generales y de procesamiento del producto o muestra a analizar en cada establecimiento

de comercialización del distrito de Barranquilla; se hizo constar la libre autonomía de los establecimientos interesados en la participación del proyecto a través de la firma del consentimiento informado (Anexo C); y se empleó un acta de muestreo (Anexo B) como medida provisional para la recolección de las muestras de cada establecimiento participante.

La muestra representativa de pulpa de guanábana para todos los establecimientos fue congelada, con y sin adición de azúcar, reservada en bolsas herméticas zyploc, con bolsas de papel para preservar de la luz dentro de un equipo frío.

Cada muestra se mantuvo refrigerada hasta el momento de la realización de los análisis para determinar los parámetros de calidad (pH, Acidez y Sólidos Solubles) en la Universidad del atlántico. El pH como indicador importante de la acidez de los alimentos y causante de la alteración del sabor y estabilidad de la fruta. La acidez, medida como ácido cítrico, siendo otro parámetro relevante para determinar la calidad de la fruta, ya que puede influir en su sabor y durabilidad. Los sólidos solubles, también conocidos como grados Brix, son una medida de la concentración de azúcares en la fruta y pueden afectar su dulzura y valor nutricional.

A partir de la muestra seleccionada, se llevaron a cabo los laboratorios para evaluar los parámetros de calidad (pH, acidez y concentración de sólidos solubles °Brix) en la Universidad del Atlántico (Anexo D). Los métodos y técnicas para las pruebas químicas se pueden observar en la tabla 1.

**TABLA 1. MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS EN LA PULPA DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>FUNDAMENTO</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>REFERENCIA</b>
<b>pH</b>	<p>Para la determinación de los niveles de PH, el laboratorio cuenta con un phmetro digital (HANNA).</p> <p>Tras verificar la calibración del equipo a utilizar 2 horas antes de la lectura, se realizó el enjuague de los electrodos con agua destilada para luego secar con una toalla absorbente. Para realizar la lectura, se introdujo el electrodo en el extracto sin que éste tocara el recipiente y se tomó la lectura del valor que aparece en la pantalla del equipo.</p>	Potenciometría	NTC 1325 2008
<b>ACIDEZ TOTAL</b>	<p>Por volumetría acido-básica con Hidróxido de sodio (NaOH 0,1N) como titulante e indicador Fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>), se realizó la determinación de acidez en</p>	Volumetría	AOAC 22.060 Ed 18-1990

	<p>una bureta dispuesta por el laboratorio.</p> <p>Inicialmente, para realizar la determinación de acidez total se tuvo en cuenta el peso del Erlenmeyer a emplear, luego se añade 5 gr de la muestra al Erlenmeyer y se mezclan con 20 ml de agua destilada hasta conseguir una solución homogénea. Una vez homogeneizada, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína al 1% y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 normal; se mezcló hasta conseguir una tonalidad rosa.</p> <p>Para finalizar, se observó el volumen gastado de hidróxido de sodio y se aplicó la fórmula que se muestra a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Porcentaje de Acidez = <math>V \times N \times \text{mEq de Ácido} \times 100\text{g Muestra}</math></li> <li>● Donde:</li> <li>● V = Volumen gastado en la titulación</li> </ul>		
--	--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N = Normalidad del Hidróxido de sodio</li> </ul>		
<b>SÓLIDOS SOLUBLES</b>	<p>Se dispone para los °Brix, un refractómetro digital (MA871) con una compensación de temperatura para una medición sin cálculos de compensación posteriores.</p> <p>Al momento de realizar el análisis de sólidos soluble, se calibra el instrumento de refractometría; una vez verificado, los prismas se deben mantener a una temperatura de 20 °C. Posteriormente, las primas deben ser abiertas para colocar una gota de solución y cerrarse.</p> <p>Al abrir la entrada de luz, en el campo visual se apreciará la transición de un campo claro a oscuro, lo cual indicará la escala entre este límite para leer el valor en °Brix.</p> <p>Luego de determinar los °Brix, los sólidos solubles por gramo</p>	Refractómetro	AOAC 932.12 Ed 18-2007

	<p>de muestra (X<sub>ss</sub>) se calculan usando la fórmula:</p> $\frac{^{\circ}\text{Brix}}{100} = Y_{ss} = \frac{X_{ss}}{X_w + X_{ss}}$ <p>Y<sub>ss</sub>= Gramos de sólidos solubles por gramos de fase líquida.</p> <p>X<sub>w</sub>= Humedad de los alimentos.</p>		
--	--	--	--

- Determinar el contenido y la cantidad de minerales más comunes en las pulpas de guanábana empleando el método de espectrofotometría de absorción atómica con una porción de la muestra.

Los metales pesados a analizar en la presente investigación fueron el Zinc (Zn), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Cobre (Cu), debido a su importancia en la seguridad alimentaria y sus posibles efectos adversos en la salud humana. La determinación de la presencia de estos fue ejecutada en las instalaciones del Instituto SENNOVA, sede Sabanalarga por espectrofotometría de absorción atómica de llama.

Los metales pesados anteriormente mencionados, se hallaron por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) de llama. la cual permite una determinación rápida y precisa de los minerales en frutas, siendo de utilidad para evaluar la calidad nutricional de los alimentos.

Este análisis se determinó según la AOAC 999.11 (Official methods of análisis, edittion 21ST,2019). Para realizar el análisis de metales pesados por medio del espectrofotómetro de absorción atómica de llama, fue necesario la calcinación de la muestra en plancha y posteriormente, de la mufla a temperaturas de 550°C. Este

pretratamiento facilitó la solubilización de los 5 gr de muestra en 7 ml de ácido nítrico y 1,5 ml de ácido clorhídrico. Una vez finalizada la preparación de la muestra, se analizó en el espectrofotómetro sumergiendo el tubo de drenaje, causando la nebulización y atomización de la muestra para su lectura. En la tabla 2, se encuentran las concentraciones de cada mineral, que fueron necesarias para hallar la presencia de estos.

**TABLA 2. CONCENTRACIONES PREPARADAS SEGÚN LA AOAC 999.11 PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE MINERALES.**

Plomo	Zinc	Cobre	Hierro
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 0.1mg/kg</li> <li>● 0.5mg/kg</li> <li>● 1.0 mg/kg</li> <li>● 2.0 mg/kg</li> <li>● 3.0 mg/kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 0.1mg/l</li> <li>● 0.3mg/l</li> <li>● 0.5mg/l</li> <li>● 0.8mg/l</li> <li>● 1.0mg/l</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 0.1mg/kg</li> <li>● 0.5mg/kg</li> <li>● 1.0mg/kg</li> <li>● 2.0mg/kg</li> <li>● 3.0mg/kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 0.1mg/kg</li> <li>● 0.5mg/kg</li> <li>● 1.0mg/kg</li> <li>● 2.0mg/kg</li> <li>● 3.0mg/kg</li> </ul>

- Comparar los resultados obtenidos de los métodos mencionados anteriormente para establecer la presencia de metales pesados en pulpa de guanábana según la resolución 3803 del 2016 y 4506 del 2013.

Tras analizar cada una de las muestras preparadas, a través del software de espectrofotometría se realizó la lectura de los valores obtenidos de cada metal pesado en donde se evidenció el cumplimiento de los límites máximos permisibles en pulpa de fruta establecido en las resoluciones 3803 del 2016 y 4506 del 2013.

**TABLA 3. VALORES DE REFERENCIA PARA METALES PESADOS.**

METALES PESADOS	VALOR DE REFERENCIA
ZINC	<b>Resolución 3803 del 2016: 8-14mg/día RDA (Aportes dietéticos recomendados)</b> 14 mg /día: hombres adultos. 8 mg/día: mujeres adultas.
HIERRO	<b>Resolución 3803 del 2016: 13-27 mg/día RDA (Aportes dietéticos recomendados)</b>

	13 mg /día: hombres adultos. 27 mg/día: mujeres de 19-50 años.
<b>COBRE</b>	<b>Resolución 3929 del 2013:</b> 5,0 mg/kg
<b>PLOMO</b>	<b>Codex Alimentarius 193- 1995 (revisada hasta el 2022):</b> 0,1mg/kg.

- Fortalecer las líneas de procesos y mecanismos de control de los establecimientos presentes, con los estándares normativos colombianos a través de la entrega de un informe final.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y comparados bajo las normativas colombianas mencionadas con anterioridad, para cada parámetro de calidad y en la determinación de la presencia así como el contenido de metales pesados en las muestras analizadas en cada establecimiento, se llevó a cabo una actualización de los valores estándares permitidos en Colombia, para el fortalecimiento de las líneas de procesos y los mecanismos de control empleados en ambos establecimientos participantes a través de la entrega del informe final de la presente investigación.

## 7.6 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

TABLA 4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	NATURALEZA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
<b>Guanábana</b>	Independiente	Cualitativa	Fruta tropical caracterizada por su pulpa de color blanco, su sabor dulce y ligeramente ácido.	<b>Sabor:</b> Ácido, semiácido o dulce. <b>Forma:</b> Ovoide, acorazonada o irregular. <b>Consistencia de la pulpa:</b> Blanda y jugosa o firme y seca.

