



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)  
Balneario Hurtado Vía a Patillal. PBX (57) (5) 5841000 EXT. 1040  
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380  
Valledupar Cesar Colombia

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**CONSERVACION DE LA PULPA DE GUANABANA (*ANNONA MURICATA*)  
UTILIZANDO EL ACEITE ESENCIAL EXTRAIDO DEL LIMONCILLO  
(*CYMBOPOGON CITRATUS*) COMO ANTIOXIDANTE NATURAL.**

**JULIO CESAR AYALA ZAPATA**

**CARLOS DAVID DE LA HOZ FLOREZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2020**

**CONSERVACION DE LA PULPA DE GUANABANA (*ANNONA MURICATA*)  
UTILIZANDO EL ACEITE ESENCIAL EXTRAIDO DEL LIMONCILLO  
(*CYMBOPOGON CITRATUS*) COMO ANTIOXIDANTE NATURAL.**

**JULIO CESAR AYALA ZAPATA  
CARLOS DAVID DE LA HOZ FLOREZ**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero agroindustrial

**Director**

**Ing. JUAN GUILLERMO REALES ALFARO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
VALLEDUPAR – CESAR**

**2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Valledupar / 2020**

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico todo este logro a DIOS, quien fue mi guía en cada uno de mis pasos, a mis padres, a mis hermanos y todos aquellos que me brindaron ese apoyo incondicional en mi proceso como profesional.

Agradecido con DIOS sobre todas las cosas, por sus bendiciones, voluntad y entendimiento para llevar a cabo cada uno de los logros que he tenido. A mis padres Luis De la hoz, Mercedes Flórez, mis hermanos Luis Carlos y Luz Miriam quienes me brindaron sus consejos y ese apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida

Agradezco a mi director, cuerpos de docentes compañero de tesis y todas esas personas que hicieron parte de todo este proyecto. Por último gracias al centro de estudio la Universidad Popular del Cesar, quien me permitió la formación profesional como ingeniero agroindustrial.

**Carlos David De la hoz Flórez**

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, que me ha enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento. Ustedes que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio. A mis hermanas, por amarme, por aceptarme tal cual soy y por compartir tiempos significativos conmigo. A mi novia por estar dispuesta a escucharme, ayudarme en cualquier momento, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor y por ser tal y como es, porque realmente ella me llena por dentro, para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Y por último y sin ser los menos importantes, a mis profesores y compañeros, porque sin el equipo que formamos, no habríamos logrado esta gran meta.

A todos ellos...

Muchas gracias de corazón.

**Julio Cesar Ayala Zapata**

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>Descripción del anteproyecto</b>	
RESUMEN	10
1. TÍTULO	11
2. INTRODUCCIÓN	12
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. ANTECEDENTES	16
4.2. BASES TEÓRICAS	17
4.2.1. Limoncillo	17
4.2.1.1. Aceite esencial de limoncillo	17
4.2.1.2. Aceites esenciales	18
4.2.2. Guanábana	18
4.2.3. Métodos de extracción de aceites	19
4.2.3.1. Principales métodos de extracción	19
4.2.3.2. Extracción por arrastre con vapor	19
4.2.4. Antioxidante natural	20
4.2.4.1. Clasificación de los antioxidantes	20
4.2.4.2. Sitio de acción	21
4.2.5. Pardeamiento enzimático	21
4.2.5.1. radicales libres	22
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
6. OBJETIVOS	24
6.1. OBJETIVO GENERAL	24
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
7. METODOLOGIA	25

<b>7.1.</b>	Tipo y enfoque de la investigación	25
<b>7.2.</b>	Población y muestra	25
<b>7.3.</b>	Procedimientos	25
<b>7.3.1.</b>	Obtención y adecuación de la materia prima	25
<b>7.3.2.</b>	extracción de aceite esencial	26
<b>7.3.3.</b>	Caracterización del aceite esencial de limoncillo	26
<b>7.3.3.1.</b>	Determinación de aldehídos totales expresados como citral	29
<b>7.3.4.</b>	Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial del limoncillo ( <i>Cymbopogon citratus</i> ) extraído por medio de la técnica arrastre de vapor	30
<b>7.4.</b>	Diseño experimental	31
<b>7.4.1.</b>	Análisis estadístico	32
<b>7.5.</b>	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana durante el almacenamiento	32
<b>7.5.1.</b>	propiedades fisicoquímicas	32
<b>7.6.</b>	Evaluación del grado de aceptación de la pupa de la guanábana mediante análisis sensorial	34
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	35
<b>8.1.</b>	Extracción de aceite esencial	35
<b>8.2.</b>	Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de limoncillo	35
<b>8.2.1.</b>	Aldehídos expresados como citral	36
<b>8.3.</b>	Determinación de la capacidad antioxidante	36
<b>8.4.</b>	Propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana conservada	37
<b>8.4.1.</b>	Sólidos solubles totales °Brix	37
<b>8.4.2.</b>	Acidez titulable	38
<b>8.4.3.</b>	Potencial de hidrogeno (pH)	38
<b>8.4.4.</b>	Olor	39
<b>8.4.5.</b>	Sabor	40
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	41
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	42

## TABLAS

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de *cymbopogon citratus*.

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica de la *annona muricata* “guanábana”.

**Tabla 3.** Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción.

**Tabla 4.** Diseño experimental.

**Tabla 5.** Resultados de la caracterización del aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).

**Tabla 6.** Comparación del porcentaje de aldehídos presente en una muestra de aceite esencial de limoncillo expresado como porcentaje de citral.

**Tabla 7.** Resultados prueba ABTS

**Tabla 8.** Resultados de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana en su madurez comercial ecotipo 6.

**Tabla 9.** Resultados de los sólidos solubles totales de la pulpa de guanábana conservada con aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).

**Tabla 10.** Resultados de acidez titulable para la pulpa de guanabana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).

**Tabla 11.** Resultados de pH para la pulpa de guanabana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).

**Tabla 12.** Resultados de olor para la pulpa de guanabana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).

**Tabla 13.** Resultados de sabor para la pulpa de guanabana conservada con el aceite esencial limoncillo (*cymbopogon citratus*).

## FIGURAS

**Figura 1.** Estados de madurez comercial del fruto de la Guanábana

**Figura 2.** Planta experimental de extracción (*stanteel*).

**Figura 3.** Esquema de extracción del aceite esencial de limoncillo por el método arrastre de vapor.

**Figura 4.** Procedimiento del método ABTS

**Figura 5.** Potenciómetro (OHOUS STARTER 3100), utilizado para determinar el potencial de hidrogeno presente en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

**Figura 6.** Refractómetro (ATAGO PAL-1), utilizado en el estudio del porcentaje de azúcar presenta en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

**Figura 7.** Montaje para titulación. Utilizado para el estudio del porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico presente en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

## ANEXOS

- Anexo 1.** Curva estándar para análisis ABTS
- Anexo 2.** Curva estándar de trolox.
- Anexo 3.** Diseño de prueba hedónica.
- Anexo 4.** Rendimiento de la extracción por arrastre de vapor
- Anexo 5.** Análisis de Varianza para °Brix.
- Anexo 6.** Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por concentración.
- Anexo 7.** Análisis de Varianza para °Brix por temperatura
- Anexo 8.** Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por temperatura.
- Anexo 9.** Diagrama de Pareto estandarizado para °Brix.
- Anexo 10.** Análisis de Varianza para pH.
- Anexo 11.** Pruebas de Múltiple Rangos para pH por concentración.
- Anexo 12.** Diagrama de Pareto estandarizado para pH.
- Anexo 13.** Análisis de varianza para acidez titulable.
- Anexo 14.** Pruebas de Múltiple Rangos para Ac titulable por concentración.
- Anexo 15.** Pruebas de Múltiple Rangos para Ac titulable por temperatura.
- Anexo 16.** Diagrama de Pareto estandarizado para acidez titulable.
- Anexo 17.** Análisis de varianza para olor.
- Anexo 18.** Análisis de Varianza para Olor por concentración.
- Anexo 19.** Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por concentración.
- Anexo 20.** Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por temperatura.
- Anexo 21.** Diagrama de Pareto estandarizado para olor.
- Anexo 22.** Análisis de varianza para sabor.
- Anexo 23.** Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por concentración.
- Anexo 24.** Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por temperatura.
- Anexo 25.** Diagrama de Pareto estandarización de sabor.
- Anexo 26.** Pruebas a la pulpa de guanábana.

## RESUMEN

La siguiente tesis tiene como objetivo conservar la pulpa de guanábana por medio del aceite esencial extraído del limoncillo en busca de suplir la necesidad de un antioxidante natural debido a las reacciones de pardeamiento enzimático que se dan en las frutas tales como la guanábana (*annona muricata*) al momento de manipularlas, las cuales producen una aceptación negativa al consumidor, Del mismo modo, los antioxidantes sintéticos con estudios toxicológicos han demostrado alto grado de toxicidad y posibilidad de promover cáncer, caso contrario con el aceite esencial de limoncillo (antioxidante natural) cuya toxicidad es baja. Se realizó un diseño experimental de dos factores, obteniendo seis tratamientos, cada uno con tres repeticiones para minimizar el error. Los datos obtenidos fueron evaluados por el software Statgraphics Centurion XVIII; se empleó el procedimiento de diferencias mínima significativa (LSD) de tukey con 95% de confianza.

Para la obtención del aceite esencial de limoncillo se empleó el método arrastre de vapor a nivel de planta experimental, debido a su alto rendimiento, a su vez se determinó la capacidad antioxidante del aceite de limoncillo por medio de la prueba ABTS, seguido, se aplicó el aceite esencial de limoncillo en la pulpa de guanábana por aspersión, teniendo en cuenta las temperaturas (6 y 22 °C) y las concentraciones (0.1, 0.5 y 1%), basados en la toxicidad del aceite, así mismo, se realizó la selección por medio de un análisis sensorial (prueba hedónica).

Los resultados obtenidos por la prueba ABTS, para determinar la capacidad antioxidante del aceite fue 4196 meq trolox/l con una concentración de 83,91, así mismo, para la caracterización del aceite esencial del limoncillo se obtuvo los siguientes resultados densidad: 0.87g/ml; punto de ebullición: 154°C; índice de refracción: 1.4701; de igual modo para las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana conservada con las temperaturas y concentraciones de aceite a analizar se obtuvo para los °brix resultados que van desde 14 a 16; acides titulable se encuentra entre 0.5 y 1%; y el potencial de hidrogeno (pH) está dentro de 3 a 4; por otra parte, para la prueba hedónica se consto con seis muestras, de las cuales la 1 y 4 obtuvieron la aceptación.

Palabras claves: limoncillo, guanábana, ABTS, antioxidante, pardeamiento.

## 1. TÍTULO

**CONSERVACION DE LA PULPA DE GUANABANA (*ANNONA MURICATA*) UTILIZANDO EL ACEITE ESENCIAL EXTRAIDO DEL LIMONCILLO (*CYMBOPOGON CITRATUS*) COMO ANTIOXIDANTE NATURAL.**

## 2. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que posee una gran diversidad de ecosistemas y microclimas, lo cual hace que su vegetación sea muy variada, enriquecida con especies endémicas y diversidad genética muy alta, dentro de ella se encuentra la región Caribe, el cual por su desarrollo agrícola se pueden encontrar algunas de las plantas que poseen aceites esenciales con principios activos y actividad biológica y/o industrial, con amplias perspectivas para llevar a cabo la investigación y el desarrollo de nuevos productos naturales que a su vez proporcionen efectos positivos para la salud (Torrenegra, 2014). Entre esas está el *cymbopogon citratus* como antioxidante natural.

El *cymbopogon citratus* es una Planta herbácea, perenne, de 0,5 a 2 m de altura, aromática, con ligero olor a limón. Hojas arrosetadas en la base de la planta, lineales, hasta de 1 m de longitud, es proveniente de Sur este de Asia, India y Sri Lanka, y se destaca por su alta capacidad antioxidante.(Stapf, 2014).

En este trabajo se pretende buscar la conservación de un fruto tropical como la *annona muricata* del Pardeamiento enzimático, por medio de un antioxidante natural obtenido del aceite esencial de *cymbopogon citratus*, inactivando la polifenol-oxidasa presente en este fruto climatérico, aprovechando su capacidad antioxidante, teniendo en cuenta que los antioxidantes son sustancias capaces de prevenir o retardar las oxidaciones catalíticas de sustratos oxidables inducido por acción de diversos agentes, tales como aire, luz, calor, metales, entre otros. Estas propiedades explican el gran interés en su utilización como aditivos en la industria alimentaria, aunque también en la industria cosmética y farmacéutica (Carciochi, 2014).

Para ello, se empleará la técnica de arrastre de vapor, el cual determina el mayor rendimiento y calidad del aceite esencial, según lo plantea García (2014); además siendo ésta más económica al momento de buscar el ahorro en la productividad. Por otro lado, se evaluará la calidad y condición del aceite esencial de limoncillo en la caracterización del aceite basado en características como: densidad, índice de refracción, punto de ebullición, pH y las propiedades fisicoquímicas de la guanaba luego de aplicarles el aceite esencial de limoncillo con, pH, °brix, acides titulable, además, de la evaluación sensorial obtenida por pruebas hedónicas

Por consiguiente, se espera obtener un retardo en el pardeamiento enzimático una vez se haya aplicado el aceite esencial de limoncillo, prolongando el tiempo de la guanábana en óptimas condiciones, es decir, llegar a la conservación y a su vez, obtener una aceptación sensorial del fruto pese a los cambios en sus características fisicoquímicas y organolépticas. como conclusión hacer un aporte significativo a la región, el departamento y la universidad popular del César obteniendo un antioxidante natural debido a que la tendencia de los consumidores se inclina hacia los alimentos libres de productos de síntesis química (pesticidas. insecticidas, fungicidas, fertilizantes, entre otros) y aditivos químicos sintéticos (neutralizantes, preservantes, antioxidantes colorantes y saborizantes), por lo que resulta interesante estudiar la actividad antioxidante de los aceites esenciales (AE) de

plantas nativas para establecer su utilización potencial como aditivos naturales en los alimentos con miras a mantener una adecuada alimentación y que influya en el mantenimiento de defensas antioxidantes (Torrenegra, 2014).

La guanábana es fuente de nutrientes, fitoquímicos y antioxidantes importantes para la salud humana, esta fruta es originaria del Caribe y se introdujo a muchos países tropicales y subtropicales. Entre las bondades de la guanábana se destaca que tiene pulpa dulce, blanca, cremosa, jugosa, suave y ligeramente ácida, con excelentes características sensoriales, con el fin de retener los compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la guanábana (González et al., 2015).