<b>Pulpa de guanábana</b>	Independiente	Cualitativa	Producto logrado por medio del proceso de trituración, maceración o desmenuzado y el tamizado o no de la parte comestible de la guanábana.	Pulpa de guanábana Pulpa de guanábana en conserva Pulpa de guanábana congelada Pulpa de guanábana pasteurizada Pulpa de guanábana sin pasteurizar Pulpa de guanábana sin congelar
<b>Contaminantes en alimentos</b>	Dependiente	Cualitativa	Presencia de sustancia en un medio al cual no pertenecen o en niveles nocivos para la salud o el medio ambiente.	Contaminantes fisicoquímicos Contaminantes alérgenos Contaminantes microbiológicos Contaminantes ambientales

<b>Minerales en frutas</b>	Independiente	Cualitativa	Son nutrientes inorgánicos esenciales en la regulación de numerosas funciones orgánicas que en niveles elevados pueden perjudicar la salud.	Calcio Cobalto Cobre Cromo Hierro Magnesio Molibdeno Potasio Selenio Sodio Zinc
<b>Metales pesados en frutas</b>	Dependiente	Cuantitativa	Son elementos químicos que se caracterizan por ser tóxicos para los seres humanos y presentan una densidad alta.	Zinc 5,0 mg/Kg Cobre 5,0 mg/Kg Plomo 1,0 mg/Kg Hierro 15 mg/Kg
<b>Toxicología de frutas</b>	Dependiente	Cualitativa	La composición de los alimentos puede verse afectada accidental, intencional o	Micotoxinas, Antinutrientes, Plaguicidas, Agentes residuales, Metales pesados.

			intrínsecamente por sustancias tóxicas para organismo durante las diversas etapas de procesamiento, distribución y transporte.	
<b>Métodos de determinación de minerales en frutas</b>	Independiente	Cuantitativa	La presencia de minerales en frutas por encima de los límites permisibles puede ocasionar daños nocivos a la salud del consumidor, por lo tanto, la precisión del método que determina su cuantificación es esencial.	Espectrofotometría de absorción atómica (ASS) Espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS) Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS) Espectrofotometría de absorción atómica de

				horno de grafito (GFAAS) Espectrofotometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP MS)
<b>Métodos de determinación de parámetros de calidad en frutas</b>	Independiente	Cuantitativa	La revisión del cumplimiento de los parámetros de calidad en frutas es necesario para garantizar el estado inocuo del producto y preservar la seguridad alimentaria del mismo para su consumo.	PH ACIDEZ TITULABLE SOLIDOS SOLUBLES
<b>Sitios de procesamiento para la toma de las</b>	Independiente	Cualitativa	Los establecimientos participantes para la toma	<b>Sitios para toma de muestras:</b> Establecimiento A

<b>muestras y análisis</b>			de muestras y sitios donde se llevaron a cabo los análisis de laboratorios.	Establecimiento B <b>Sitios para análisis de muestras:</b> Universidad del Atlántico Instituto SENA
----------------------------	--	--	---	--

## **7.7 ANALISIS DE RESULTADOS**

Para el análisis de resultados se empleó un estudio estadístico descriptivo, en el cual se tomó una muestra representativa en cada establecimiento participante, analizando su contenido por triplicado para los parámetros de calidad (pH, acidez titulable, sólidos solubles), así como también por duplicado para la determinación de metales pesados (plomo, zinc, cobre, hierro). Obteniendo a partir de los resultados, el porcentaje de la media (M) y la desviación estándar (D.E) como herramientas de la estadística descriptiva.

## **8. ASPECTOS ÉTICOS**

La presente investigación dispone de un consentimiento informado, así mismo, no conlleva a afectaciones de tipo personal, social, ambiental o religioso; cumpliendo con lo establecido en estudios relacionados y teniendo en cuenta la resolución 8430 de 1993 que define las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

La investigación presentada no ha sido financiada total o parcialmente por alguna entidad con intereses económicos o segundas intenciones relacionadas al comercio o su beneficio propio. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

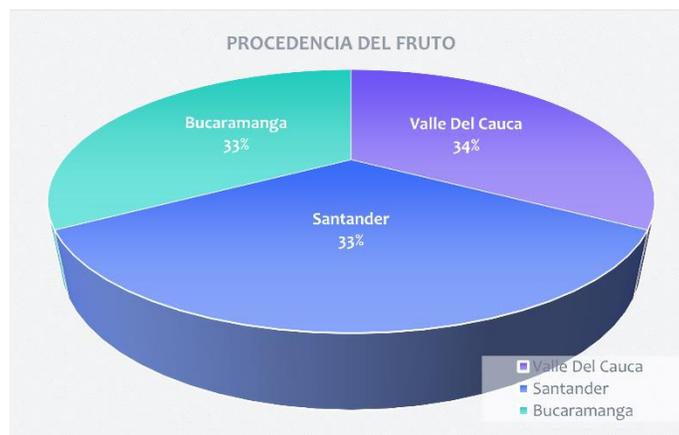
## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso investigativo obtuvo los siguientes resultados:

- **Identificar las características de calidad del producto a través del análisis de las condiciones fisicoquímicas de las pulpas a estudiar (pH, acidez y sólidos solubles).**

Como primera medida durante la visita de inspección y toma de muestras en los establecimientos participantes, se realizó el diligenciamiento del formulario de recolección de datos. Los datos obtenidos por cada establecimiento se evidencian en las siguientes imágenes gráficas:

**GRÁFICA 1. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PROCEDENCIA DEL FRUTO**



**GRÁFICA 2. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ EN TIPO DE CULTIVO**



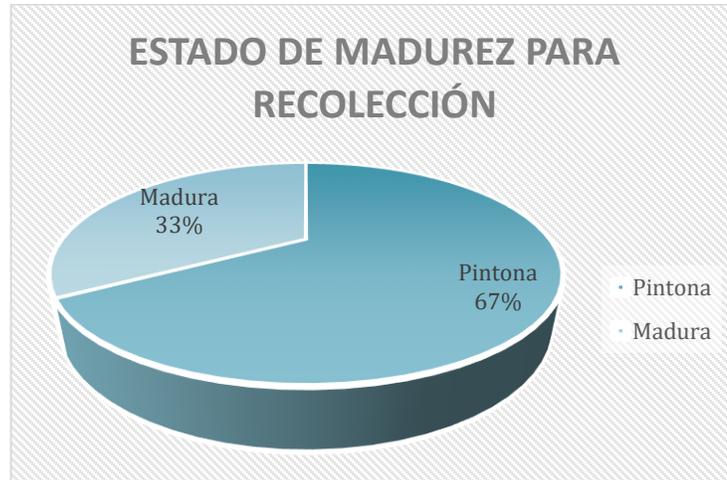
**GRÁFICA 3. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SOBRE PRESENCIA DE PLAGAS**



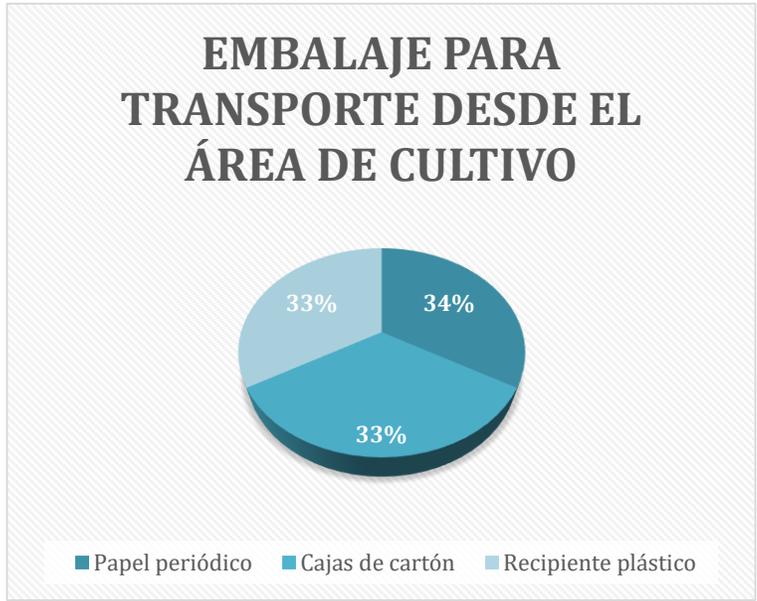
**GRÁFICA 4. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN TIPO DE COSECHA**



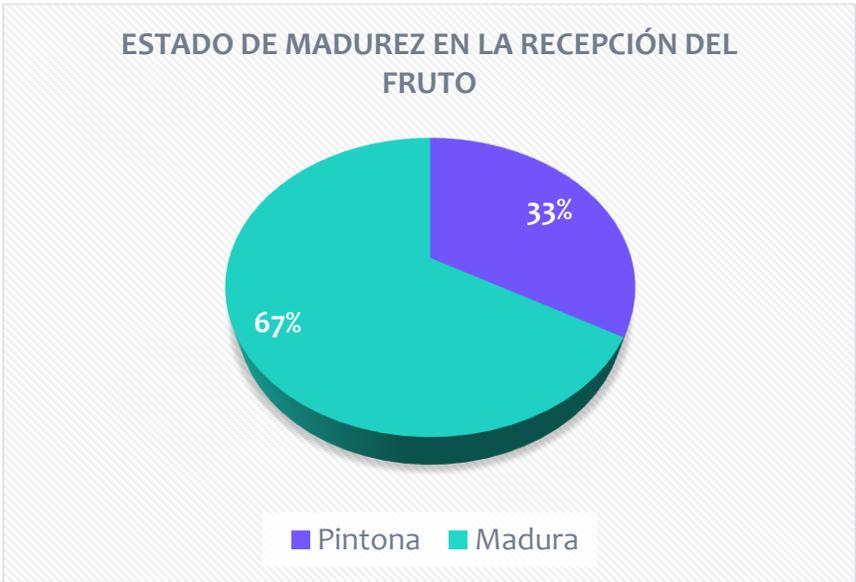
**GRÁFICA 5. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ PARA RECOLECCIÓN**



**GRÁFICA 6. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN EMBALAJE PARA TRANSPORTE DESDE EL ÁREA DE CULTIVO**



**GRÁFICA 7. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN ESTADO DE MADUREZ EN LA RECEPCIÓN DEL FRUTO**



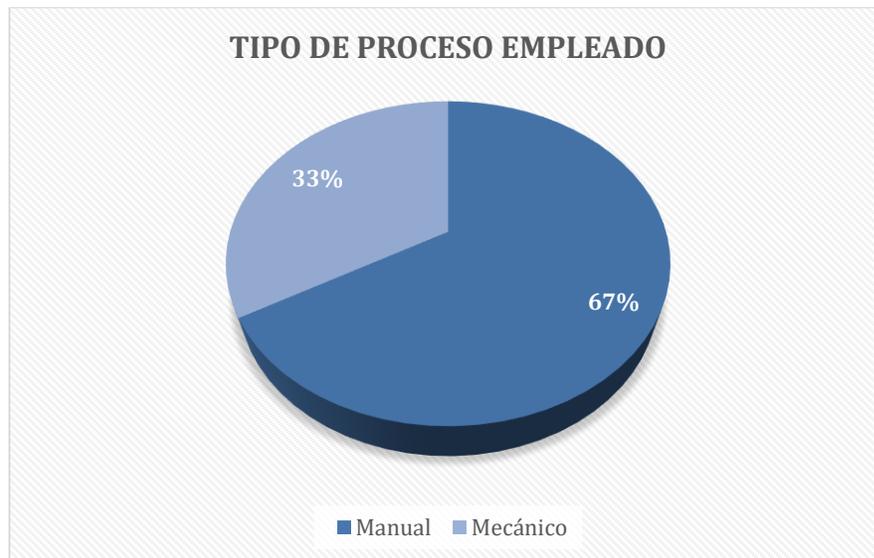
**GRÁFICA 8. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN CLASIFICACIÓN DEL FRUTO PARA PROCESAMIENTO**



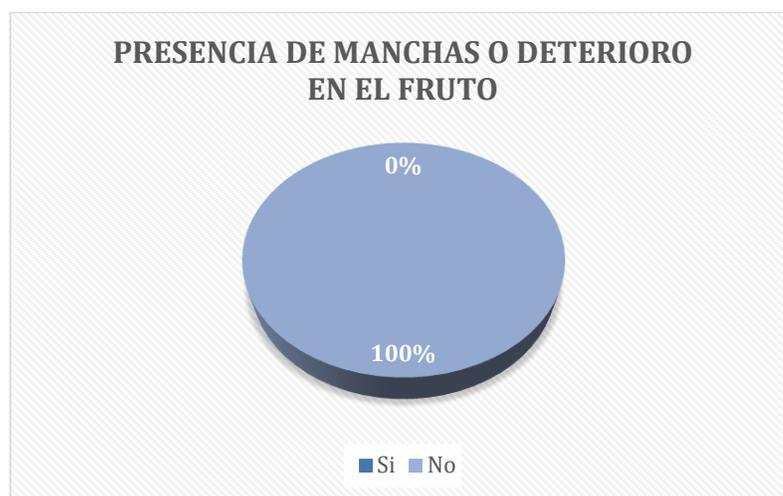
**GRÁFICA 9. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN EMBALAJE PARA ALMACENAMIENTO EN EL ESTABLECIMIENTO**



**GRÁFICA 10. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN TIPO DE PROCESO EMPLEADO**



**GRÁFICA 11. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PRESENCIA DE MANCHAS O DETERIORO EN EL FRUTO**



**GRÁFICA 12. RESULTADOS DE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR DEL FRUTO DE ANNONA MURICATA L. A LOS ESTABLECIMIENTOS PARTICIPANTES SEGÚN PRESENCIA DE MANCHAS O DETERIORO EN EL FRUTO**

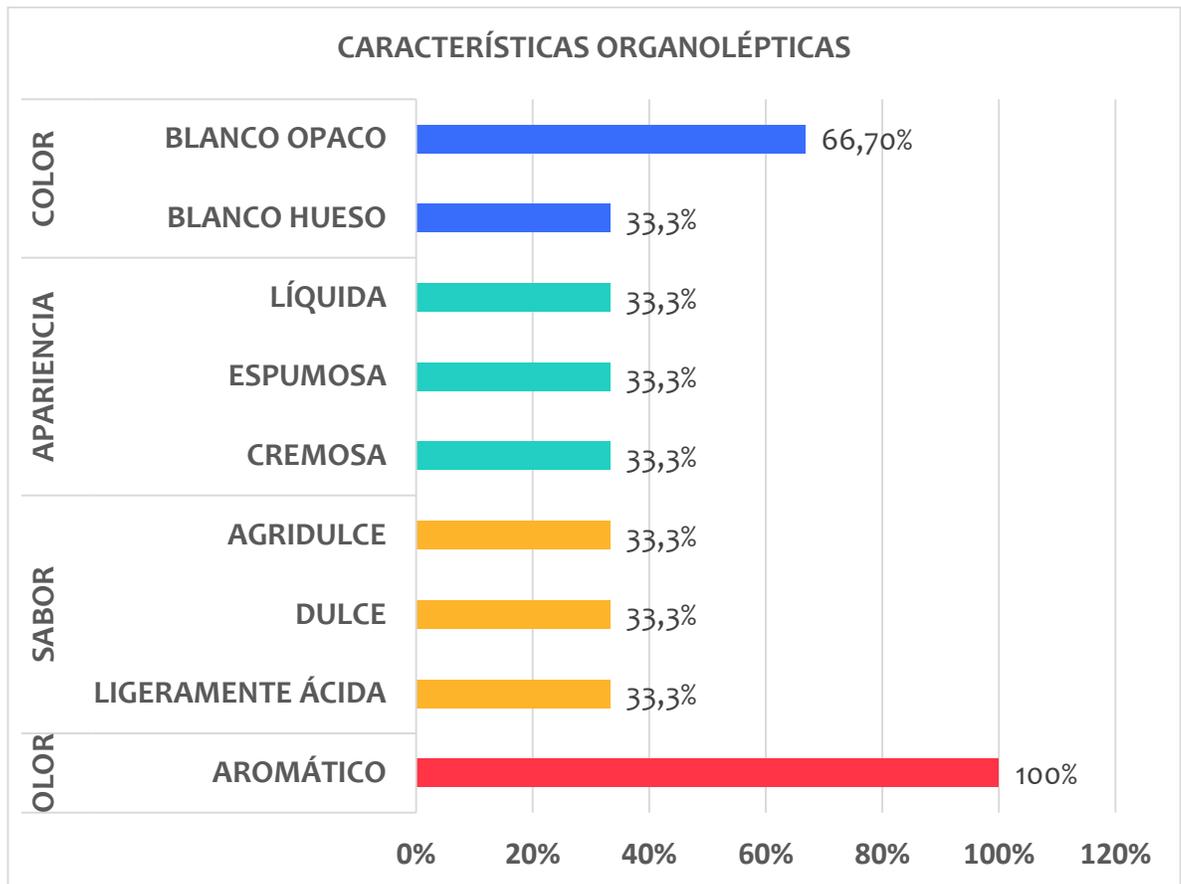


Dentro de los aspectos generales empleados en el instrumento de recolección de datos y durante la inspección visual en los establecimientos se logró percibir la necesidad del contacto directo que se tuvo con cada sitio participante para la verificación de los datos aquí diligenciados y la relación que se obtuvo de estos con los análisis de los parámetros de calidad y minerales a determinar posteriormente, así como la falta de información en algunos aspectos relevantes del formato por parte de los proveedores, con los cuales no se alcanzó un contacto directo, esto se denota al disponer en los datos del proveedor, la ausencia de dos de los ítems dispuestos y en las gráficas del establecimiento se obtuvo la información completa por parte de los administradores de los establecimientos. Gracias a que cada ítem o aspecto a evaluar se presentó de manera eficaz, no se presentaron imprevistos al momento de la toma de información por falta de claridad o manejo del tiempo, así como también en la fase de toma de muestras.