**Palabras claves:** cymbopogon citratus, antioxidante, oxidación, guanábana, conservación, Pardeamiento enzimático y aceite esencial.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El uso de los antioxidantes viene tomando importancia en la industria de los alimentos frescos del mercado mundial, debido a que la mayoría de las frutas son oxidadas una vez se le realicen un proceso mecánico, sufriendo modificaciones en su estructura. Por un lado se produce una captación de los rayos ultravioletas de la luz o simplemente del calor, por parte de las grasas contenidas en los alimentos, formando radicales libres a partir de los ácidos grasos (Bueno, 2002); Esta situación se ha convertido en una necesidad de atacar las modificaciones de las estructuras que generan el Pardeamiento enzimático en las frutas.

Las reacciones de Pardeamiento enzimático en frutas y vegetales impresionan negativamente a los consumidores debido a la asociación que hace entre el color y su calidad nutricional. El color de un alimento es un indicador de calidad; cuando una fruta presenta colores oscuros, es porque han ocurrido reacciones químicas que la modifican organoléptica y nutricionalmente (Eraso, 2009). Por lo tanto, este trabajo es de gran importancia para determinar el comportamiento del aceite de *Cymbopogon citratus* como agente antioxidante del Pardeamiento enzimático.

Los antioxidantes son sustancias, sintéticas o naturales, usadas para preservar alimentos retardando el deterioro, la rancidez o la decoloración por oxidación. Entre los antioxidantes sintéticos que más se utilizan en alimentos se encuentran: terbutil hidroxianisol (BHA); terbutil hidroxitolueno (BHT); Propilgalato (PG) y terbutil hidroxiquinona (TBHQ), mientras que los naturales son tocoferoles, flavonas, polifenoles entre otros (Robledo et al., 2013). Este proyecto busca incorporar antioxidante natural que no genere efectos contra la salud, tal como el aceite esencial de limoncillo (*Cymbopogon citratus*), el cual, presenta baja toxicidad, por lo que ha sido catalogada como segura por la FDA (Saldaña et al., 2012). Se han demostrado con estudios toxicológicos la posibilidad de que antioxidantes sintéticos presentan efectos tóxicos y son promotores de algunos tipos de cáncer, cardiovasculares, entre otros efectos fisiológicos. Por esa razón, investigaciones han buscado encontrar antioxidantes naturales, con la finalidad de sustituirlos en los alimentos (Coronado et al., 2015). A su vez, el extracto de limoncillo, posee un elevado contenido de compuestos anti radicales y un alto poder reductor (Alvis et al., 2012).

La guanábana es un fruto que pesa en promedio 2,9 kg de los cuales 75,6% corresponden a la pulpa, el 4,8% es semilla; 12,7% corresponde a la cáscara y el 6,9 al raquis; sus frutos son dulces 17,2 grados °Brix y posee en promedio 171 semillas por fruto. Por otra parte, en Colombia la producción de guanábana a nivel nacional en el año 2016 por la encuesta nacional agropecuaria (ENA) arroja una participación del 1.2% con (2.518 toneladas) de guanábana; a su vez, en el departamento del Cesar en el año 2015 según el ministerio de agricultura, se cuenta con 15 hectáreas sembradas y se producen 150 toneladas de guanábana (DANE, 2016).

Para la comercialización de la guanábana; en el proceso de despulpado deben ser muy rigurosos en esta etapa, y realizar el proceso en el menor tiempo posible para

evitar la oxidación o pardeamiento enzimático, en el proceso de despulpado para evitar la oxidación se agrega a la pulpa una solución azucarada, ácido benzoico, ácido cítrico como acidulante (González, 2008), en estas industrias utilizan antioxidantes sintéticos, por esta razón se ve la necesidad de reducir el uso de estos, para lograr implementar un antioxidante natural buscando beneficios para la salud.

Por otro lado este proyecto aporta una nueva herramienta a cualquier otra posibilidad de investigación que se quiera llevar a cabo en la facultad de ingeniería agroindustrial, suministrando nuevas alternativas para el desarrollo de nuevas tendencias hacia los antioxidantes naturales, que permiten la conservación de frutas que son susceptibles a la oxidación, como fuentes enriquecedoras de los diferentes artículos y proyectos de la universidad popular del César; con el fin de beneficiar todos aquellos productores de pulpas de guanábana que sufren estos procesos oxidativos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES

Se ha estudiado la capacidad antioxidante que tiene la *cymbopogon citratus* en muchos campos. Cápiro et al (2011) estudiaron la capacidad protectora que tiene la *cymbopogon citratus* frente al daño inducido por agente oxidantes de peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ), para ello se utilizó un modelo experimental con hámster evaluado en cinco concentraciones diferentes, (0,1; 1; 5; 10 y 15% de *cymbopogon citratus*), de los cuales tres concentraciones 0,1; 1 y 5%. Permitieron demostrar la capacidad antioxidante de esta planta, y a su vez obtener dosis no tóxicas, esto nos permite conocer el efecto antioxidante con respecto a las diferentes concentraciones no tóxicas para aplicarlas en alimentos.

De igual forma, Franco et al (2014) determinó que para mantener el color, olor y demás características principales de la pulpa de guanábana, lo ideal para almacenamientos frescos y secos es contar con temperaturas inferiores a  $24^{\circ}C$  y superiores a  $20^{\circ}C$ . A su vez para lugares con temperaturas superiores a  $24^{\circ}C$  es recomendable mantener almacenado a temperaturas no mayor a  $6^{\circ}C$ , de lo contrario se podría ocasionar pardeamiento de la pulpa, pérdida de sabor y aceleración de la senescencia entre otras, es decir, la naturaleza tropical de la guanábana hace que su vida útil se vea limitada.

Por otro lado, Alvis et al (2012) realizaron un estudio en el cual se determinó la actividad antioxidante de la *cymbopogon citratus*, de acuerdo al estudio los resultados del extracto de limoncillo exhibe un elevado contenido de compuestos fenólicos anti radicales entre ellos están los flavonoides, triterpenos y lactanas con un porcentaje de metabolitos presentes por cada extracto de 17,6% (Echavarría et al., 2016) y un alto poder reductor. En cuanto a la efectividad antioxidante se encontró que el extracto con una concentración de 250 ppm logra duplicar el tiempo de inducción.

Además, García (2014) estudio el rendimiento y la calidad del aceite esencial de citronelal (*Cymbopogon winterianus*) extraído por arrastre de vapor a escala piloto, para la evaluación se determinó las mejores condiciones de trabajo para el proceso de obtención de aceite de citronelal, mayor rendimiento y calidad, medidos como porcentaje de aceite extraído y de citronelal presente en la planta, de acuerdo al estudio se obtuvo resultados, el cual permitió identificar que el método por arrastre de vapor favorece las condiciones de proceso a la obtención de mayor porcentaje relativo de citronelal y mayor rendimiento en aceite.

Por último, Santos et al (2016) estudio el efecto de la *cymbopogon citratus* aplicado al campo en el sistema orgánico en la calidad pos cosecha de tomate estilo italiano, comparándolos con frutos obtenidos en el sistema convencional. Se realizaron análisis físicos como: coloración, pérdida de masa parcial y total, volumen, viabilidad y peso específico, químicas: pH y SST y sensorial: firmeza al tacto, apariencia general externa, característica de la pulpa, apariencia general interna, aroma, textura, sabor, dulzura y acidez. Como resultado se obtuvo una diferencia

significativa en la comparación entre los dos sistemas, de modo que los frutos al cual se le aplicó la *Cymbopogon citratus* presentaron tendencia a demorar más para madurar, menor acidez, mayor SST en la evaluación final, por otra parte, En el análisis sensorial recibieron las mejores notas para los parámetros acidez, textura y dulzura.

## 4.2 BASES TEORICAS

### 4.2.1 LIMONCILLO

El limoncillo (*Cymbopogon citratus*) es una planta perenne de la familia Poaceae, cultivada en Colombia desde 0 hasta 1900 msnm, siendo la zona cafetalera el área más representativa donde es sembrado como cerca viva o cultivo protector en áreas degradadas. Es reconocido por sus propiedades medicinales y ampliamente utilizado en la extracción de aceites aromatizantes y repelentes de insectos (Stapf, 2014).

**Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Cymbopogon citratus*.**

Clasificación taxonómica	
<b>Nombre actual</b>	<i>Cymbopogon citratus</i>
<b>Género</b>	<i>Cymbopogon</i> Spreng. La hierba de limón
<b>Sinónimo (s)</b>	Tallo de hierba de limón Citratos de <i>Andropogon</i>
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida Monocotiledóneas
<b>Orden</b>	Cyperales
<b>Familia</b>	Poaceae Familia de la hierba
<b>Especie</b>	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf hierba de limón

Fuente: (Ankit, 2010).

#### 4.2.1.1 Aceite esencial de limoncillo

El aceite esencial de limoncillo se utiliza en diversos productos de la industria de alimentos y aromas. Este contiene principalmente citral, una combinación natural de dos aldehídos isométricos, a saber, los isómeros geranial ( $\alpha$ -citral) y neral ( $\beta$ -citral) (Chun et al., 2016). Los estudios han demostrado que el aceite de limoncillo y citral tienen varias actividades biológicas, la actividad antioxidante, el cual se da por polifenoles presente en el aceite esencial que tiene la capacidad de eliminar los radicales libres inhibiendo la acción de la polifenoloxidasas (Mishra et al., 2018)

Debido a esas propiedades, los aceites esenciales de algunas plantas han sido incorporados en películas comestibles. Por otro lado, se ha demostrado que algunos

aceites esenciales proporcionan un efecto positivo en las propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua en películas comestibles (Vázquez y Guerrero, 2017).

#### 4.2.1.2 Aceites esenciales

Estos aceites se caracterizan por sus propiedades físicas, como densidad, viscosidad, índice de refracción y actividad óptica. La mayoría de los aceites esenciales tienen una densidad menor a la del agua excepto los de almendra amarga, mostaza, canela entre otros, el índice de refracción es una propiedad característica de cada aceite esencial y cambia cuando este disminuye o mezcla con otras sustancias (Peredo et al., 2009).

#### 4.2.2 GUANÁBANA.

La guanábana es una planta originaria y cultivada principalmente en los trópicos de América (Vit et al., 2014), El árbol de guanábana llega a alcanzar entre 8 y 10 metros de altura según las condiciones del suelo que tan fértil sea y que tanto cuidado se tenga al cultivarla, su follaje es compacto no muy abundante, las hojas son simples y coriáceas (gruesas), tienen un color verde oscuro y son grandes y brillantes; sus flores son de color verde amarillento, bisexuales en pares o solitarias siempre están en tallos cortos que brotan de las ramas más viejas del árbol, sus hojas son de olor penetrante al frotarlas con las manos (Xochitl, 2010).

Dentro de la familia Annonaceae hay géneros que se caracterizan por el interés económico de sus frutos, tal como lo es la *Annona muricata*. En frutos los cambios en el color, la textura, el sabor y el aroma durante la maduración, están asociados con el climaterio. La fruta desarrolla cambios de sabor, oscurecimiento de cascara y ablandamiento de la pulpa mediante la producción autocatalítica de etileno. A su vez, la fruta de la guanábana posee una pulpa blanca, jugosa, aromática y de sabor agrídulce, generalmente es consumida in natura, o en forma de helados, cremas, dulces, néctares y jugos (Arrazola et al., 2013)

**Tabla 2. Clasificación taxonómica de la *annona muricata* “guanábana”.**

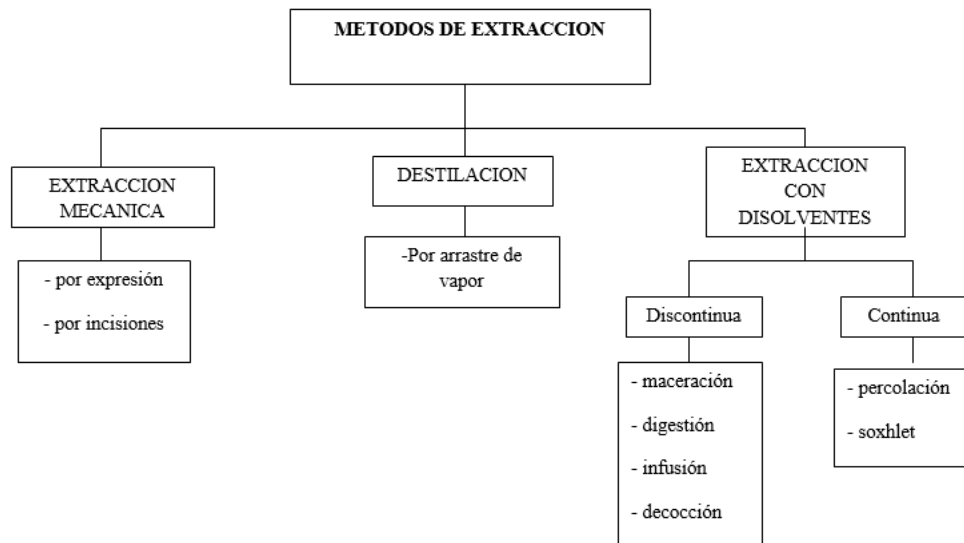
Clasificación taxonómica	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Magnoliales
<b>Familia:</b>	Annonaceae
<b>Subfamilia:</b>	Annonoideae
<b>Tribu:</b>	Annoneae
<b>Género:</b>	<i>Annona</i>
<b>Especie :</b>	<i>A. muricata</i> L.

Fuente: (Chung et al., 2015)

#### 4.2.3 METODOS DE EXTRACCION DE ACEITE

Los métodos de extracción permiten obtener los productos en formas farmacéuticas adecuadas para su administración oral o externa de acuerdo al lugar de acción que se recomiende (Carrión y García, 2010).

##### 4.2.3.1 Principales métodos de extracción



Fuente: (Rios et al., 2007).

##### 4.2.3.2 EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR

La destilación por arrastre con vapor es una técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla, como resinas o sales inorgánicas, u otros compuestos orgánicos no arrastrables (Dominguez, 2009).

Es un método de destilación en el cual se coloca la planta recomendablemente seca (por lo general depende del tipo de planta), pues fresca contiene mucílagos que enturbian el aceite y disminuyen su calidad, o parte que contenga el principio aromático en la caldera de un alambique de hierro, acero inoxidable, cobre o vidrio, y se cubre con agua. Al calentar la caldera se evapora el agua y el aceite volátil, que se condensa en el refrigerante, recogién dose con el agua en el colector, de la cual se separa al cabo de cierto tiempo por diferencia de densidades, y finalmente se aísla con un embudo provisto de un grifo en la parte más estrecha (Bermello y García, 2015).