A lo largo del proceso de recolección y análisis en esta investigación se realizó así mismo, la clasificación de las características organolépticas percibidas de las

muestras brindadas por cada establecimiento. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

**GRAFICA 13. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LAS PULPAS DE ANNONA MURICATA L. ANALIZADAS**



Como se puede apreciar en la gráfica anterior, las características organolépticas de los establecimientos se encuentran dentro de las características habituales en el caso de las muestras de pulpa en estado de maduración pintona y madura de *Annona muricata* L. analizadas. Dado que si bien es cierto el sabor en estas frutas tropicales dependerá del grado de madurez que esta pueda presentar, siendo el caso del establecimiento C, en el cual como se aprecia dentro de la tabla 6, se

procesa en un estado maduro, estado en el que se genera el desdoble de los almidones, convirtiéndose estos en azúcares lo que por ende le otorga mayor dulzor a la muestra analizada. En cuanto al olor y color de las muestras de pulpa de *Annona muricata* L. utilizadas en este análisis, se evidencia que se encuentran en similitud al descrito por Paitan-Anticona (2022) en un estudio donde describe que las pulpas de *Annona muricata* L. presentan un color blanco cremoso, variando solo en conceptualización con el ya descrito en esta investigación.

La procedencia de los frutos de *Annona muricata* L. también influye en el resultado que dispone cada una de las muestras analizadas en las características organolépticas, ya que al ser provenientes de los Santanderes y del Valle del Cauca, disponen de un estado de acidez mayor, por consiguiente alcanza mucho más tiempo de conservación, razón por la que los establecimientos participantes buscan proveedores en estas zonas lejanas y no provenientes del Atlántico ya que se obtiene un fruto dulce al cual si se le llegase a adicionar azúcar como conservante, dejaría un sabor mucho más dulce y marcado, siendo no tan aceptado en el mercado y lo que puede ser una desventaja por lo que adicionalmente se reduce el tiempo de conservación y aprovechamiento de las pulpas.

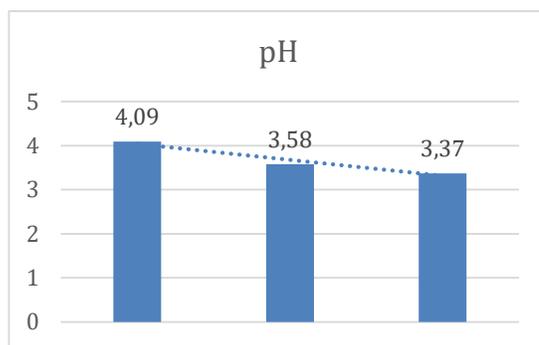
Dicho lo anterior en el caso del establecimiento A y B, se guarda una estrecha relación con la procedencia de su fruto y estado de madurez en el recibo de este para procesamiento, al provenir de zonas donde se alcanza un estado de acidez óptimo para su conservación, evidenciándose en el sabor agrídulce y ligeramente ácido aquí presentes, así como en los porcentajes de acidez expuestos anteriormente.

La consistencia en la pulpa de *Annona muricata* L. puede presentar variaciones, ya sea por los ingredientes adicionados en el procesamiento o por la aplicación de alguna técnica. En el caso de las pulpas analizadas hubo una variación en la consistencia de la pulpa del establecimiento B encontrándose esta en un estado espumoso, esto debido a la agitación dada por el procesamiento en la licuadora del fruto para la obtención de su producto final, licuando una primera parte de la pulpa

y mezclándola con el resto de pulpa en el momento de la venta, logrando un aspecto espumoso, atractivo a la vista.

Para brindar continuidad al alcance de este objetivo se realizaron una serie de análisis que buscaron evaluar la calidad de las pulpas seleccionadas, este análisis fue realizado por triplicado en cada una de las muestras de los establecimientos participantes. En las gráficas a continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada parámetro de calidad que se tuvo en cuenta para esta investigación (pH, acidez, solidos solubles) siguiendo el orden por establecimientos A, B y C.

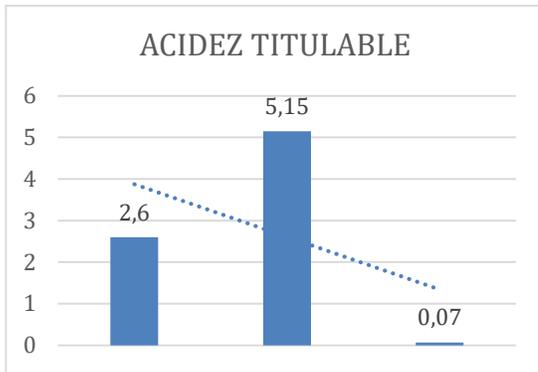
**GRAFICA 14. ANÁLISIS DE PH EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.**



Res. 3929 del 2013

Máx. 4 en pulpas azucaradas

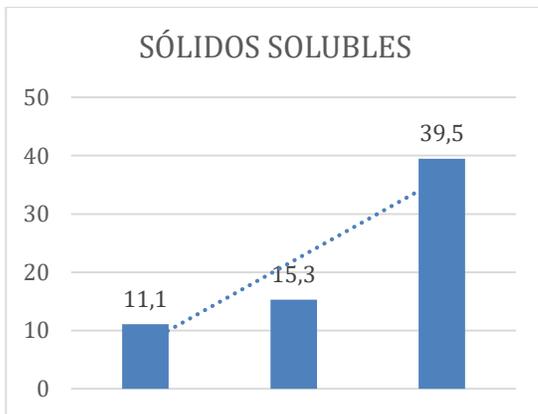
**GRAFICA 15. ANÁLISIS DE ACIDEZ TITULABLE EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.**



Res. 3929 del 2013

Mín. 0,5% en ácido cítrico

**GRAFICA 16. ANÁLISIS DE SOLIDOS SOLUBLES EN MUESTRAS DE PULPA DE ANNONA MURICATA L.**



Res. 3929 del 2013

Mín. 13 °Brix en pulpas naturales

Mín. 40 °Brix en pulpas con adición de azúcar

Teniendo en cuenta los resultados presentados, se aprecia la media de los niveles de acidez en las muestras de 0,07% al 5,15%. Según la resolución 3929 del 2013, se establece el parámetro de acidez titulable para pulpa de guanábana en un mínimo de 0,5% en ácido cítrico, por lo que se determina que los niveles de las muestras analizadas de los establecimientos A y B están por encima de lo instaurado.

Se denota, que el nivel de pH en las muestras analizadas tiene un mínimo de 3.37% y un máximo de 4.09% según la media, lo que avala por una parte a la resolución 3929 del 2013, siendo el requisito fisicoquímico de pH para pulpas azucaradas de

máximo 4, lo cual coincide con el establecimiento B y C en cada una de las muestras, por otro el establecimiento A obtiene el resultado más elevado, lo que coincide con las características organolépticas analizadas con anterioridad (ver tabla 6) las cuales son propias de la *Annona muricata* L. ya que en ella se destacan aspectos como el sabor y olor de la pulpa.

En las muestras evaluadas, los sólidos solubles se mantuvieron entre 11,1°Brix y 39,5°Brix de acuerdo con la media, siendo el establecimiento C el que contiene el valor más elevado, lo que puede atribuirse a la adición de azúcar como conservante en la misma. La resolución 3929 del 2013 estableció los niveles mínimos de grados brix en pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) con adición de azúcar en los 40° Brix, a diferencia de las pulpas de frutas naturales delimitadas como mínimo a los 13,0° Brix. Cabe mencionar que los resultados expresados en los sólidos solubles y la acidez de las muestras están sujetas al estado de maduración de la pulpa y a los cambios fisiológicos presentados postcosecha. El cultivo de *Annona muricata* L. es propio de los climas cálidos, no obstante, se detectó que en estos establecimientos participantes se obtienen las frutas de otros departamentos del centro del país, debido a que los administradores conceptúan que la fruta en el Atlántico debido a las condiciones agroclimáticas de la región caribe colombiana es dulce y necesita de una adición de azúcar para su conservación lo que hace que tiendan a seleccionar proveedores de zonas lejanas.

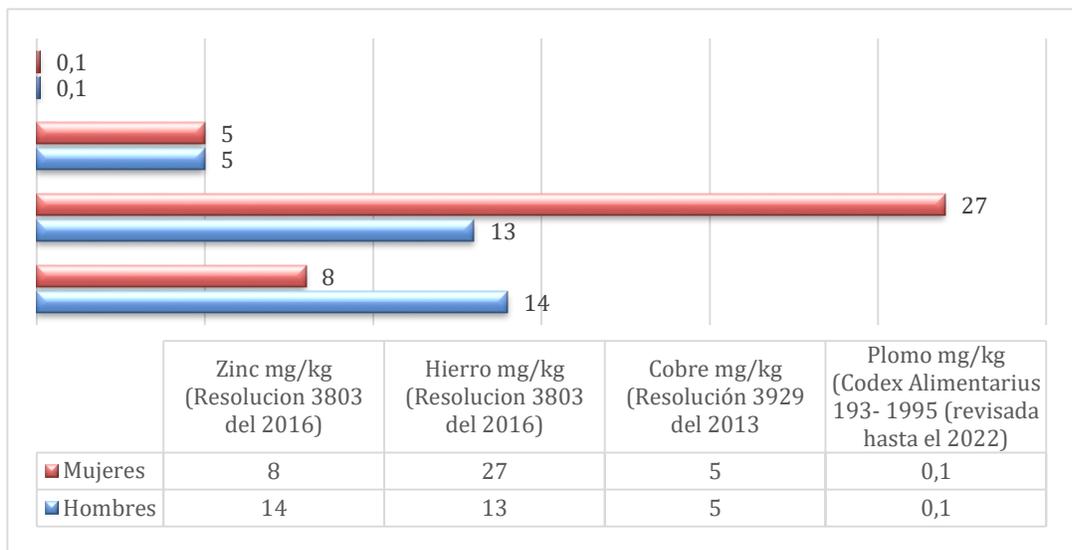
Es de importancia señalar que al adicionar azúcar a las muestras de *Annona muricata* L. estas alcanzan un mayor porcentaje de grados Brix, siendo el caso del establecimiento C, el cual además de haberse recibido en un estado maduro en el momento de su procesamiento tuvo una adición de azúcar por lo que en consecuencia al tener almidones desdoblados en azúcares y azúcares añadidos como conservantes, las muestras a analizar obtuvieron un porcentaje mayor respecto a los otros establecimientos con 39.5°brix. En el artículo de Jiménez-Zurita et al. (2017) constata irregularidades en el estándar respiratorio del fruto de *Annona*

*muricata* L., por lo que puede verse afectada la calidad de la pulpa y el tiempo para su aprovechamiento.

- **Determinar el contenido de minerales más comunes en las pulpas de guanábana (*Annona muricata* L.) objeto de estudio.**

Existen factores que influyen en el contenido de minerales de un alimento, como las características del suelo en donde se es cultivado, la proveniencia del agua de riego durante la cosecha, así como la presencia de plagas y uso por consiguiente de plaguicidas. En esta investigación se realizó la determinación del contenido de los minerales más comunes en las muestras de pulpa de *Annona muricata* L. como lo son el plomo, cobre, zinc y hierro. Es importante señalar que para que un mineral se considere un metal pesado, este debe encontrarse por encima de los valores máximos permisibles según las normativas existentes y recomendaciones de ingesta nutricionales. Por lo anterior se tuvo en cuenta para esta investigación las resoluciones 3929 del 2013, 3803 del 2016 y el Codex Alimentarius con sus recomendaciones de ingesta para los minerales analizados (ver gráfica 17).

- **GRAFICA 17. RECOMENDACIONES DE INGESTA MÁXIMA DE MINERALES PARA LA POBLACIÓN COLOMBIANA.**

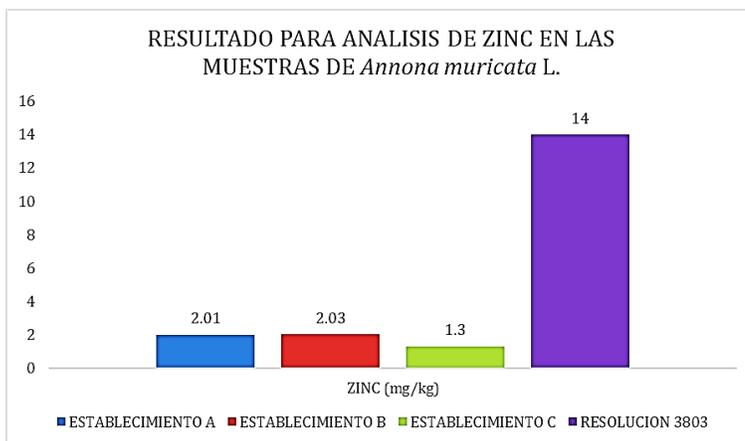


Cada una de estas recomendaciones sirvieron para verificar y determinar si había presencia alguna de metales pesados en las muestras de pulpa de *Annona muricata* L. analizadas.

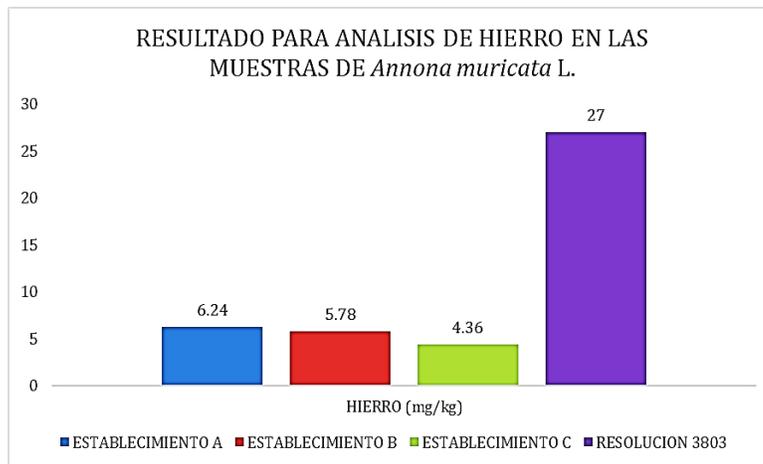
- **Establecer la presencia de metales pesados en pulpa de *Annona muricata* L. de acuerdo con las resoluciones 3929 del 2013 y 3803 del 2016.**

En la siguientes graficas se aprecian los resultados obtenidos en los 3 establecimientos participantes en el análisis de minerales y detección de metales pesados:

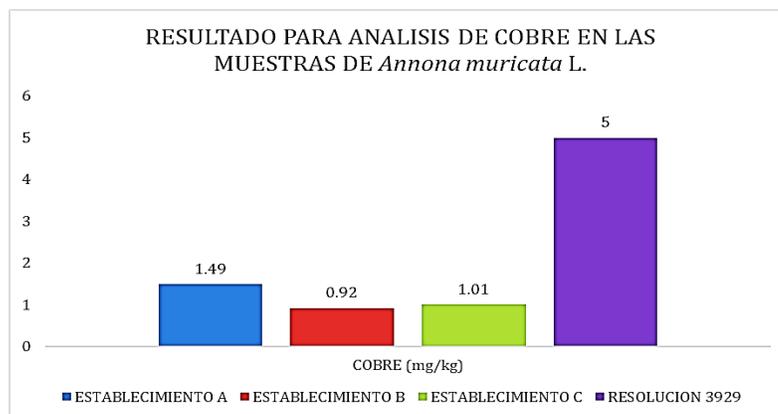
**GRAFICA 18. ANÁLISIS DE ZINC EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.**



**GRAFICA 19. ANÁLISIS DE HIERRO EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.**



**GRAFICA 20. ANÁLISIS DE COBRE EN MUESTRAS DE PULPA DE *ANNONA MURICATA* L.**



**Resultado para análisis de plomo en las muestras de *Annona muricata* L.:** No detectable en todas las muestras

Teniendo en cuenta el análisis realizado se confirma la presencia de plomo en las muestras de todos los establecimientos (A, B, C), lo que otorga mayor calidad en su consumo. Cabe resaltar que el límite máximo permisible de plomo para frutas es de <0,1mg/kg según el Codex Alimentarius 193- 1995, el cual ha sido revisado hasta el 2022.

En el análisis del nivel de zinc en las muestras, se evidencia que cada uno de los establecimientos participantes se encuentran dentro de los parámetros permisibles

según la RDA: 8-14mg/día en adultos sanos dependiendo claro del género (**ver tabla 3**). Los resultados obtenidos de la cuantificación del cobre presentan valores muy por debajo del límite máximo permisible por lo que se puede establecer el cumplimiento de la resolución 3929 del 2013, en la cual se encuentra un valor para este contaminante en 5,0 mg/Kg.

La resolución 3803 del 2016 (RIEN) describe que los niveles de ingesta permisible de hierro van desde los 13-27 mg/kg de acuerdo con el género para adultos sanos; entre otras normativas, la resolución 3929 del 2013 establece el límite permisible de hierro en frutas hasta 15 mg/Kg, por lo que los resultados encontrados en la cuantificación del hierro en las muestras de los 3 establecimientos participantes no infringen ninguno de los límites presentes en estas normativas.

Con relación al establecimiento de la presencia de metales pesados analizados en la pulpa de *Annona muricata* L. del Distrito de Barranquilla, es grato brindar por medio de los resultados aquí presentes, el cumplimiento de los límites permisibles y de los requerimientos nutricionales fijados a nivel nacional por las resoluciones 3929 del 2013 y la 3803 del 2016 para pulpa de fruta, así como el Codex Alimentarius, dejando en claro que no se consideran a los minerales analizados (Plomo, Cobre, Hierro y Zinc) agentes contaminantes que puedan resultar tóxicos al consumo humano. No obstante, se resalta la importancia del seguimiento de estos compuestos tóxicos en la industria de alimentos por la capacidad de bioacumulación que poseen y los distintos perjuicios que pueden causar en el estado de salud.