#### 4.2.4 ANTIOXIDANTE NATURAL

Presentes en la mayoría de los alimentos vegetales, bloquean el efecto perjudicial de los radicales libres. Los medios de información insisten en las virtudes de productos alimenticios enriquecidos con 40 vitaminas y sus posibles beneficios para la salud, alabando su papel en la lucha contra la "oxidación" del organismo, ante ciertas enfermedades y frente al envejecimiento. Hoy, la nutrición y la dietética no sólo se ocupan de los componentes de los alimentos que aportan beneficios nutritivos: proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas y minerales. Otras sustancias, con propiedad antioxidante, ejercen también un saludable efecto en nuestro organismo (Hernández, 2011).

##### 4.2.4.1 Clasificación de los antioxidantes

El sistema antioxidante protege a los tejidos de los efectos de los radicales libres. Los antioxidantes se clasifican en primarios, secundarios y terciarios, en dependencia de su mecanismo de acción o de función y el sitio donde ejercen su acción (Céspedes y Sánchez, 2000).

##### **Primarios**

Se encuentran fermentos que protegen al organismo con el fin Prevenir la formación de nuevos radicales libres, convirtiéndolos en moléculas menos perjudiciales antes de que puedan reaccionar o evitando la formación de radicales libres a partir de otras moléculas (Fonseca, 1999).

- Superóxido dismutasa (SOD) que transforma el oxígeno en peróxido de hidrógeno.
- Glutación peroxidasa (GPX) que convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en moléculas inofensivas antes de que puedan formar radicales libres.
- Proteínas de unión a metales (GR) que frenan la disponibilidad del Fe, necesario para la formación del radical OH.

##### **Secundarios**

Capturan los radicales libres, evitando la reacción en cadena. Por ejemplo; las vitamina E o alfa-tocoferol, vitamina C o ácido ascórbico, beta-caroteno, ácido úrico, bilirrubina, albúmina, ubiquinol-10, metionina (Alomar, 2014).

##### **Terciarios**

Encargados de reparar biomoléculas dañadas por los radicales libres se incluyen las proteasas reparadoras de ADN y la metionina sulfóxido reductasa. El sistema de defensa antioxidante, enzimática y no enzimática protege al organismo contra el daño oxidativo, que actúan conjuntamente para proteger la célula. Los antioxidantes

no enzimáticos son frecuentemente añadidos a los alimentos para prevenir la peroxidación lipídica que se asocia a numerosas patologías y a estados de estrés oxidativo (Corrales y Ariza, 2012)

#### 4.2.4.2 Sitio de acción

Las sustancias antioxidantes extracelulares están ampliamente distribuidas en el reino vegetal y pueden desempeñar un papel en la prevención de la aterosclerosis, teóricamente, porque protegen a las lipoproteínas de la oxidación en el líquido extracelular (Venero, 2002).

**Tabla 3. Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción**

Intracelular	Membrana	Extracelular
Superóxido dismutasa	Vitamina E	Ceruloplasmina
Catalasa	Betacarotenos	Tranferina
Peroxidasa	Ubiquinol-10	Lactoferina
DT- deaferasa		Albuminas
GSH		Haptoglobinas
Proteínas que ligan metales		Vitamina
Sistemas proteolíticos		Ácido urico
Vitamina		Vitamina E
		Vitamina C

fuelle: (Venero, (2002).

#### 4.2.5 PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

El pardeamiento enzimático (PE) está relacionado principalmente con la actividad de polifenol oxidasas (PPO), la cuales catalizan la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial (Suárez et al., 2009), siendo muy amplio el número de los sistemas enzimáticos que se han descubierto en los tejidos de los vegetales, donde juegan un papel importante en su composición y rigidez; pero también las enzimas presentes en los frutos son las responsables de la maduración y formación de las características sensoriales que les son conocidas. Sin embargo, después de la cosecha de éstos, las enzimas son las responsables de la senescencia y de los cambios indeseables que ocurren en los frutos lo que provoca que sean desechados y no sean aprovechados para su transformación (Rondon et al., 2011).

#### 4.2.5.1 Radicales libres

Los radicales libres se producen generalmente en la célula a través de reacciones de transferencia de electrones (Maldonado, 2010). Los mecanismos de formación de los radicales libres son tres:

1. Transferencia electrónica, en la que se produce la cesión de un electrón a una molécula.
2. Pérdida de un protón de una molécula.
3. Ruptura hemolítica de un enlace covalente de cualquier molécula, de manera que cada fragmento obtenido conserva uno de los electrones apareados del enlace.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las frutas y vegetales son afectadas por el fenómeno de pardeamiento enzimático durante el almacenamiento y procesado, siendo un problema de suma importancia en la industria alimentaria y se reconoce como una de las principales causas de pérdida de la calidad, valor económico y nutricional de la guanábana (*Annona muricata*), esta es utilizada como fruta para consumo en fresco y procesado de manera regional, en Colombia la producción de guanábana a nivel nacional en el año 2016 por la encuesta nacional agropecuaria (ENA) arrojó una participación del 1.2% con (2.518 toneladas) de guanábana de todas las frutas producidas en los diferentes departamentos (DANE, 2016). La industria de alimentos actualmente emplea diferentes sustancias químicas para la conservación de la pulpa de guanábana, como ácido ascórbico, bisulfito de sodio, ácido cítrico, entre otras, también utilizan tratamientos térmicos como el escaldado y la pasteurización para tratar de contrarrestar este fenómeno. Sin embargo, esto no representa una solución deseable, en especial por la tendencia que hoy en día tienen las personas hacia el consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas, lo que hace necesaria la búsqueda de fuentes naturales para tal fin (Alzate et al., 2009).

El sistema poscosecha de los frutos de guanábana aún no está desarrollado completamente, por lo que existen diversos problemas durante el manejo de los frutos. El ablandamiento acelerado durante el almacenamiento, y su comercialización es un problema constante y de suma importancia. Los frutos de guanábana son del tipo climatérico, caracterizándose por su alta tasa de respiración, producción de etileno, y una actividad enzimática alta afectando el proceso de conservación de la guanábana (Soltero et al., 2010).

En el fruto de la guanábana a medida que este alcanza la madurez, hay una ligera palidez en el verde intenso de la cáscara, cambiando a una coloración verde amarillenta lo que refleja una degradación de clorofila durante la última etapa de maduración, la cáscara cambia de color verde a color marrón oscuro, esto posiblemente sea por la ruptura de los cloroplastos, lo cual genera la liberación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) que causa la oxidación y la polimerización de fenoles; lo que refleja las altas pérdidas que se registran en poscosecha (25 a 35%) para frutos de guanábana por prácticas inadecuadas, por su alta actividad enzimática durante su procesado, por el cual es necesario la adición de un antioxidante natural que reduzca el fenómeno del pardeamiento enzimático que transcurre durante su proceso de transformación en pulpa; que a su vez, este no afecte las características fisicoquímicas y daños a la salud (Frijol, 2007).

Tomando como base el fundamento expresado anteriormente se plantea el siguiente interrogante. ¿Es posible conservar la pulpa de guanábana empleando aceite de *Cymbopogon citratus* como antioxidante natural?

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GENERAL

Conservar la pulpa de guanábana (*Annona muricata*) empleando el aceite esencial del limoncillo (*Cymbopogon citratus*) como antioxidante natural.

### 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la capacidad antioxidante del aceite esencial del limoncillo (*Cymbopogon citratus*) extraído por medio de la técnica arrastre de vapor.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana después de la aplicación del aceite esencial de limoncillo (*Cymbopogon citratus*).
- Evaluar el grado de aceptación de la pulpa de guanábana mediante análisis sensorial.

## 7. METODOLOGIA

### 7.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó como tipo experimental con un enfoque cuantitativo, donde se observó y determinó los datos obtenidos de las variables de respuesta (pH, sólidos solubles totales, ácidos titulables, olor y sabor), mediante pruebas fisicoquímicas y hedónicas que se expresó de modo estadístico para la posterior interpretación de datos.

### 7.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de estudio estuvo constituida por la guanaba (*annona muricata*) obtenida en la comercializadora Mercabastos, ubicada en la ciudad de Valledupar (cesar). Para su muestreo se utilizó aproximadamente 0.5 kg de pulpa obtenida de diferentes partes del fruto, el cual, se tomó basado en la NTC 756 (unidad de muestreo), así mismo, se cortó en partes iguales con un peso aproximado de 30 a 50. Por otra parte, se utilizó como objeto de estudio las hojas de limoncillo (*cymbopogon citratus*) localizada en el corregimiento de la mina a 41 km hacia el norte de Valledupar (cesar), que se encuentra a una altura de 500 m sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 30 °C. Se utilizaron 28 kg de hojas de limoncillo tomadas al azar del tercer lote de cultivo como muestra para la extracción del aceite esencial de ésta planta de acuerdo a la metodología empleada por Espinosa et al (2008), la muestra se tomó en las horas de la mañana entre las 8-10 am con el objetivo de evitar enfermedades por rociación, posteriormente se llevó al lugar de extracción ubicado en el mismo lugar del cultivo, así mismo la extracción se hizo por arrastre de vapor a nivel de planta experimental.

### 7.3 PROCEDIMIENTO

#### 7.3.1 Obtención y adecuación de la materia prima

En la obtención de la materia prima se mantuvo la conservación de las características fisicoquímicas del material vegetal por lo cual, se seleccionó de manera objetiva rechazando aquellas que presentaron lesiones físicas, luego, se sometió a un pre-tratamiento de limpieza que consistió en separar materiales como polvo y otros componentes ajenos a los deseados, posteriormente, cada hoja fue cortada de 4 a 5 partes obteniendo aproximadamente 10 cm de longitud por cada parte, para asegurar una mayor superficie de contacto y eficiencia en la extracción del aceite (Sena, 2011). Para la selección de la guanaba se precisó tener en cuenta la NTC 5208, el cual, se tomó el ecotipo 6, que tuvo como criterio la madurez comercial, debido a la apariencia externa y coloración del fruto. (**Ver figura 1**). A continuación, la guanábana se transportó en cavas térmicas con una temperatura aproximada de 20 a 25 °C, con el objetivo de conservarlas en óptimas condiciones, posterior a eso, se almacenó en un cuarto frío manteniendo la temperatura de transporte, evitando así daños por frío.

**Figura 1.** Estados de madurez comercial del fruto de la Guanábana. (ecotipo 6)



### 7.3.2 Extracción del aceite esencial

La extracción del aceite se realizó en el corregimiento de la mina a 41 km hacia el norte de Valledupar a una temperatura ambiente promedio de 30°C. Se empleó una extractora (stanteel) por arrastre de vapor, a nivel de planta experimental, debido a su eficiencia (Patiño et al, 2014). Cuya capacidad máxima es de 50kg (**ver figura 2**), de la cual se utilizó 23 kg pesado con una báscula, necesaria para conocer el rendimiento mediante la ecuación (1), basados en el volumen obtenido de la extracción.

$$\text{Ecuación 1 } R = \frac{V}{M} * 100$$

Donde:

V= volumen del aceite

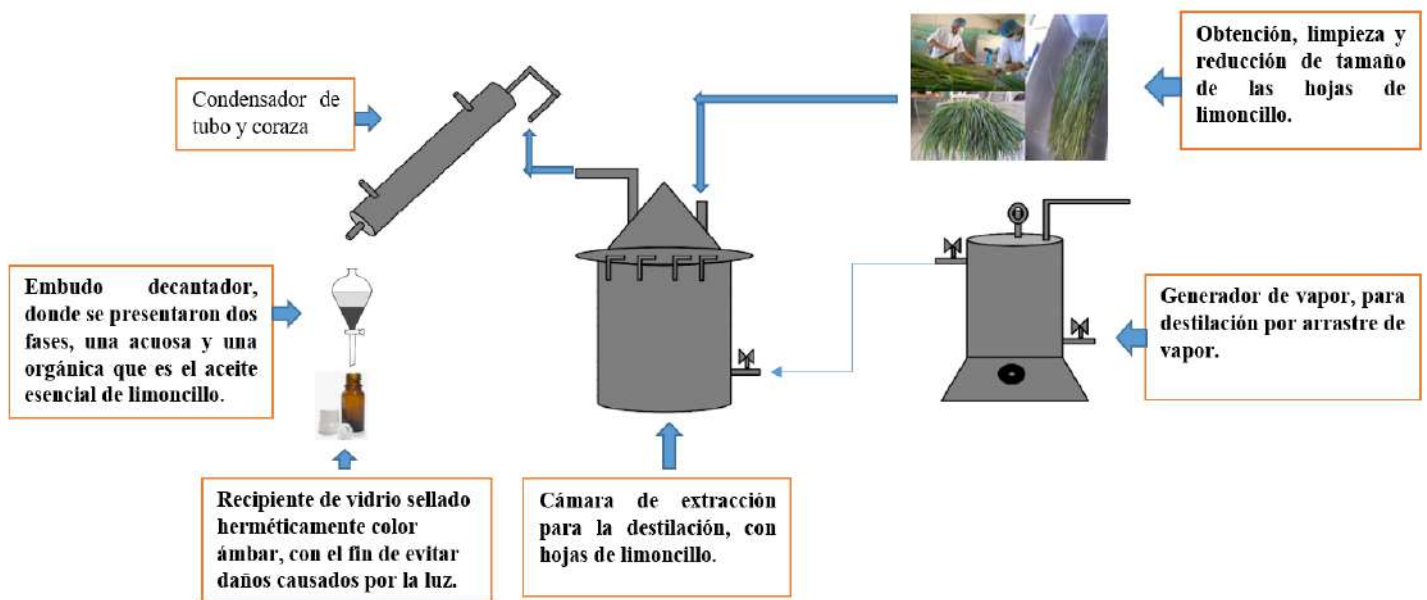
M= peso de la muestra

**Figura 2.**Planta experimental de extracción (*stanteel*).



En la **(figura 3)** se evidencia el esquema de extracción de aceite esencial de limoncillo por arrastre de vapor, el cual, presenta detalladamente las características de cada operación dentro del proceso.

**Figura 3.** Esquema de extracción del aceite esencial de limoncillo por el método arrastre de vapor.



Fuente: los autores

### 7.3.3 Caracterización del aceite esencial de limoncillo

Al aceite esencial de limoncillo se le determinó la densidad, índice de refracción, punto de ebullición y aldehídos totales expresados como citral, descritas a continuación.

#### Densidad

Fue determinada Por picnómetro, el cual Se pesó el picnómetro vacío y luego se llenó hasta el borde superior del tubo capillary, se utilizó una balanza analítica para el registro de la masa de aceite, luego con el volumen obtenido por el picnómetro; se hizo la respectiva operación por triplicado para reducir error experimental (Atares, 2013).

$$\text{Ecuación 2. } D = \frac{M}{V}$$

Donde:

D = Densidad

M= Peso (g)

V= Volumen (ml)

#### Índice de refracción

Fue determinado por refractometria, Inicialmente se calibro el refractómetro con agua destilada, posteriormente se le adiciono una gota de la muestra en el prisma del refractómetro (ATAGO PAL.R1 con un Rango de Medida: 1.3306 a 1.5284), y se procedió a determinar el índice de refracción, esta prueba se realizó por triplicado (Torres et al, 2013).