- **Fortalecer las líneas de procesos y mecanismos de control de los establecimientos presentes, con los estándares normativos colombianos a través de la entrega de un informe final.**

Se realiza en pos de la investigación una capacitación a los establecimientos participantes con la intervención y competencia de los aliados de este macroproyecto como lo son la Gobernación del Atlántico, el SENA y la Universidad

Libre. Con el fin de crear conciencia sobre la importancia de la interrelación con los proveedores del fruto de *Annona muricata* L. para estar al tanto de los procesos y medidas que ejercen antes, durante y después del proceso de cultivo para garantizar la calidad de este. Así mismo brindar conocimiento sobre los mecanismos de control que puedan implementar para prevenir la contaminación por estos metales en cada establecimiento.

## **10. CONCLUSIONES**

En conclusión, por medio de los resultados obtenidos se reconocen los indicadores que pueden ser susceptibles al incumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en la resolución 3929 del 2013 debido a las condiciones y procesos que implican la comercialización de este producto, pudiendo representar un riesgo para el mantenimiento de la inocuidad del alimento y para la salud del consumidor. Así mismo es agradable dar a conocer con los resultados obtenidos sobre la cuantificación de minerales como el plomo, cobre, hierro y zinc, la verificación de que en las concentraciones encontradas en la pulpa de *Annona muricata* L. se cumple a cabalidad con los límites permisibles establecidos por la normativa colombiana, ya que al no situarse por encima de estos márgenes no se consideran metales pesados para este alimento, lo cual suma un mayor interés para la consolidación de la seguridad alimentaria en el distrito de Barranquilla.

## **11. RECOMENDACIONES**

Este es un estudio muy importante para la academia, se considera que el estudio e investigación de las características de fisicoquímicas y determinación de metales pesados en alimentos, contribuye a preservar la seguridad alimentaria y nutricional en la población colombiana. La investigación realizada aumenta la relevancia de continuar desarrollando análisis en el área de ciencia y tecnología de alimentos, según la línea de investigación de la caracterización fisicoquímica y del valor nutricional de los alimentos teniendo en cuenta la existencia de los limitantes obtenidos en el tamaño muestral en el distrito de Barranquilla, de manera que a futuro se brinde continuación a este estudio con un mayor número de muestras que abarquen no solo el distrito sino también el área Metropolitana de Barranquilla.

Viendo la importancia de este estudio, se recomienda la continuidad de estudios que abarquen esta área y línea de investigación tan importantes para la valoración nutricional y determinación fisicoquímica en alimentos. Es indispensable además realizar seguimiento a establecimientos de mayor alcance como Granabastos, el cual es una de las principales fuentes de ingreso de alimentos en el distrito de Barranquilla.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. (2020). Estadísticas home. Recuperado el 27 de abril de 2022, de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=1>
- Aguilar-Hernández, G., García-Magaña, M., Vivar-Vera, M., Sáyago-Ayerdi, S., Sánchez-Burgos, J., Morales-Castro, J., Anaya-Esparza, L., & Montalvo González, E. (2019). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from *Annona muricata* By-Products and Pulp. *Molecules*, 24(5), 904. <https://doi.org/10.3390/molecules24050904>
- Aliasgharpour, M. (2020). Trace Elements in Human Nutrition (II) - An update. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*, 11, 2. [https://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm\\_48\\_19](https://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm_48_19)
- Andres Eloy Leon Fernandez , Eva Noemi Obledo-Vazques , Maria De Los Angeles Vivar-Vera , Sonia Guadalupe Sayago Ayerdi , Efigenia Montalvo-Gonzalez. (2017). SCIENTIFIC COMMUNICATION EVALUATION OF EMERGING METHODS ON THE POLYPHENOL CONTENT, ANTIOXIDANT CAPACITY AND QUALITATIVE PRESENCE OF ACETOGENINS IN SOURSOP PULP (*Annona muricata* L.) *Rev. Bras. Frutic.*, v. 39, n. Spe., (e-358). Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/0100-29452017358>
- Atasoy, M. (2023). Development of a new sensitive method for lead determination by Platinum-Coated Tungsten-Coil hydride Generation atomic Absorption spectrometry. *ACS omega*, 8(25), 22866-22875. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c01856>
- Azizi-Lalabadi, M., Moghaddam, N. R., & Jafari, S. M. (2023). *Pasteurization in the food industry. In Thermal Processing of Food Products by Steam and Hot Water (pp. 247-273). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818616-9.00009-2*
- Bacha, S. A. S., Li, Y., Nie, J., Xu, G., Han, L., & Farooq, S. (2023). Comprehensive review on patulin and *Alternaria* toxins in fruit and derived products. *Frontiers in plant science*, 14, 1139757. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1139757>

- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R., & Sadeghi, M. (2021). Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Basak, J. K., Madhavi, B. G. K., Paudel, B., Kim, N. E., & Kim, H. T. (2022). Prediction of total soluble solids and pH of strawberry fruits using RGB, HSV and HSL colour spaces and machine learning models. *Foods*, 11(14), 2086. <https://doi.org/10.3390/foods11142086>
- Bernard, Tiencheu., Agbor, Claudia, Egbe., Aduni, Ufuan, Achidi., Noel, Tenyang., Eurydice, Flore, Tiepma, Ngongang., Fabrice, Tonfack, Djikeng., Bertrand, Tatsinkou, Fossi. (2021). Nutritional, Organoleptic and Phytochemical Properties of Soursop (*Annona muricata*) Pulp and Juice after Postharvest Ripening. 15-28. doi: 10.9734/EJNFS/2021/V13I130342
- Bravo, Carlos & Quispe, Liduvina. (2019). METALES PESADOS: FUENTES Y SU TOXICIDAD SOBRE LA SALUD HUMANA. *Ciencias*. 2. 20-36. [10.33326/27066320.2018.1.842](https://doi.org/10.33326/27066320.2018.1.842).
- Bresson, M., Bureau, M., Goff, J. L., Lécluse, Y., Robelot, E., Delamare, J., Baldi, I., & Lebailly, P. (2022). Pesticide Exposure in Fruit-Growers: Comparing levels and determinants assessed under usual conditions of work (CANEPA study) with those predicted by registration process (Agricultural Operator Exposure Model). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4611. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084611>
- Cajamarca, X., Arias, G., & Ortiz, P. (2019). Análisis de las Características Organolépticas de la Guanábana y la Chirimoya para la aplicación de técnicas y modos de cocción en recetas de sal y dulce. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31862/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Carbajal, Á. (2013). *Manual de nutrición y dietética*. Universidad Complutense de Madrid.

- Chang LS, Karim R, Sabo Mohammed A, Mohd Ghazali H. Characterization of enzyme-liquefied soursop (*Annona muricata* L.) puree LWT.. 2018 Aug;94:40-49. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.04.027.
- CORREA GORDILLO, J., ORTIZ, D., LARRAHONDO, JE, SÁNCHEZ MEJÍA, M., & PACHÓN, H. (2012). Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 11 (2),111-126.[fecha de Consulta 27 de Julio de 2023]. ISSN: 0717-7917. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85622734002>
- Cuello Pérez, M., Jaramillo García, G. katerine, Canchingre Bone, E., Pérez Parra, J. C., Castro Rosero, C., & Cabrera Blanco, O. (2017). Determinación de componentes nutricionales presentes en las hojas secas de *Annona muricata* L. (Guanábana). Cumbres, 3(1), 09-16.
- DANE. (2020). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-portema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- Dini Sri Damayanti, Didik Huswo Utomo, Chandra Kusuma (2016). Revealing the potency of *Annona muricata* leaves extract as FOXO1 inhibitor for diabetes mellitus treatment through computational study. In Silico Pharmacology, 5(1), -. doi:10.1007/s40203-017-0023-3
- Escárte, P., Farías, G., Naranjo, P., & Zóffoli, J. P. (2022). Estimation of soluble solids for stone fruit varieties based on Near-Infrared Spectra using machine learning techniques. Sensors, 22(16), 6081. <https://doi.org/10.3390/s22166081>
- EVALUACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) PARA EL DESARROLLO DE BASES AROMÁTICAS CON APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS <https://1library.co/article/guan%C3%A1bana-generalidades-revisi%C3%B3n-bibliogr%C3%A1fica.y6935r7y>