#### Punto de ebullición

Se utilizó un termómetro (termistor), el cual se tuvo en cuenta que este calibrado con una sustancia patrón para mayor precisión. Se procedió a medir la temperatura en el momento que comenzó las burbujas de ebullición del aceite (Rodríguez et al., 2006).Esta prueba se realizó por triplicado para disminuir el error experimental.

#### 7.3.3.1 Determinación de aldehídos totales expresados como citral:

Se determinó el porcentaje de aldehídos basado en la reacción de hidroxilamina con los aldehídos que liberan iones hidrogenados de la muestra, así mismo, se tituló por neutralización, con la finalidad de precisar que es un aceite esencial, teniendo en cuenta que el citral es el principal constituyente de la esencia del limoncillo (García y Alvarez 2010). Para la metodología se utilizó 5 g de aceite, que, a su vez, fue disuelto en 20 ml de solución de clorhidrato de hidroxilamina al 3.5%, luego se ajustó el pH a 3.4 con NaOH al 0.1 N, se dejó en contacto 15 min. Se agitó y se valoró con NaOH 0,1 N hasta pH 3.4. El contenido de aldehídos totales expresados como citral, se adquirió basado en la siguiente **ecuación 3**, (González & Ramírez, 2008)

**Ecuación 3.**  $\% \text{ citral} = \frac{G \cdot 2.533}{M}$

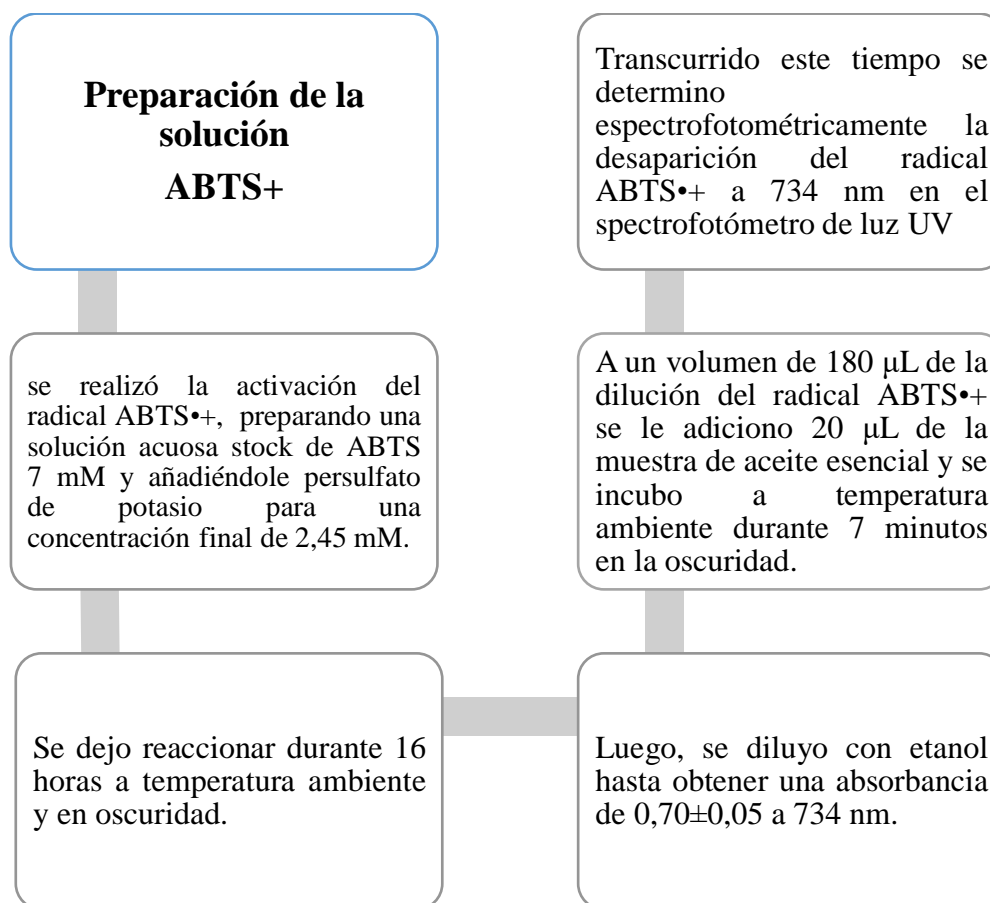
Dónde: G: ml de hidroxilamina gastado      M: peso de la muestra en g

### 7.3.4 Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial del limoncillo (*Cymbopogon citratus*) por el método ABTS

Se cuantifica la decoloración del radical ABTS•+, por medio del radical catiónico del mismo, donde, la muestra absorbida a una longitud de onda de 734 nm genera una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil benzotiazolin-6- sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. Así mismo, se leyó el cambio en la absorbancia respecto a la referencia del reactivo a la misma longitud de onda. Los resultados se expresaron como mequi trolox/l mediante la construcción de una curva patrón usando el trolox como antioxidante (Mesa Vanegas et al, 2015).

En la (**figura 4**) se determinó el método ABTS, así pues, se muestra el procedimiento para obtener la capacidad antioxidante del aceite esencial.

**Figura 4.** Procedimiento del método ABTS



Ajustado de: (Tapia Manrique, 2018)

#### 7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la guanábana, se utilizó un diseño experimental factorial de dos factores (temperatura de conservación y concentración del aceite esencial del limoncillo). Se estudiaron 2 temperaturas y 3 concentraciones, en los que se tuvo 6 tratamientos, cada tratamiento se hizo por triplicado, obteniendo así un diseño con un total de 18 pruebas, En la tabla 7 se muestra el diseño del experimento.

**Tabla 4. Diseño experimental**

		Factor A		
		0.1	0.5	1
Factor B	Concentración del aceite esencial del limoncillo %			
	Temperatura de conservación °C			
	6	TTO 1	TTO 2	TTO 3
	22	TTO 4	TTO 5	TTO 6

### 7.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias utilizando la prueba de tukey con la ayuda del paquete estadístico Statgraphics Centurion XVII con un nivel de confianza de 95%.

### 7.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana durante el almacenamiento

La guanábana despulpada se aplicó el aceite esencial de limoncillo puro por aspersión con los siguientes porcentajes 0.1%, 0.5% y 1% p/p, luego se almacenó a una temperatura de 6 y 22 °C.

**7.5.1 Propiedades fisicoquímicas.** La muestra de la guanábana (*annona muricata*) se evaluó de acuerdo a las siguientes propiedades fisicoquímicas más relevantes obtenidas por (Andrade et al., 2009), tales como: pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Con un tiempo aproximado 3 días durante el almacenamiento.

**Potencial de hidrogeno (pH).** Por potenciómetro adoptando el método (AOAC 10.041/84).

Se llevó la muestra homogenizada a un beaker y se leyó directamente con un pHmetro (OHOUS STARTER 3100), para regular el potenciómetro se utilizó una solución buffer con un pH ajustado a 4.0 (León et al., 2016).



**Figura 5.** Potenciómetro (OHOUS STARTER 3100), utilizado para determinar el potencial de hidrogeno presente en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Por refractometría adaptado de (AOAC932.12/90).

Se tomó una cantidad representativa de la muestra bien homogenizada y se colocó sobre el prisma del refractómetro (ATAGO PAL-1), procediéndose a leer directamente sobre la escala de °Brix previamente calibrado con agua destilada (Flores et al., 2016).



**Figura 6.** Refractómetro (ATAGO PAL-1), utilizado en el estudio del porcentaje de azúcar presenta en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

**Acidez titulable.** Por titulación adaptado de (AOAC 942.15/90).

La acidez se determinó por el método de volumetría ácido-base, con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1N, en presencia de la fenolftaleína como indicador, la acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico (Arrazola et al., 2013).



**Figura 7.** Montaje para titulación. Utilizado para el estudio del porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico presente en la muestra de guanábana (*Annona muricata*).

### **7.6. Evaluación del grado de aceptación de la pulpa de la guanábana mediante análisis sensorial.**

Para la evaluación sobre la aceptabilidad y preferencia de la muestra de la guanábana (*annona muricata*), específicamente en las características de olor y sabor, se llevó a cabo por la prueba orientada al consumidor (POC), en este caso se realizó la prueba sensorial o hedónica, ya que, es la prueba recomendada y más utilizada en los proyectos de investigación. Este tipo de pruebas es capaz de identificar la relativa aceptabilidad del producto, además cualquier defecto que se pueda presentar en él; generalmente para las pruebas sensoriales se utilizan escalas de intervalo con el objetivo de asegurar la validez de los métodos estadísticos utilizados en la obtención de resultados cuando se evalúa estímulos simples, por consiguiente, se utilizó la prueba hedónica en una escala de tres puntos, con el fin de determinar la diferencia en la aceptabilidad del producto con el consumidor (Ramírez, 2012). Además, se optó con la participación de 20 catadores específicamente jueces consumidores, los cuales son personas que no tienen ningún tipo de experiencia en la evaluación sensorial, sin embargo, deben ser consumidores habituales, es decir, contar con un mínimo conocimiento sobre la guanábana y el limoncillo (olor y sabor).

A continuación, el modelo que se llevó a cabo en la evaluación sensorial por la prueba orientada al consumidor “prueba hedónica” teniendo en cuenta la escala de tres puntos que se evaluará de -1, 0 y 1, donde:

-1: será “me disgusta”

0: será “ni me gusta ni me disgusta”

1: será “me gusta”

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1. EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.

En la extracción del aceite esencial de limoncillo se obtuvo un rendimiento que corresponde a un 0.23%. valor que se encuentra cercano a lo expresado por Del pozo (2006), quien reporto un rendimiento del aceite esencial del limoncillo por este método entre 0.25 y 0.35%, el valor obtenido se encuentra dentro del rango de la cantidad media de la mayorías de las plantas aromáticas cuyo valor va de 0.1 a 2% expresado por Montoya, (2010).

### 8.2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMONCILLO.

En la tabla 8 se muestran las características fisicoquímicas del aceite esencial extraído de limoncillo (*cymbopogon citratus*)

**Tabla 5. Resultados de la caracterización del aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Análisis	Valores
Densidad relativa	0.87
Punto de ebullición	154° C
Índice de refracción	1.4701

Podemos observar que el valor obtenido de la densidad relativa se encuentra dentro del rango optimo establecido por Meza & Vargas(2013), señala que el aceite esencial de limoncillo debe tener una densidad relativa entre 0.869 – 0.894. Así mismo para el valor del índice de refracción, según la norma IRAM-SAIPA 18505 cumple con los criterios de calidad, el cual indica que los aceites esenciales se encuentran en un rango aproximado de 1.4630 – 1.4750. Los anteriores análisis se realizaron a una temperatura promedio de 25°C.

Por otra parte, el resultado obtenido para el punto de ebullición, según lo establecido por Montoya, (2010) indica que se encuentra dentro del rango establecido para aceites esenciales que va de (150 – 300° C). a su vez, se encuentra cercano al valor reportado por Rodríguez et al, (2006) con un valor de 160°C para los aceites esenciales de limoncillo, Por lo tanto, se encuentran dentro de los parámetros de calidad.

### 8.2.1. Aldehídos expresados como citral.

A continuación, los resultados obtenidos en porcentaje para aldehídos con respecto a él volumen gastado de hidroxilamina y el peso de la muestra (tabla 6)

**Tabla 6. Resultados de aldehídos presente en una muestra de aceite esencial de limoncillo expresado como porcentaje de citral.**

<b>Peso de la muestra (g)</b>	5
<b>Volumen de hidroxilamina gastado(ml)</b>	4.3
<b>Contenido de citral (%)</b>	2.17

Conforme al resultado se puede afirmar que el porcentaje de citral se encuentra dentro del rango óptimo, basados en la base teórica, en la cual, muestra el porcentaje de aldehídos que se debe encontrar en aceites esenciales, que va entre 1.99 y 3% según Albaladejo (1999). Cabe aclarar que se toma el contenido de aldehídos como citral debido a la característica de un aldehído, según Fabre(1945) lo cual, dice que el citral es el único aldehído alifático de la forma C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, que se ha obtenido de los aceites esenciales, y a su vez es el de mayor proporción en el limoncillo.

### 8.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los resultados obtenidos por el análisis realizado para la determinación de la capacidad antioxidante por ABTS (tabla 7), con base a lo establecido en la curva estándar

**Tabla 7. Resultados prueba ABTS**

<b>MUESTRA</b>			
<b>ABSORBANCIA 1:50</b>	0,349	0,346	0,337
<b>CONCENTRACIÓN 1:50</b>	83,91562	84,82348	87,54706
<b>CONCENTRACIÓN (mequi trolox/L)</b>	<b>4196</b>	<b>4241</b>	<b>4377</b>

Los resultados de la actividad antioxidante por el método ABTS de los tres valores de la muestra nos arroja una media de 4271 mequi trolox /l, con una desviación estándar de 94. Se logra apreciar que existe una proporcionalidad directa entre la actividad antioxidante del aceite esencial y la concentración del mismo, donde se pudo observar que a medida que la concentración aumenta, la absorbancia disminuye, y esto denota que la capacidad antioxidante es mayor cuando la absorbancia es baja. (tapia manrique et al, 2018).

lo cual, indica que el aceite esencial de limoncillo posee un elevado poder reductor, debido a su alto contenido de compuesto anti radicales, (alvis et al, 2012),

#### 8.4. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA PULPA DE GUANABANA CONSERVADA

En la tabla 8 se evidencian los valores que se obtuvieron inicialmente para la selección de la pulpa de guanábana en su estado de madurez comercial datos que corroboraron con la resolución 3929 de 2013 y Vargas (2015), que señala unos °Brix de 13, acidez titulable de 0,5% expresado como ácido cítrico y pH en un rango de 3 a 4, valores que se encuentran muy cercanos a los datos obtenidos.

**Tabla 8. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana en su madurez comercial ecotipo 6.**

Propiedades fisicoquímicas	Valores
°Brix	13,0
Acidez titulable %	0,84
Ph	3,44

##### 8.4.1. Sólidos solubles totales °Brix

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efectos significativos ( $P < 0,05$ ) sobre los sólidos solubles totales de la guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa en los tratamientos. En la tabla 8 se muestran los valores medios de cada muestra con respecto a los sólidos solubles totales, comparados con los valores del estudio que realizó Méndez et al(2016), obtuvieron unos °Brix de 14,1 para la pulpa almacenada. Además, los valores de sólidos solubles totales aumentaron a medida que se aumentó la concentración durante el periodo de conservación.

**Tabla 9. Resultados de los sólidos solubles totales de la pulpa de guanábana conservada con aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Sólidos solubles totales (°Brix)		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	13,63±0,15*	15,70 ± 0,72*
0.5	14,23±0,05*	17,80 ± 0,70*
1.0	15,66 ± 0,28*	19,33 ± 0,50*

\* Desviación estándar

Como podemos observar los °Brix obtenidos en las diferentes muestras (tabla 9), se encuentran en el rango expresados por Vargas(2015), el cual maneja los

requisitos de calidad en pulpa manteniendo unos °Brix que van de 14 a 19,5. Puesto que se establece que la mejor concentración y temperatura adecuada para la conservación de la pulpa de guanábana, es 0,1% de aceite esencial de limoncillo a 6°C.

#### 8.4.2. Acidez titulable

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre la acidez titulable de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores obtenidos de acidez titulable se pueden observar en la (tabla 10) para la temperatura de 22°C, a medida que aumenta la concentración el porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico aumenta y se observa que en la mayor concentración el porcentaje de acidez es el más elevado con 1,322 y a 6°C se mantiene variable con un porcentaje más elevado para la mayor concentración de 0,981.

**Tabla 10. Resultados de acidez titulable para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Acidez titulable		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,864 ± 0,01*	0,805 ± 0,02*
0.5	0,762 ± 0,01*	0,965 ± 0,02*
1.0	0,995 ± 0,02*	1,329 ± 0,02*

\* Desviación estándar

los valores de acidez titulable de las muestras evaluadas con el aceite esencial de limoncillo, son similares a los datos expresados por Jiménez et al(2016) y los resultados de Franco et al(2014), que se encuentran en valores de 0.5 a 1% expresados como porcentaje de ácido cítrico, esto indica que el porcentaje de ácido no difiere en consideración a los resultados expresados. Se establece que la mejor concentración y temperatura para la conservación es 0,1% de aceite esencial a 6°C.

#### 8.4.3. Potencial de hidrogeno (pH)

La concentración del aceite esencial de limoncillo tuvo efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre el pH de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre la concentración (1% y 0,5%) y (1%, 0,1%) de los tratamientos, mientras que (0,1 y 0,5) no presento diferencia significativa. El pH que se manejó en las tres muestras de guanábana con diferentes concentraciones de aceite esencial de limoncillo(ver tabla 11), se encuentra un poco por debajo con respecto al pH de la pulpa de guanábana conservada por pasteurización que muestra la investigación de Durand(2015) con un valor de 4,01. Además, se observa

que a medida que se va aumentando el porcentaje de aceite de limoncillo el pH para las dos temperaturas va disminuyendo.

**Tabla 11. Resultados de pH para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Ph		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	3,53 ± 0,04*	3,53 ± 0,02*
0.5	3,51 ± 0,02*	3,51 ± 0,00*
1.0	3,5 ± 0,02*	3,43 ± 0,01*

\* Desviación estándar

Como se observa en la tabla 11 los resultados obtenidos por las muestras, el pH está en el rango que se encuentra la pulpa de guanábana para su almacenamiento como lo indica, Vargas(2015), dice que el rango de los valores de pH de la pulpa de guanábana para conservar su calidad se encuentra en los valores de 3 a 4, el cual es muy cercano a los resultados obtenidos en el presente trabajo para todas la muestra en promedio. Esto indica que la mejor concentración y temperatura para la conservación es 0,1% de aceite esencial a 6 y 22°C.

#### 8.4.4. Olor

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre el olor de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 12. Resultados de olor para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Olor		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,9 ± 0,00*	0,8 ± 0,00*
0.5	0,25 ± 0,00*	0,4 ± 0,00*
1.0	0,29 ± 0,00*	0,1 ± 0,00*

\* Desviación estándar

En la tabla 12 se encuentra la puntuación más cercana al valor óptimo de aceptación, se puede observar que la mejor concentración y temperatura para almacenar la pulpa de guanábana es 0,1% de aceite esencial a 6°C.

#### 8.4.5. Sabor

La concentración del aceite esencial de limoncillo y la temperatura de almacenamiento, tienen efectos significativos ( $p < 0,05$ ) sobre el sabor de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre la concentración (0,1% y 0,5%) y (0,1% y 1%) de los tratamientos, mientras que (1% y 0,5%) no presento diferencia significativa.

**Tabla13. Resultados de sabor para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Sabor		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,6 ± 0,00*	0,75 ± 0,00*
0.5	0,00 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
1.0	0,65 ± 0,00*	-0,8 ± 0,00*

\* Desviación estándar

En la tabla 13 se encuentra la puntuación más cercana al valor óptimo de aceptación, se puede observar que la mejor concentración y temperatura para almacenar la pulpa de guanábana en cuanto al sabor es 0,1% de aceite esencial a 22°C.

## 9. CONCLUSION

En esta investigación se determinó la conservación de la pulpa de guanábana empleando aceite esencial de limoncillo como antioxidante natural, manteniendo las características organolépticas, calidad y valor nutricional, por su parte se evaluó un diseño experimental bifactorial, el cual, permitió identificar los efectos de las variables (concentración del aceite esencial y temperatura de conservación) y sus interacciones en la calidad, teniendo como variable de respuesta los sólidos solubles totales (°Brix), potencial de hidrogena (pH), acidez, olor y sabor, arrojando así la muestra como la más opcionada con condiciones de 0.1% de concentración de aceite y 6° C en temperatura, de igual modo el rendimiento del aceite de limoncillo extraído por arrastre de vapor es aceptable, por lo que se encuentra dentro de los rangos obtenidos por los textos.

Así mismo, las pruebas fisicoquímicas que se realizaron en la evaluación de las diferentes muestras, mostraron que las características de la pulpa conservada con el aceite esencial, se obtienen dentro del rango establecido por la resolución 3929 de 2013, lo que indica que en la pulpa conservada no se alteran las características fisicoquímicas. Los valores determinados para los parámetros fisicoquímicos en muestras de aceite esencial de limoncillo concuerdan con los datos recogidos en la bibliografía y no presentan diferencias destacadas con los valores límites del aceite esencial de otras procedencias, por lo que se puede afirmar que la probabilidad de toxicidad es nula.

A su vez, Los resultados obtenidos en la prueba ABTS presentan una relación directa, es decir, que a mayor mequivtrolox/l, mayor es la actividad antioxidante, lo que da a entender que el aceite esencial de limoncillo presenta alto contenido de compuestos anti radicales o antioxidantes y se comprueba que es uno de los aceites con mayor capacidad antioxidante arrojando una media de 4271 mequi trolox / l

Cabe resaltar que la aceptación de la muestra se midió mediante una prueba hedónica sensorial, utilizando un formato de encuesta, donde se presentaron 6 muestras basados en las variables (concentración del aceite esencial y temperatura de conservación), donde se determinó que la concentración 0.1% (temperatura 22°C y temperatura 6°C) obtuvieron la mayor aceptación, esto se debe a que la concentración es más baja y se conserva más el olor característico de la guanábana.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo Meroño, Q. (1999). El aceite esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por organismos internacionales, 295. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf>
- Alomar, M. F. (2014). Antioxidantes : Captadores de radicales libres ó sinónimo de salud, 1, 11. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-04622006000200010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010)
- Alvis, A., Martínez, W., & Arrazola, G. (2012). Obtención de extractos hidroalcohólicos de limoncillo (*Cymbopogon citratus*) como antioxidante natural. *Información Tecnológica*, 23(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642012000200002>
- Alzate T. Luz M, Arteaga G. Diana M, Guerreo E. Carlos A, R. R. A. (2009). Nueva fuente de antioxidantes para el control de pardeamiento enzimático: Una alternativa para la reducción de pérdidas en poscosecha de frutas. *Gutiérrez Zoila; Ortiz Olga*, 1(1), 643–655. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.0029.2484>
- Andrade, R. D. P., Ortega, F. A. Q., Montes, E. J. M., Torres, R. G., Pérez, O. A. S., Castro, M. N., & Gutiérrez, L. A. S. (2009). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) Variedades híbrido de Klon Sali, Puerto Rico, D14 y Red. *Vitae*, 16(1), 13–18. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a02.pdf>
- Ankit Saneja, Chetan Sharma, K.R. Aneja, R. P. (2010). Pharmacognostical investigation of *Cymbopogon citratus*. *Pharmacia*, 2(2), 208–220. <https://doi.org/http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Arrazola, G., Barrera, J., & Villalba, M. (2013). Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba. *Orinoquia*, 17, 159–166. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5615249>
- Arrazola Paternina, G. S., Barrera Violeth, J. L., & Villalba, M. I. (2013). Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba, 159–166. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5615249>
- Atares, I. (2013). Determinación de la densidad de sólidos y líquidos. *Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia*, 5. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>. Artículo docente. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro.pdf?sequence=1
- Bermello, S., & García, D. (2015). Método de extracción para los compuestos esenciales del Algarrobo (*Porsopis pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial.

- Bueno, M. (2002). Aditivos antioxidantes. *Instituto de medicina biológica y antienvjecimiento*. Retrieved from <http://biosalud.org/archivos/divisiones/4aditivosantioxidantes.pdf%0afile:///c:/users/javier/downloads/documents/4aditivosantioxidantes.pdf>
- Cápiro Nancy, Sánchez-lamar Angel, Fonseca Gladys, B. L. y B. E. (2011). *Revista cubana de investigaciones biomédicas*, 30(3).
- Carciochi Ramiro, M. G. (2014). Facultad de farmacia y bioquímica lugar de trabajo : Facultad de ingeniería - uncpba - obtención de ingredientes alimenticios con capacidad antioxidante mejorada por aplicación de distintos procesos a semillas de quinoa ( *chenopodium quinoa* ) tesis presen.
- Carrión, A., & García, C. (2010). "Preparación de extractos vegetales: Determinación de eficiencia de metódica. *Universidad de cuenca*, (tesis previa a la obtención del título de bioquímica y farmecéutica), 27–31. retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2483/1/tq1005.pdf>
- Céspedes, T., & Sánchez, D. (2000). Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Revista cubana de cardiología y cirugía cardiovascular*, 14(1), 55.
- Chun, C. L., Hsiang, F. Yu, Chang, C. H., Yun, T., & Hsien, T. (2016, january 1). Effects of lemongrass oil and citral on hepatic drug-metabolizing enzymes, oxidative stress, and acetaminophen toxicity in rats. *Journal of food and drug analysis*, pp. 432–438. elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.01.008>
- Chung, J. F. R., Aguila, J. A. M. Del, Fucus, M. C. A., Vega, R. Y., & Correa, J. I. U. (2015). "Propagación botanica de annona muricata l. 'guanabana' bajo cuatro sustratos en iquitos - Perú."
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>
- Corrales, L. C., & Ariza, M. M. M. (2012). Estrés oxidativo : origen , evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Nova - publicación científica en ciencias biomédicas*, 10, 213–225.
- Dane. (2016). *Encuesta nacional agropecuaria ena-2016. Boletín técnico comunicacón informativa (dane)*. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/bol etin\\_ena\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/bol etin_ena_2016.pdf)
- Del pozo Espinosa, X. (2006). Obtencion de aceite esencial a partir de las hojas de hierba luisa (*cymbopogon citratus*), para su aplicación como antibacteriano y antimicótico.
- Dominguez, X. (2009). Destilacion por arrastre de vapor, características, ventajas y aplicaciones. *Química orgánica*, (1311), 8. Retrieved from

<http://organica1.org/1311/1311pdf10.pdf>

- Durand, Milagros. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante en pulpa fresca y pulpa pasteurizada de guanábana (*annona muricata* L.) producida en la provincia de chanchamayo.
- Echavarria, A., D'armas Regnault, H., Lisbeth, N., Matute, L., Jaramillo, C., Rojas de Astudillo, L., & Benitez, R. (2016). Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciséis plantas medicinales / evaluation of antioxidant capacity and secondary metabolites of sixteen medicinal plants extracts. *ciencia unemi*, 9(20), 29. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp29-35p>
- Eraso, C. A. G. (2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (*cavendish valery*) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico, 91.
- Espinosa, J., López, A., Alarcón, A., Ramírez, G., & Castillo, M. (2008). Extracción por arrastre de vapor y análisis de propiedades antioxidantes del aceite esencial de romero, 239–252.
- Fabre, R. (1945). Determinación de citral en aceite esencial de limón.
- Flores, A., Beristain, C. I., & Pascual, L. A. (2016). Estabilización fisicoquímica del extracto acuoso de hojas de guanábana (*annona muricata*).
- Fonseca, C., Dora, F., Cutiño, I., Rodríguez, Ramon E., & Gómez, L. A. (1999). Radicales libres y su papel en la homeostasia neuronal. *Medisan*, 3(3), 5–11. Retrieved from [http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol3\\_3\\_99/san02399.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol3_3_99/san02399.pdf)
- Franco, M., Venitez, V., & Gaviria, D. (2014). Ficha técnica pulpa de guanábana larga vida.
- Franco, M., Olaya, V., & Valenzuela, D. (2014). Ficha técnica pulpa de guanabana congelada. Retrieved from [http://www.iom.edu/~media/files/activity\\_files/global/violenceforum/2012-apr-30/07-wilkinson.pdf](http://www.iom.edu/~media/files/activity_files/global/violenceforum/2012-apr-30/07-wilkinson.pdf)
- Frijol, B. Y. R. D. E. (2007). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, (2).
- García, R. (2014). Obtención de aceite esencial de citronela (*cymbopogon winterianus*) extraído por arrastre con vapor a escala piloto: Estudio de la influencia de variables en el rendimiento y la calidad del aceite, 76.
- García, S. & Álvarez, A., (2010). Caracterización fisicoquímica de aceite esencial de limón de tucumán. , pp.1–9.
- González, C., & Ramírez, J. (2008). Determinación de citral en aceite esencial de limón.
- González-Palomares, S., Hernández-Estrada, A., & González-Sánchez, H. M. (2015). Guanábana (*annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión. *Reacción. ciencia y tecnología universitaria*, 3(1), 1–7.