- Flórez-García, V., Guevara-Romero, E., Hawkins, M., Bautista, L. E., Jenson, T. E., Yu, J. S., & Kalkbrenner, A. E. (2023). Cadmium exposure and risk of breast cancer: A Meta-analysis. *Environmental Research*, 219, 115109. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115109>
- Fu, Z., & Shi, X. (2019). The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 30(3), 167-176. <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>
- Galusha, A. L., Haig, A. C., Bloom, M. S., Kruger, P. C., McGough, A., Lenhart, N., Wong, R. S. Y., Fujimoto, V. Y., Mok-Lin, E., & Parsons, P. J. (2019). Ultra-trace element analysis of human follicular fluid by ICP-MS/MS: pre-analytical challenges, contamination control, and matrix effects. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 34(4), 741-752. <https://doi.org/10.1039/c8ja00423d>
- Gavin, C., Barzallo, D., Vera, H., & Lazo, R. (2021). Revisión bibliográfica: Etileno en poscosecha, tecnologías para su manejo y control. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 163-178. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.179>
- González Yépez, R. (2018). Introducción a la toxicología de los alimentos: una perspectiva global. *Calidad, Tecnología Y Desarrollo Agroindustrial*, 2, 37 - 55. Recuperado a partir de <https://revistas.uclave.org/index.php/catedea/article/view/903>
- Gur, L., Reuveni, M., & Cohen, Y. (2021).  $\beta$ -Aminobutyric Acid Induced Resistance against Alternaria Fruit Rot in Apple Fruits. *Journal of Fungi*, 7(7), 564. <https://doi.org/10.3390/jof7070564>
- Haskell-Ramsay, C., & Docherty, S. (2023). Role of fruit and vegetables in sustaining healthy cognitive function: Evidence and issues. *Proceedings of the Nutrition Society*, 82(3), 305-314. doi:10.1017/S0029665123002999
- Hexavalent chromium (Contaminants). (2019). *Food safety*, 7(2), 56-57. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.d-1900002>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF] & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). Guías

Alimentarias Basadas en Alimentos para la Población Colombiana Mayor de 2 Años: GABAS. Gobierno de Colombia. <https://www.icbf.gov.co/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos-para-la-poblacion-colombiana-mayor-de-2-anos>

- Janik, E., Niemcewicz, M., Ceremuga, M., Stela, M., Saluk-Bijak, J., Siadkowski, A., & Bijak, M. (2020). Molecular aspects of Mycotoxins—A serious problem for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 8187. <https://doi.org/10.3390/ijms21218187>
- Jiménez, Víctor M.; Gruschwitz, Maiké; Schweiggert, Ralf M.; Carle, Reinhold; Esquivel, Patricia (2014). *Identification of phenolic compounds in soursop (Annona muricata) pulp by high-performance liquid chromatography with diode array and electrospray ionization mass spectrometric detection. Food Research International*, 65(), 42–46. doi:10.1016/j.foodres.2014.05.051
- Jiménez-Zurita, J.O., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Juárez-López, P., Sumaya-Martínez, M.T., & Bello-Lara, J.E. (2017). Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. Recuperado de: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:193645633>
- Jiménez-Zurita, J.O., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Juárez-López, P., Jiménez-Ruíz, E.I., Sumaya-Martínez, M.T., & Bello-Lara, J.E. (2017). Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.) en Nayarit, México. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n5/2007-0934-remexca-8-05-1155.pdf>
- Juliana Maria de Mello Andrade, Daniel Fasolo, Chapter 20 - Polyphenol Antioxidants from Natural Sources and Contribution to Health Promotion, Academic Press, 2014, Pages 253-265, ISBN 9780123984562. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00020-7>

- Kaushik, Saha., Mohit, Kumar. (2022). review on phytochemical and pharmacological properties of annona muricata. International Journal of Health Sciences (IJHS), 7266-7275. doi: 10.53730/ijhs.v6ns4.10164
- Kovač, M., Bulaić, M., Jakovljević, J., Nevistić, A., Rot, T., Kovač, T., Šarkanj, I. D., & Šarkanj, B. (2021). Mycotoxins, pesticide residues, and Heavy Metals Analysis of Croatian cereals. Microorganisms, 9(2), 216. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020216>
- Krumreich, Fernanda & Corrêa, Ana & Nachtigal, Jair & Buss, Gerson & Rutz, Josiane & Crizel-Cardozo, Michele & Jansen, Cristina & Zambiasi, Rui. (2018). Stabilization of guava nectar with hydrocolloids and pectinases. Polímeros. 28. 10.1590/0104-1428.04916.
- Lee Sin Chang, Roselina Karim, Sabo Mohammed Abdulkarim, Yus Aniza Yusof & Hasanah Mohd Ghazali (2018) Storage stability, color kinetics and morphology of spray-dried soursop (*Annona muricata* L.) powder: effect of anticaking agents, International Journal of Food Properties, 21:1, 1937-1954, DOI: 10.1080/10942912.2018.1510836
- León Méndez, G., Granados Conde, C., & Osorio Fortich, M. (2016). Caracterización de la pulpa de *Annona Muricata* L. cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar - Colombia. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 21(4). Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v21n4/pla12416.pdf>
- Lin BW, Gong CC, Song HF, Cui YY. Effects of anthocyanins on the prevention and treatment of cancer. Br J Pharmacol. 2017 Jun;174(11):1226-1243. doi: 10.1111/bph.13627. Epub 2016 Oct 25. PMID: 27646173; PMCID: PMC5429338.
- Lizarazo, M. F., Herrera, C. D., Celis, C., Ospina, L. M. P., Teherán, A. A., Piñeros, L. G., Forero, S. P., Velandia, J. R., Díaz, F. E., Andrade, W. A., & Rodriguez, O. E. (2020). Contamination of staple crops by heavy metals in Sibaté, Colombia. Heliyon, 6(7), e04212. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04212>

- Machate, D. J., De Pádua Melo, E. S., Arakaki, D. G., De Cássia Avellaneda Guimarães, R., Hiane, P. A., Bogo, D., Pott, A., & Nascimento, V. A. D. (2021). High concentration of heavy metal and metalloid levels in edible *Campomanesia adamantium* pulp from anthropic areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5503. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115503>
- Mahecha-Pulido, Juan D., Trujillo-González, Juan M., & Torres-Mora, Marco A.. (2017). Análisis de estudios en metales pesados en zonas agrícolas de Colombia. *ORINOQUIA*, 21 (Supl.1),83-93. <https://doi.org/10.22579/20112629.434>
- Márquez Cardozo, Carlos Julio, Villacorta Lozano, Verónica, Yepes Betancur, Diana Paola, Ciro Velásquez, Héctor José, & Cartagena Valenzuela, José Régulo. (2012). Physiological and Physico-Chemical Characterization of the Soursop Fruit (*Annona muricata* L. cv. Elita). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6477-6486. Retrieved September 11, 2023, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472012000100018&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000100018&lng=en&tlng=en).
- Mendoza-Méndez, O. ., Palacios-De-la-Cruz, A. ., Salinas-Mata, H. ., Sarmiento-Vilela, K. ., & Paucar-Menacho, L. M. . (2022). Guanábana (*Annona muricata* L): Origen, características, cosecha, Postcosecha, actividad antioxidante, actividad antiinflamatoria y beneficios para la salud. *Agroindustrial Science*, 12(1), 123-129. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.14>
- Minciencias. (2016, 11 septiembre). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo. [Minciencias.gov.co](https://minciencias.gov.co). Recuperado el 27 de abril de 2022, de [https://minciencias.gov.co/sala\\_de\\_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo#:~:text=El%20pa%C3%ADs%20ocupa%20el%20segundo,la%20diversidad%20de%20sus%20ecosistemas](https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo#:~:text=El%20pa%C3%ADs%20ocupa%20el%20segundo,la%20diversidad%20de%20sus%20ecosistemas)

- Paitan-Anticono, Elizabeth, Marmolejo-Gutarra, Doris, Marmolejo-Gutarra, Karina, Sotelo-Méndez, Alejandrina, & Cueva-Ríos, María. (2022). Caracterización de la composición físico química de pulpas de tres ecotipos de guanábana (*Annona muricata* L.) y obtención de néctar con lactosuero. *Tecnología Química*, 42(3), 453-473. Epub 15 de octubre de 2022. Recuperado en 02 de febrero de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852022000300453&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000300453&lng=es&tlng=es).
- Perrelli, M., Wu, R., Liu, D. J., Lucchini, R. G., Del Bosque-Plata, L., Vergare, M. J., Akhter, M. P., Ott, J., & Gragnoli, C. (2022). Heavy metals as risk factors for human diseases - A Bayesian Network Approach. *PubMed*, 26(24), 9275-9310. [https://doi.org/10.26355/eurrev\\_202212\\_30681](https://doi.org/10.26355/eurrev_202212_30681)
- Prusky, D., & Romanazzi, G. (2023). Induced resistance in fruit and vegetables: a host physiological response limiting postharvest disease development. *Annual Review of Phytopathology*, 61(1), 279-300. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021722-035135>
- Quinde Sanchez, Livingston Gregorio (2018). Determinación del grado de contaminación por presencia de metales pesados en suelos, raíces, hojas y frutas en plantas de banano debido al uso de agroquímicos en una finca ubicada en la provincia de los ríos.. Trabajo final para la obtención del título: MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES Espol FCNM, Guayaquil. 62p. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/45972>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rusin M, Domagalska J, Rogala D, Razzaghi M, Szymala I. Concentration of cadmium and lead in vegetables and fruits. *Sci Rep*. 2021 Jun 7;11(1):11913. doi: 10.1038/s41598-021-91554-z. PMID: 34099845; PMCID: PMC8184968.