- González Urango, H. K. (2008). *Caracterización de la cadena productiva del mango en el departamento de bolívar 2007-2008, mediante un modelo de simulación de redes.*
- Hernández Sampayo Juana. (2011). Determinación del potencial antioxidante en doce especies vegetales.
- Jiménez, J. O., Balois, R., Alia, I., Juárez, P., Sumaya, M. T., & Bello, J. (2016). Caracterización de frutos de guanabana (*annona muricata* L.) en tepic, nayarit, méxico\* characterization of soursop fruit (*annona muricata* L.) in tepic, nayarit, mexico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(41), 1261–1270.
- León, G., Granados, C., & Fortich, O. (2016). Caracterización de la pulpa de *annona muricata* L. Cultivada en el norte del departamento de bolivar - colombia. *Revista cubana de plantas medicinales*, 21(4), 37–53. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1028-47962016000400012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1028-47962016000400012)
- Maldonado, O., Jiménez, E., Bernabé, M., Ceballos, G., & Méndez, E. (2010). Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. *Rev med uv*, (272), 32–39.
- Méndez, . Gl., Conde, C. G., & Osorio, R. (2016). Caracterización de la pulpa de *annona muricata* L. Cultivada en el norte del departamento de bolivar - colombia characterization of the pulp of *annona muricata* L. Grown in the north of bolívar department in colombia, 21(4), 1–9.
- Meza, K., & Vargas, G. (2013). Evaluacion de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hierba luisa (*cymbopogon citratus*) poacea en una formulacion cosmetica con finalidad antiacneica.
- Mesa-Vanegas, A. M., Zapata-Uribe, S., Arana, L. M., Zapata, I. C., Monsalve, Z., & Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *ageratum conyzoides* L. *Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 14(1), 1–10.
- Mishra, D., Khare, P., Singh, D. K., Luqman, S., Ajaya Kumar, P. V., Yadav, A., ... Saikia, B. K. (2018). Retention of antibacterial and antioxidant properties of lemongrass oil loaded on cellulose nanofibre-poly ethylene glycol composite. *Industrial crops and products*, 114, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.077>
- Montoya, G. (2010). Una alternativa de diversificación para el eje cafetero. *Universidad nacional de colombia*, 1, 12–174.
- Patiño, L., Saavedra, A., Martínez, J., Patiño, L., Saavedra, A., & Martínez, J. (2014). Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial del romero. *Sucre-bolivia. M.Ramos. ciencias tecnologicas y agrarias*. Retrieved from [http://www.usfx.bo/nueva/dicyt/handbooks/ciencias\\_tecnol%3gicas\\_y\\_agrarias\\_2/ciencias\\_tecnol%3gicas\\_y\\_agrarias\\_handbook\\_vol](http://www.usfx.bo/nueva/dicyt/handbooks/ciencias_tecnol%3gicas_y_agrarias_2/ciencias_tecnol%3gicas_y_agrarias_handbook_vol)

ii/papers\_25/art15.pdf

- Peredo-Luna, H., Palou-García, E., & López-Malo, A. (2009). Aceites esenciales: Métodos de extracción. *temas selectos de ingeniería de alimentos*.
- Quitral, V., González, M. A., Carrera, C., Gallo, G., Moyano, P., Salinas, J., & Jiménez, P. (2017). Efecto de edulcorantes no calóricos en la aceptabilidad sensorial de un producto horneado. *Revista chilena de nutrición*, 44(2), 137–143. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000200004>
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista recitela*, 12(1), 83–102. retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/juan\\_ramirez-navas/publication/257890512\\_analisis\\_sensorial\\_pruebas\\_orientadas\\_al\\_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf](https://www.researchgate.net/profile/juan_ramirez-navas/publication/257890512_analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf)
- Rios, L., Lopera, G., Caicedo, R., Granda, F., Montoya, A., Restrepo, G., & Suárez, R. (2007). Extracción y caracterización de aceite de cardamomo (elettaria cardamomum) extraction and characterization of cardamom oil (elettaria cardamomum), 151, 47–52. retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v74n151/a05v74n151.pdf>
- Robledo, S., Giacomelli, L., Ceballos, C., & Mattea, M. (2013). Vegetales durante la oxidación térmica forzada iniciación, (esquema 1).
- Rodríguez, W., Castro, L., Sánchez, Y., Gómez, J., & Correa, M. (2006). Composición química del aceite esencial de las joyas de cymbopogon nardus y cymbopogon citratus. *Momentos de ciencia*, 3(1), 44–50.
- Rondon, S., León, A de, Beaver, J., & Beebe, S. (2011). Revista mexicana de ciencias agrícolas. *Inifap.gob.mx*, 2(3), 303–470.
- Saldaña Medina, J. R., & Torres Vintimilla, M. V. (2012). Efecto analgésico de aceites esenciales de hierba luisa (cymbopogon citratus), ruda (ruta graveolens), formulados como conos nasales, 1–72.
- Santos Neto, J. Dos, Schwan-Estrada, K. R. F., Alves de sena, J. O., Jardinetti, V. Do A., & Rodrigues Alencar, M. Dos S. (2016). Qualidade de frutos de tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico e tratados com subprodutos de capim limão. *Revista ciencia agronomica*, 47(4), 633–642. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160076>
- Sena. (2011). Introduccion a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromaticas. *Sistema de bibliotecas sena*, 1–33.
- Soltero, L, Garay, C., & Ruiz, J. (2010). Revista mexicana de ciencias agricolas. *Respuesta de rendimientos de hibridos de maiz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas*, 2(5), 41.
- Stapf, D. C. (2014). ( Pucciniales ) que afectan el limoncillo. *bioagro*, 26(3), 171–

176.

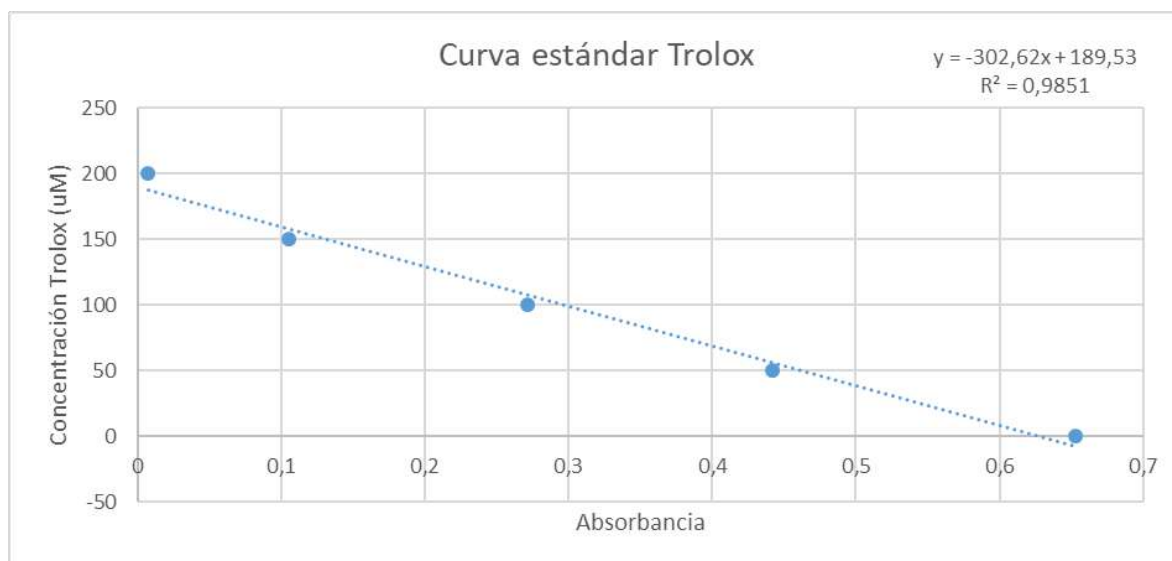
- Suárez, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A., & Feingold, S. (2009). Enzymatic browning: Phenotypic, biochemical and molecular characterization of native potatoes from Argentina. *Revista latinoamericana de la papa*, 15(1), 66–71.
- Tapia Manrique, E. R. (2018). Composición química, actividad antioxidante y anticandida albicans del aceite esencial de *Clinopodium pulchellum* (Kunth) Govaerts "panizara." *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Torrenegra Alarcon, M. E. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar extraído de especies de orégano (*Origanum vulgare*), orégano "borde blanco" (*Origanum vulgare* ssp) y orégano (Lippia alba Mill) cultivado en la zona norte del departamento de Bolívar, 131.
- Torres, E. I., Vigil, A. I.-M., & Morales, M. E. S. (2013). Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (*Coriandrum sativum*). *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 7(1), 97–103.
- Vargas Herrera, P. (2015). Estudio y análisis de la guanábana y su aplicación en la gastronomía.
- Vázquez-Briones, M., & Guerrero-Beltrán, J. (2017). Effect of essential oil of *Cymbopogon citratus* in the physicochemical properties of chitosan films. *Scientia agropecuaria*, 8(4), 401–409. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11>
- Venero Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista cubana de medicina militar*, 31(2), 126–133.
- Vit, P., Santiago, B., & Pérez-Pérez, E. M. (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39(5), 350–353.
- Xochitl Casillas Rico. (2010). Propiedades nutritivas y medicinales de la guanábana o *Annona muricata* L.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Curva estándar para análisis ABTS.

CURVA ESTANDAR							
CONC (µM Trolox)	ABS 1	ABS 2	ABS 3	PROMEDIO	R2	PENDIENTE	INTERCEPTO
0	0,6620	0,6500	0,6470	0,6530	0,9851	-302,62	189,53
50	0,4500	0,4400	0,4360	0,4420			
100	0,2640	0,2830	0,2670	0,2713			
150	0,1330	0,0990	0,0850	0,1057			
200	0,0080	0,0070	0,0070	0,0073			

### Anexo 2. Curva estándar de trolox.



**Anexo 3. Diseño de prueba hedónica. Fuente: (Quitral et al., 2017).**

De acuerdo a la escala hedónica de 3 puntos, califique los parámetros de olor y sabor de las muestras que se presenta:

Producto \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Escala hedónica	
Descripción	Valor
Me gusta	1
Ni me gusta ni me disgusta	0
No me gusta	-1

Muestra	Olor	Sabor

Observacion \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¡Gracias!

**Anexo 4. Rendimiento de la extracción por arrastre de vapor.**

	<b>PESO MUESTRA (g)</b>	<b>VOLUMEN DEL ACEITE (ml)</b>	<b>RENDIMIENTO (%)</b>
<b>Lote 1</b>	14000	32	0.228
<b>Lote 2</b>	9000	21	0.233

**Anexo 5. Análisis de Varianza para °Brix.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A:concentracion</b>	24,1011	2	12,0506	52,65	<b>0,0000</b>
<b>B:temperatura</b>	43,245	1	43,245	188,93	<b>0,0000</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
<b>AB</b>	2,41	2	1,205	5,26	<b>0,0228</b>
<b>RESIDUOS</b>	2,74667	1 2	0,228889		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	72,5028	1 7			

**Anexo 6. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por concentración.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Concentración %</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0,1	6	14,6667	0,195316	X
0,5	6	16,0167	0,195316	X
1	6	17,5	0,195316	X

**Anexo 7. Análisis de Varianza para °Brix por temperatura.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A:temperatura</b>	43,245	1	43,245	23,65	<b>0,0002</b>
<b>RESIDUOS</b>	29,2578	16	1,82861		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	72,5028	17			

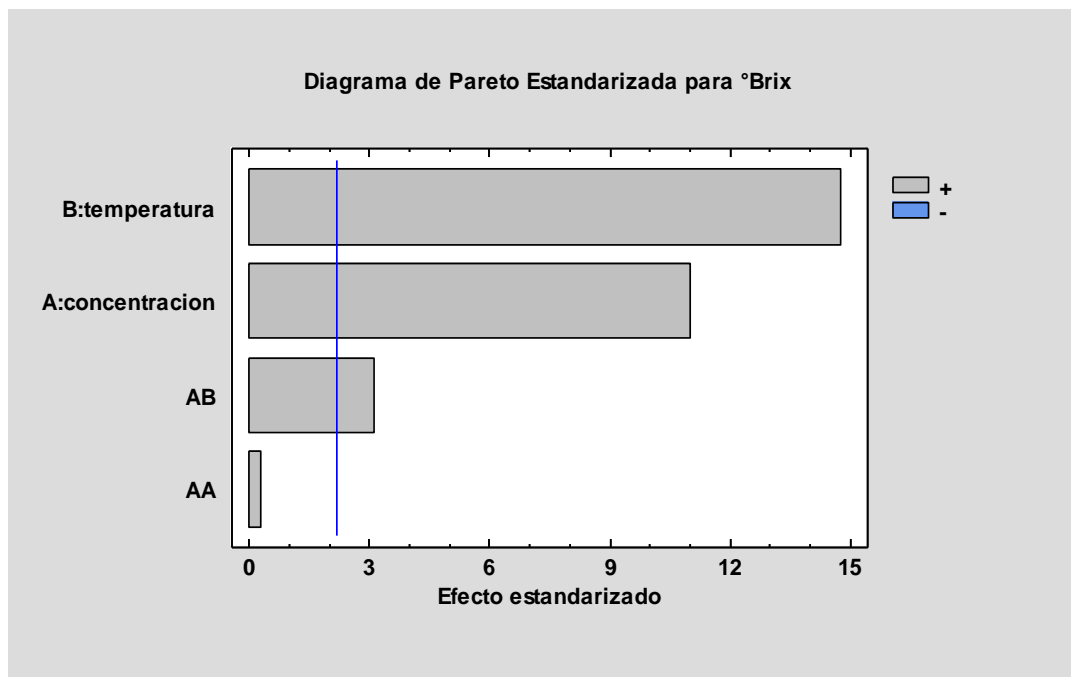
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Anexo 8. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por temperatura.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura °C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
6	9	14,5111	0,450754	X
22	9	17,6111	0,450754	X

### Anexo 9. Diagrama de Pareto estandarizado para °Brix.



### Anexo 10. Análisis de Varianza para pH.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A:concentracion</b>	0,0128111	2	0,00640556	11,09	<b>0,0019</b>
B:temperatura	0,00222222	1	0,00222222	3,85	0,0735
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00447778	2	0,00223889	3,87	0,0503
RESIDUOS	0,00693333	12	0,000577778		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0264444	17			

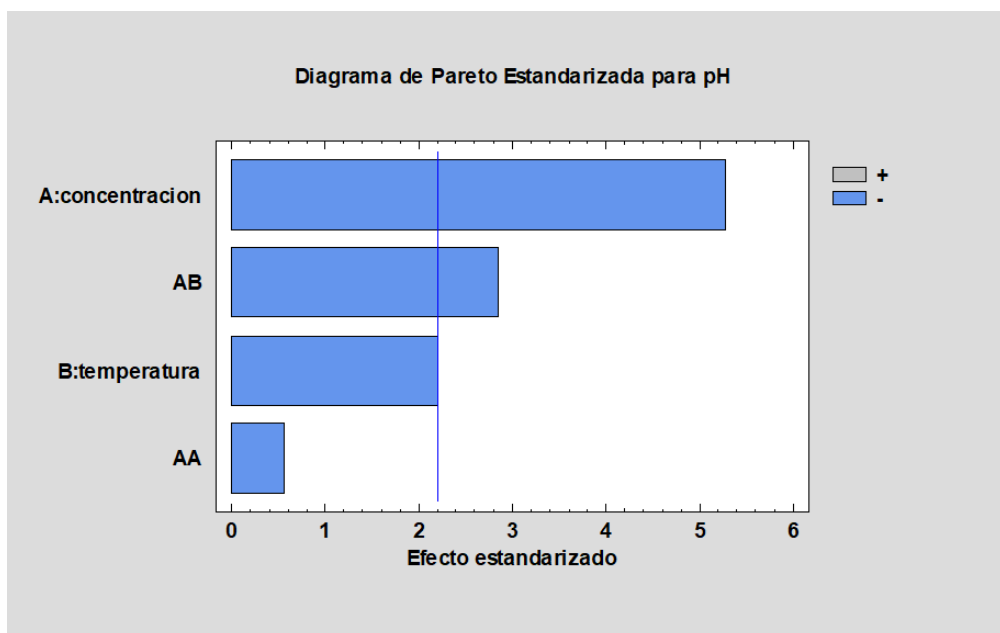
### Anexo 11. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por concentración.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Concentración %	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	3,47	0,00981307	X