- Somaris, E., Quintana., A., Pardo., S., Castellon., R., E., Gonzalez-Cuello., Luis, A., García-Zapateiro. (2017). Viscous characterization of soursop (*Annona muricata*) jam with blend of hydrocolloids. *Contemporary engineering sciences*, 11(26):1269-1277. doi: 10.12988/CES.2018.83120
- Sosa Crespo, I., Pareja Aguiñaga, JA, Mugarte Moguel, AJ, Chel Guerrero, LA, & Betancur Ancona, DA (2022). Propiedades, beneficios y efectos de la guanábana (*Annona muricata* L.) sobre la glucemia y el cáncer. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* , 9 (2), 86–101. <https://doi.org/10.23850/24220582.4976>
- Sun, Q., Cui, X., Wang, Y., Zhang, P., & Lü, W. (2022). Comparison studies on several ligands used in determination of Cd(II) in rice by flame atomic absorption spectrometry after Ultrasound-Assisted dispersive Liquid–Liquid microextraction. *Molecules*, 27(3), 590. <https://doi.org/10.3390/molecules27030590>
- Sundus, Ahmed. (2023). The Biological Activity of the *Annona muricata* L Plant. *South Asian research journal of agriculture and fisheries*, 5(03):23-27. doi: 10.36346/sarjaf.2023.v05i03.001
- TEMA No 5(a) DEL PROGRAMA CX/FL 11/39/7 (2011). JUSTIFICACIÓN RESPECTO AL USO DE ETILENO PARA LA MADURACIÓN DE FRUTA (Preparada por el Grupo de Trabajo Electrónico liderado por Ghana)
- Tsegay, Z. T. (2020). Total titratable acidity and organic acids of wines produced from cactus pear (*Opuntia-Ficus-indica*) fruit and lantana camara (*L. Camara*) fruit blended fermentation process employed response surface optimization. *Food Science and Nutrition*, 8(8), 4449-4462. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1745>
- Vit, P., Santiago, B. y Pérez-Pérez, EM (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39 (5),350-353 ISSN: 0378-1844. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930879008>

- Yacomelo Hernández, M. (2014). Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia.
- Zhong, L., Carere, J., Lu, Z., Lu, F., & Zhou, T. (2018). Patulin in Apples and Apple-Based Food Products: The burdens and the mitigation Strategies. *Toxins*, 10(11), 475. <https://doi.org/10.3390/toxins10110475>

## 13. ANEXOS

## ANEXO A. FORMATO DE CHEQUEO



PARÁMETROS EMPLEADOS PARA EL  
CULTIVO, MANIPULACIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE LA *ANNONA*  
*MURICATA* L.

FECHA: 12/03/2023

LISTA DE CHEQUEO

VERSIÓN: 001

### IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Razón social:  
Representante legal:  
Responsable a cargo de la visita:

NIT:  
Dirección:  
Correo:

Objetivo de la visita:

ASPECTOS A IDENTIFICAR DURANTE EL PROCESO DE CULTIVO		
PARÁMETRO A EVALUAR	RESULTADOS	
PROCEDENCIA DE LA SEMILLA DE GUANÁBANA	Costa Atlántica	Caldas
	Costa Pacífica	Tolima
	Antioquia	Desconocido
	Otro:	
LOCALIDAD DEL ÁREA DE CULTIVO	Barranquilla	Galapa
	Puerto Colombia	Malambo
	Soledad	Otro:
MÉTODO DE REPRODUCCIÓN EMPLEADO	Sexual por semilla	
	Técnica de injerto	
PROCEDENCIA DE AGUA DE RIEGO	Cauce superficial	Reservorio
	Estación de bombeo	Pozo
	Otro:	
ESTACIÓN DE BOMBEO	Equipo de bombeo fijo	
PRESENCIA DE PLAGAS	Equipo de bombeo móvil	
	Si	No
PLAGA PRESENTE EN	No aplica:	
	Hojas	Flores
	Ramas	Frutos
TIPO DE PLAGUICIDA EMPLEADO	No aplica:	
	Azinfos-Metilo	Clordano
	Bromuro inorgánico	Ninguno
ASPECTOS A IDENTIFICAR DURANTE EL PROCESO DE COSECHA Y SELECCIÓN		
PARÁMETRO A EVALUAR	RESULTADOS	
TIPO DE COSECHA	Manual	
	Mecánica	
ESTADO DE MADUREZ	Fruta verde	
	Fruta pintona	
	Fruta madura	
MÉTODO DE CLASIFICACIÓN EMPLEADO		
ASPECTOS A IDENTIFICAR DURANTE EL TRANSPORTE		
PARÁMETRO A EVALUAR	RESULTADOS	
TIPO DE EMBALAJE EMPLEADO	Papel periódico	Cajas de cartón
	Otro:	
ASPECTOS A IDENTIFICAR DURANTE EL PROCESO DE RECEPCIÓN		
PARÁMETRO A EVALUAR	RESULTADOS	
TIPO DE RECIPIENTE EMPLEADO PARA EL RECIBIDO DE LA FRUTA	Plástico	Metálico
	Cartón	Otro:
	Fruta verde	
GRADO DE MADUREZ DE LA FRUTA AL RECIBIRLA	Fruta pintona	
	Fruta madura	
	Fruta madura	
ASPECTOS A CONSIDERAR PARA ASEGURAR LA CALIDAD E INOCUIDAD DEL PRODUCTO		
PARÁMETRO A EVALUAR	RESULTADOS	
TIPO DE ALMACENAMIENTO EMPLEADO		
PRESENCIA DE MAGULLADURAS EN EL EJEMPLAR DE LA FRUTA EMPLEADA	Si	No
	No aplica:	
PRESENCIA DE MANCHAS EN LA CÁSCARA	Si	No
	No aplica:	
PRESENCIA DE DETERIORO POR PLAGA EN EL EJEMPLAR DE LA FRUTA EMPLEADA	Si	No
	No aplica:	
TÉCNICA EMPLEADA PARA EL CONTROL DE DETERIOTO	Embolsado	Fungicidas
	Otro:	

## ANEXO B. ACTA DE MUESTREO



**ACTA DE MUESTRAS No. \_\_\_\_\_**

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ OBJETO: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Establecimiento: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_ Representante Legal: \_\_\_\_\_  
 Municipio/ Ciudad: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

No. De Orden	Número de muestras	Tamaño de la muestra en gramos	Nombre del alimento	Temperatura en grados centígrados	Observaciones

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

Firman las personas que intervienen en la presente diligencia:

Por parte de la Universidad del Atlántico:

Firma \_\_\_\_\_  
 Nombre \_\_\_\_\_  
 Cargo y entidad \_\_\_\_\_  
 C.C. N° \_\_\_\_\_ de

Por parte del Establecimiento:

Firma \_\_\_\_\_  
 Nombre \_\_\_\_\_  
 Cargo y entidad \_\_\_\_\_  
 C.C. N° \_\_\_\_\_ de

## ANEXO C. CONSENTIMIENTO INFORMADO

### UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO-SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA)-DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA DEPARTAMENTAL-UNIVERSIDAD LIBRE

**Título de la investigación:** COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, CONDICIONES MICROBIOLÓGICAS Y CONTENIDO FENOLES DE DIFERENTES TIPOS DE PULPAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) COMERCIALIZADAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARRANQUILLA

**Objetivo general:** Determinar la composición nutricional, las condiciones microbiológicas y el contenido de fenoles de diferentes tipos de pulpas (industrializadas) de guanábana (*Annona muricata* L.) comercializadas en el área metropolitana de Barranquilla.

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_, identificado(a) con la cédula de ciudadanía N° \_\_\_\_\_ expedida en \_\_\_\_\_, he sido informado(a) acerca del título y objetivo del proyecto de investigación que está desarrollando la Universidad del Atlántico, el SENA, la Secretaría de Salud Pública Departamental y la Universidad Libre y que conozco que en este estudio se realiza la evaluación química, microbiológica y del contenido de fenoles de las pulpas pasteurizadas y sin pasteurizar, que no representará daño alguno a la integridad física y emocional para mí o grupo familiar, tampoco para la actividad que desarrollo en mi institución donde laboro, ni generará costos de ninguna clase. Igualmente me comprometo a recibir los resultados del estudio y una capacitación por parte de las instituciones ejecutoras del proyecto, en contraprestación a la donación de las muestras. La información personal registrada será manejada de manera confidencial, lo cual implica que mis datos personales y los que se derive de la investigación, no serán utilizados más que para los objetivos propios de esta, de acuerdo a la Ley 1581 de 2012 y Decreto 1377 de 2013 de protección de datos personales. Siendo consciente de lo anterior, declaro mi voluntad para participar en este estudio.

\_\_\_\_\_  
Firma del participante

Ciudad: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_ de 2023.

## ANEXO D. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