0,5	6	3,50833	0,00981307	X
0,1	6	3,535	0,00981307	X

**Anexo 12. Diagrama de Pareto estandarizado para pH.**



**Anexo 13. Análisis de varianza para acidez titulable.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
<b>A:concentracion</b>	0,394875	2	0,197437	391,65	<b>0,0000</b>
<b>B:temperatura</b>	0,114401	1	0,114401	226,94	<b>0,0000</b>
INTERACCIONES					
<b>AB</b>	0,12004	2	0,0600201	119,06	<b>0,0000</b>
RESIDUOS	0,00604933	12	0,000504111		
TOTAL (CORREGIDO)	0,635366	17			

**Anexo 14. Pruebas de Múltiple Rangos para Ac titulable por concentración.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Concentración %	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0,1	6	0,834667	0,00916616	X
0,5	6	0,864	0,00916616	X
1	6	1,1625	0,00916616	X

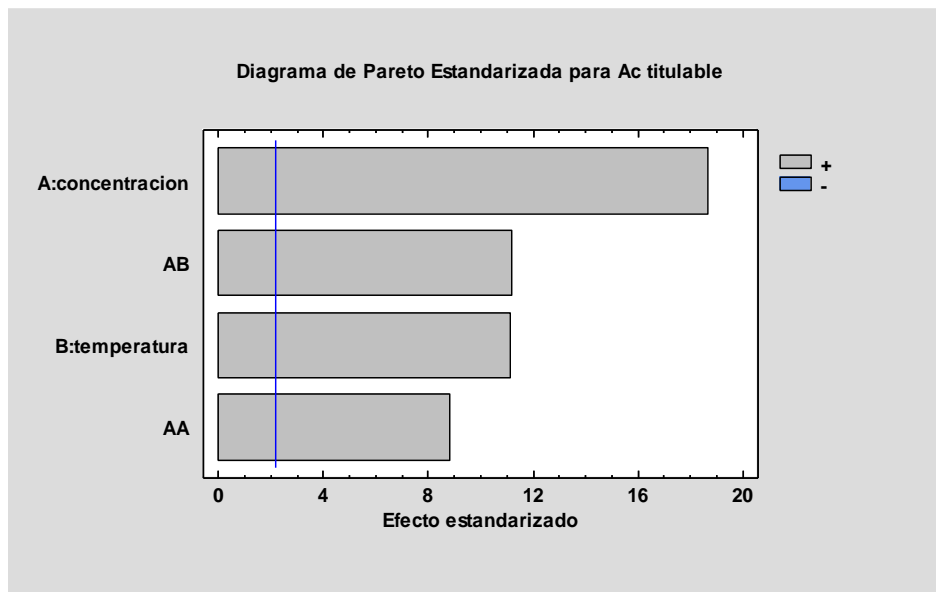
**Anexo 15. Pruebas de Múltiple Rangos para Ac titulable por temperatura.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura °C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
----------------	-------	----------	----------	-------------------

6	9	0,874	0,00748414	X
22	9	1,03344	0,00748414	X

### Anexo 16. Diagrama de Pareto estandarizado para acidez titulable.



### Anexo 17. Análisis de varianza para olor.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
<b>A:concentracion</b>	1,7775	2	0,88875	*****	<b>0,0000</b>
<b>B:temperatura</b>	0,00125	1	0,00125	*****	<b>0,0000</b>
INTERACCIONES					
<b>AB</b>	0,0475	2	0,02375	*****	<b>0,0000</b>
RESIDUOS	0	12	0		
TOTAL (CORREGIDO)	1,82625	17			

### Anexo 18. Análisis de Varianza para Olor por concentración.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
<b>A:concentracion</b>	1,7775	2	0,88875	261,95	<b>0,0000</b>
B:temperatura	0,00125	1	0,00125	0,37	0,5536
RESIDUOS	0,0475	14	0,00339286		
TOTAL (CORREGIDO)	1,82625	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Anexo 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por concentración.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

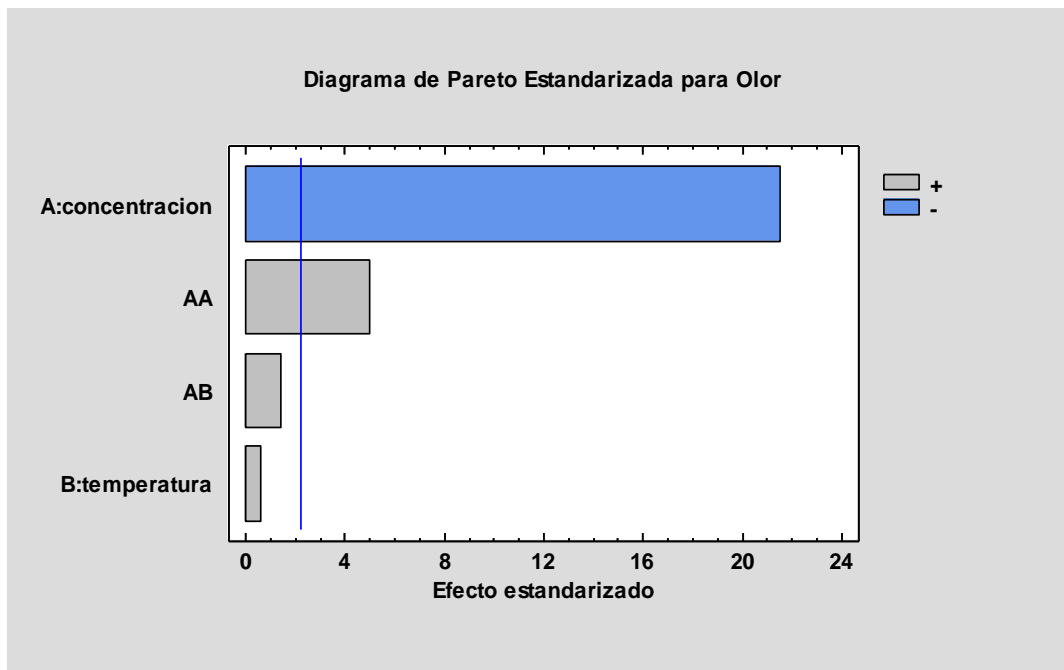
Concentración %	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	0,1	0,0237797	X
0,5	6	0,325	0,0237797	X
0,1	6	0,85	0,0237797	X

**Anexo 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por temperatura.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura °C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
6	9	0,416667	2,03816E-9	X
22	9	0,433333	2,03816E-9	X

**Anexo 21. Diagrama de Pareto estandarizado para olor.**



**Anexo 22. Análisis de varianza para sabor.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
<b>A:concentracion</b>	2,0475	2	1,02375	6,12	<b>0,0123</b>
<b>B:temperatura</b>	0,845	1	0,845	5,05	<b>0,0413</b>
RESIDUOS	2,3425	14	0,167321		
TOTAL (CORREGIDO)	5,235	17			

**Anexo 23. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por concentración.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

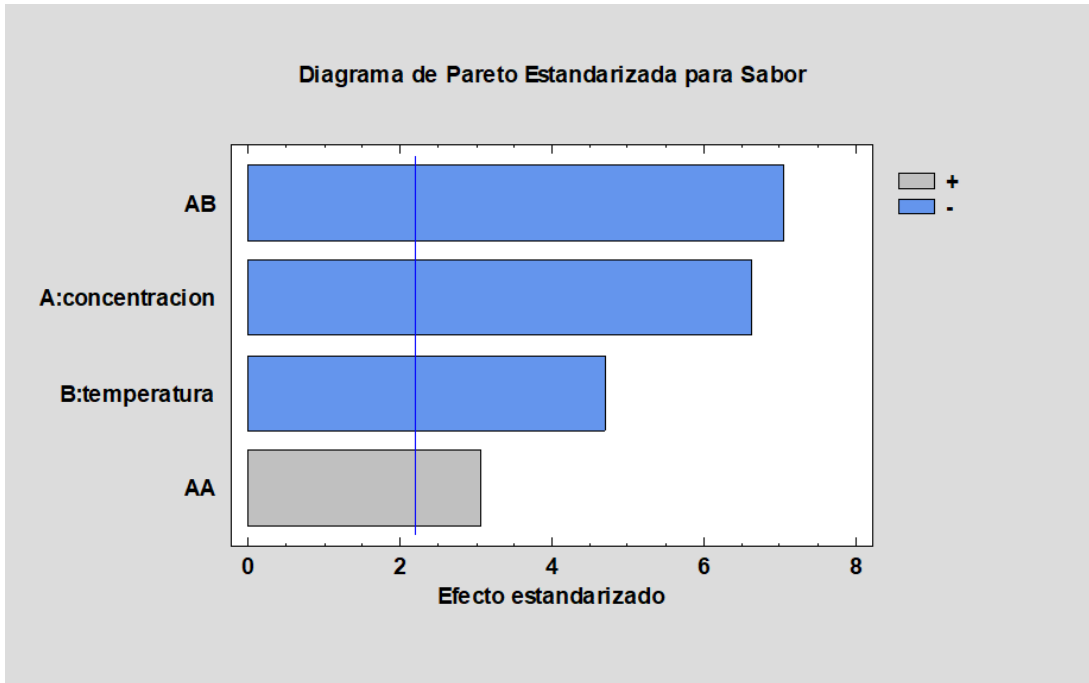
<i>Concentración %</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	6	-0,075	0,166994	X
0,5	6	0	0,166994	X
0,1	6	0,675	0,166994	X

**Anexo 24. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por temperatura.**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura °C</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
22	9	-0,0166667	0,13635	X
6	9	0,416667	0,13635	X

**Anexo 25. Diagrama de Pareto estandarización de sabor.**



Anexo 26. Pruebas a la pulpa de guanábana.



CONSERVACION DE LA PULPA DE GUANABANA (*ANNONA MURICATA*)  
UTILIZANDO EL ACEITE ESENCIAL EXTRAIDO DEL LIMONCILLO  
(*CYMBOPOGON CITRATUS*) COMO ANTIOXIDANTE NATURAL

CONSERVATION OF GUANABANA PULP (*ANNONA MURICATA*) USING THE  
ESSENTIAL OIL EXTRACTED FROM LEMONCIL (*CYMBOPOGON CITRATUS*) AS  
NATURAL ANTIOXIDANT

*Carlos D. De la hoz Flórez<sup>(1)</sup>, julio C. Ayala Zapata<sup>(2)</sup>*

Universidad Popular del Cesar (UPC), Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Valledupar-cesar,  
Colombia. cdaviddehahoz@gmail.com, jcaz12@hotmail.com

---

**RESUMEN**

La siguiente tesis tiene como objetivo conservar la pulpa de guanábana por medio del aceite esencial extraído del limoncillo en busca de suplir la necesidad de un antioxidante natural debido a las reacciones de pardeamiento enzimático que se dan en las frutas tales como la guanábana (*annona muricata*) al momento de manipularlas, las cuales producen una aceptación negativa al consumidor. Del mismo modo, los antioxidantes sintéticos con estudios toxicológicos han demostrado alto grado de toxicidad y posibilidad de promover cáncer, caso contrario con el aceite esencial de limoncillo (antioxidante natural) cuya toxicidad es baja. Se realizó un diseño experimental de dos factores, obteniendo seis tratamientos, cada uno con tres repeticiones para minimizar el error. Los datos obtenidos fueron evaluados por el software Statgraphics Centurion XVIII; se empleó el procedimiento de diferencias mínima significativa (LSD) de tukey con 95% de confianza. Para la obtención del aceite esencial de limoncillo se empleó el método arrastre de vapor a nivel de planta experimental, debido a su alto rendimiento, a su vez se determinó la capacidad antioxidante del aceite de limoncillo por medio de la prueba ABTS, seguido, se aplicó el aceite esencial de limoncillo en la pulpa de guanábana por aspersión, teniendo en cuenta las temperaturas (6 y 22 °C) y las concentraciones (0.1, 0.5 y 1%), basados en la toxicidad del aceite, así mismo, se realizó la selección por medio de un análisis sensorial (prueba hedónica). Los resultados obtenidos por la prueba ABTS, para determinar la capacidad antioxidante del aceite fue 4196meq trolox/l con una concentración de 83,91, así mismo, para la caracterización del aceite esencial del limoncillo se obtuvo los siguientes resultados densidad: 0.87g/ml; punto de ebullición: 154°C; índice de refracción: 1.4701; de igual modo para las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana conservada con las temperaturas y concentraciones de aceite a analizar se obtuvo para los °brix resultados que van desde 14 a 16; acides titulable se encuentra entre 0.5 y 1%; y el potencial de hidrogeno (pH) está dentro de 3 a 4; por otra parte, para la prueba hedónica se consto con seis muestras, de las cuales la 1 y 4 obtuvieron la aceptación.

**Palabras claves:** limoncillo, guanábana, ABTS, antioxidante, pardeamiento.

---

**SUMMARY**

The following thesis aims to preserve the soursop pulp by means of the essential oil extracted from lemongrass in order to supply the need for a natural antioxidant due to the enzymatic browning reactions that occur in fruits such as soursop (*annona muricata*) at the time of handling, which produce a negative acceptance to the consumer. In the same way, synthetic antioxidants with toxicological studies have shown a high degree of toxicity and the possibility of promoting cancer, otherwise with the essential oil of lemongrass (natural antioxidant) whose toxicity it is low. An experimental design of two factors was carried out, obtaining six treatments, each with three repetitions to minimize the error. The data obtained were evaluated by the Statgraphics Centurion XVIII software; Tukey's least significant difference (LSD) procedure was used with 95% confidence. To obtain the essential oil of lemongrass, the vapor drag method was used at the experimental plant level, due to its high performance, in turn the antioxidant capacity of the lemongrass oil was determined by means of the ABTS test, followed, it was applied the essential oil of lemongrass in the soursop pulp by spraying, taking into account the temperatures (6 and 22 °C) and the concentrations (0.1, 0.5 and 1%), based on the toxicity of the oil, likewise, the selection by sensory analysis (hedonic test). The results obtained by the ABTS test, to determine the antioxidant capacity of the oil was 4196meq trolox / l with a concentration of 83.91, likewise, for the characterization of the essential oil of lemongrass, the following density results were obtained: 0.87g / ml ; boiling point: 154 ° C; refractive index: 1.4701; In the same way, for the physicochemical properties of the preserved soursop pulp with the temperatures and concentrations of oil to be analyzed, results ranging from 14 to 16 were obtained for the ° brix; titratable acid is between 0.5 and 1%; and the hydrogen potential (pH) is within 3 to 4; On the other hand, for the hedonic test, there were six samples, of which 1 and 4 obtained acceptance.

**Key words:** lemongrass, soursop, ABTS, antioxidant, browning.

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que posee una gran diversidad de ecosistemas y microclimas, lo cual hace que su vegetación sea muy variada, enriquecida con especies endémicas y diversidad genética muy alta, dentro de ella se encuentra la región Caribe, el cual por su desarrollo agrícola se pueden encontrar algunas de las plantas que poseen aceites esenciales con principios activos y actividad biológica y/o industrial, con amplias perspectivas para llevar a cabo la investigación y el desarrollo de nuevos productos naturales que a su vez proporcionen efectos positivos para la salud (Torrenegra, 2014). Entre esas está el *cymbopogon citratus* como antioxidante natural.

El *cymbopogon citratus* es una Planta herbácea, perenne, de 0,5 a 2 m de altura, aromática, con ligero olor a limón. Hojas arrosetadas en la base de la planta, lineales, hasta de 1 m de longitud, es proveniente de Sur este de Asia, India y Sri Lanka, y se destaca por su alta capacidad antioxidante.(Stapf, 2014).

En este trabajo se pretende buscar la conservación de un fruto tropical como la *annona muricata* del Pardeamiento enzimático, por medio de un antioxidante natural obtenido del aceite esencial de *cymbopogon citratus*, inactivando la polifenol-oxidasa presente en este fruto climatérico, aprovechando su capacidad antioxidante, teniendo en cuenta que los antioxidantes son sustancias capaces de prevenir o retardar las oxidaciones catalíticas de sustratos oxidables inducido por acción de diversos agentes, tales como aire, luz, calor, metales, entre otros. Estas propiedades explican el gran interés en su utilización como aditivos en la industria alimentaria, aunque también en la industria cosmética y farmacéutica (Carciochi, 2014).

Para ello, se empleará la técnica de arrastre de vapor, el cual determina el mayor rendimiento y calidad del aceite esencial, según lo plantea García (2014); además siendo ésta más económica al momento de buscar el ahorro en la productividad. Por otro lado, se evaluará la calidad y condición del aceite esencial de limoncillo en la caracterización del aceite basado en características como: densidad, índice de refracción, punto de ebullición, pH y las propiedades fisicoquímicas de la guanaba luego de aplicarles el aceite esencial de limoncillo con, pH, °brix, acides titulable, además, de la evaluación sensorial obtenida por pruebas hedónicas

Por consiguiente, se espera obtener un retardo en el pardeamiento enzimático una vez se haya aplicado el aceite esencial de limoncillo, prolongando el tiempo de la guanábana en óptimas condiciones, es decir, llegar a la conservación y a su vez, obtener una aceptación sensorial del fruto pese a los cambios en sus características fisicoquímicas y organolépticas. como conclusión hacer un aporte significativo a la región, el departamento y la universidad popular del César obteniendo un antioxidante natural debido a que la tendencia de los consumidores se inclina hacia los alimentos libres de productos de síntesis química (pesticidas. insecticidas, fungicidas, fertilizantes, entre otros) y aditivos químicos sintéticos (neutralizantes, preservantes, antioxidantes colorantes y saborizantes), por lo que resulta interesante estudiar la actividad antioxidante de los aceites esenciales (AE) de plantas nativas para establecer su utilización potencial como aditivos naturales en los alimentos con miras a mantener una adecuada alimentación y que influya en el mantenimiento de defensas antioxidantes (Torrenegra, 2014).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó como tipo experimental con un enfoque cuantitativo, donde se observó y determinó los datos obtenidos de las variables de respuesta (pH, sólidos solubles totales, ácidos titulables, olor y sabor), mediante pruebas fisicoquímicas y hedónicas que se expresó de modo estadístico para la posterior interpretación de datos.

### 2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de estudio estuvo constituida por la guanaba (*annona muricata*) obtenida en la comercializadora Mercabastos, ubicada en la ciudad de Valledupar (cesar). Para su muestreo se utilizó aproximadamente 0.5 kg de pulpa obtenida de diferentes partes del fruto, el cual, se tomó basado en la NTC 756 (unidad de muestreo), así mismo, se cortó en partes iguales con un peso aproximado de 30 a 50. Por otra parte, se utilizó como objeto de estudio las hojas de limoncillo (*cymbopogon citratus*) localizada en el corregimiento de la mina a 41 km hacia el norte de Valledupar (cesar), que se encuentra a una altura de 500 m sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 30 °C. Se utilizaron 28 kg de hojas de limoncillo tomadas al azar del tercer lote de cultivo como muestra para la extracción del aceite esencial de esta planta de acuerdo a la metodología empleada por Espinosa et al (2008), la muestra se tomó en las horas de la mañana entre las 8-10 am con el objetivo de evitar enfermedades por rociación, posteriormente se llevó al lugar de extracción ubicado en el mismo lugar del cultivo, así mismo la extracción se hizo por arrastre de vapor a nivel de planta experimental.

### 2.3 PROCEDIMIENTO

#### 2.3.1 Obtención y adecuación de la materia prima

En la obtención de la materia prima se mantuvo la conservación de las características fisicoquímicas del material vegetal por lo cual, se seleccionó de manera objetiva rechazando aquellas que presentaron lesiones físicas, luego, se sometió a un pre-tratamiento de limpieza que consistió en separar materiales como polvo y otros componentes ajenos a los deseados, posteriormente, cada hoja fue cortada de 4 a 5 partes obteniendo aproximadamente 10 cm de longitud por cada parte, para asegurar una mayor superficie de contacto y eficiencia en la extracción del aceite (Sena, 2011). Para la selección de la guanaba se precisó tener en cuenta la NTC 5208, el cual, se tomó el ecotipo 6, que tuvo como criterio la madurez comercial, debido a la apariencia externa y coloración del fruto. A continuación, la guanábana se transportó en cavas térmicas con una temperatura aproximada de 20 a 25 °C, con el objetivo de conservarlas en óptimas condiciones, posterior a eso, se almacenó en un cuarto frío manteniendo la temperatura de transporte, evitando así daños por frío.

#### 2.3.2 Extracción del aceite esencial

La extracción del aceite se realizó en el corregimiento de la mina a 41 km hacia el norte de Valledupar a una temperatura ambiente promedio de 30°C. Se empleó una extractora (stanteel) por arrastre de vapor, a nivel de planta experimental, debido a su eficiencia (Patiño et al, 2014). Cuya capacidad máxima es de 50kg, de la cual se utilizó 23 kg pesado con una báscula, necesaria para conocer el rendimiento

mediante la ecuación (1), basados en el volumen obtenido de la extracción.

$$\text{Ecuación 1R} = \frac{V}{M} * 100$$

Donde:

V= volumen del aceite

M= peso de la muestra

### 2.3.3 Caracterización del aceite esencial de limoncillo

Al aceite esencial de limoncillo se le determinó la densidad, índice de refracción, punto de ebullición y aldehídos totales expresados como citral, descritas a continuación.

#### Densidad

Fue determinada Por picnómetro, el cual Se pesó el picnómetro vacío y luego se llenó hasta el borde superior del tubo capillary, se utilizó una balanza analítica para el registro de la masa de aceite, luego con el volumen obtenido por el picnómetro; se hizo la respectiva operación por triplicado para reducir error experimental (Atares, 2013).

$$\text{Ecuación 2. } D = \frac{M}{V}$$

Donde:

D = Densidad

M= Peso (g)

V= Volumen (ml)

#### Índice de refracción

Fue determinado por refractometria, Inicialmente se calibro el refractómetro con agua destilada, posteriormente se le adiciono una gota de la muestra en el prisma del refractómetro (ATAGO PAL.R1 con un Rango de Medida: 1.3306 a 1.5284), y se procedió a determinar el índice de

refracción, esta prueba se realizó por triplicado (Torres et al, 2013).

#### Punto de ebullición

Se utilizó un termómetro (termistor), el cual se tuvo en cuenta que este calibrado con una sustancia patrón para mayor precisión. Se procedió a medir la temperatura en el momento que comenzó las burbujas de ebullición del aceite (Rodríguez et al., 2006). Esta prueba se realizó por triplicado para disminuir el error experimental.

#### 2.3.3.1 Determinación de aldehídos totales expresados como citral:

Se determinó el porcentaje de aldehídos basado en la reacción de hidroxilamina con los aldehídos que liberan iones hidrogenados de la muestra, así mismo, se tituló por neutralización, con la finalidad de precisar que es un aceite esencial, teniendo en cuenta que el citral es el principal constituyente de la esencia del limoncillo (García y Álvarez 2010). Para la metodología se utilizó 5 g de aceite, que, a su vez, fue disuelto en 20 ml de solución de clorhidrato de hidroxilamina al 3.5%, luego se ajustó el pH a 3.4 con NaOH al 0.1 N, se dejó en contacto 15 min. Se agitó y se valoró con NaOH 0,1 N hasta pH 3.4. El contenido de aldehídos totales expresados como citral, se adquirió basado en la siguiente **ecuación 3**, (González & Ramírez, 2008)

$$\text{Ecuación 3. \% citral} = \frac{G * 2.533}{M}$$

Dónde: G: ml de hidroxilamina gastado  
M: peso de la muestra en g

#### 2.3.4 Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial del limoncillo (Cymbopogon citratus) por el método ABTS

Se cuantifico la decoloración del radical ABTS•+, por medio del radical catiónico del mismo, donde, la muestra absorbida a

una longitud de onda de 734 nm genera una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6- sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. Así mismo, se leyó el cambio en la absorbancia respecto a la referencia del reactivo a la misma longitud de onda. Los resultados se expresaron como mequi trolox/l mediante la construcción de una curva patrón usando el trolox como antioxidante (Mesa Vanegas et al, 2015).

## 2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la guanábana, se utilizó un diseño experimental factorial de dos factores (temperatura de conservación y concentración del aceite esencial del limoncillo). Se estudiaron 2 temperaturas y 3 concentraciones, en los que se tuvo 6 tratamientos, cada tratamiento se hizo por triplicado, obteniendo así un diseño con un total de 18 pruebas, En la tabla 7 se muestra el diseño del experimento.

### 2.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

		Factor A		
		0.1	0.5	1
Factor B	Concentración del aceite esencial del limoncillo %			
	Temperatura de conservación °C			
	6	TTO 1	TTO 2	TTO 3
	22	TTO 4	TTO 5	TTO 6

Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias utilizando la prueba de tukey con la ayuda del paquete estadístico Statgraphics Centurion XVII con un nivel de confianza de 95%.

## 2.5. Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana durante el almacenamiento

La guanábana despulpada se aplicó el aceite esencial de limoncillo puro por aspersión con los siguientes porcentajes 0.1%, 0.5% y 1% p/p, luego se almacenó a una temperatura de 6 y 22 °C.

**2.5.1 Propiedades fisicoquímicas.** La muestra de la guanábana (*annona muricata*) se evaluó de acuerdo a las siguientes propiedades fisicoquímicas más relevantes obtenidas por (Andrade et al., 2009), tales como: pH, sólidos solubles totales y acidez titulable. Con un tiempo aproximado 3 días durante el almacenamiento.

**Potencial de hidrogeno (pH).** Por potenciómetro adoptando el método (AOAC 10.041/84).

Se llevó la muestra homogenizada a un beaker y se leyó directamente con un pH-metro (OHOU STARTER 3100), para regular el potenciómetro se utilizó una solución buffer con un pH ajustado a 4.0 (León et al., 2016).

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Por refractometría adaptado de (AOAC932.12/90).

Se tomó una cantidad representativa de la muestra bien homogenizada y se colocó sobre el prisma del refractómetro (ATAGO PAL-1), procediéndose a leer directamente sobre la escala de °Brix previamente calibrado con agua destilada (Flores et al., 2016).

**Acidez titulable.** Por titulación adaptado de (AOAC 942.15/90).

La acidez se determinó por el método de volumetría ácido-base, con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1N, en presencia de la fenolftaleína como indicador, la acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico (Arrazola et al., 2013).

### **2.6. Evaluación del grado de aceptación de la pulpa de la guanábana mediante análisis sensorial.**

Para la evaluación sobre la aceptabilidad y preferencia de la muestra de la guanábana (*annona muricata*), específicamente en las características de olor y sabor, se llevó a cabo por la prueba orientada al consumidor (POC), en este caso se realizó la prueba sensorial o hedónica, ya que, es la prueba recomendada y más utilizada en los proyectos de investigación. Este tipo de pruebas es capaz de identificar la relativa aceptabilidad del producto, además cualquier defecto que se pueda presentar en él; generalmente para las pruebas sensoriales se utilizan escalas de intervalo con el objetivo de asegurar la validez de los métodos estadísticos utilizados en la obtención de resultados cuando se evalúa estímulos simples, por consiguiente, se utilizó la prueba hedónica en una escala de tres puntos, con el fin de determinar la diferencia en la aceptabilidad del producto con el consumidor (Ramírez, 2012). Además, se optó con la participación de 20 catadores específicamente jueces consumidores, los cuales son personas que no tienen ningún tipo de experiencia en la evaluación sensorial, sin embargo, deben ser consumidores habituales, es decir, contar con un mínimo conocimiento sobre la guanábana y el limoncillo (olor y sabor).

A continuación, el modelo que se llevó a cabo en la evaluación sensorial por la prueba orientada al consumidor “prueba hedónica” teniendo en cuenta la escala de tres puntos que se evaluará de -1, 0 y 1, donde:

-1: será “me disgusta”

0: será “ni me gusta ni me disgusta”

1: será “me gusta”

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.**

En la extracción del aceite esencial de limoncillo se obtuvo un rendimiento que corresponde a un 0.23%. valor que se encuentra cercano a lo expresado por Del pozo (2006), quien reporto un rendimiento del aceite esencial del limoncillo por este método entre 0.25 y 0.35%, el valor obtenido se encuentra dentro del rango de la cantidad media de la mayorías de las plantas aromáticas cuyo valor va de 0.1 a 2% expresado por Montoya, (2010).

### **3.2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMONCILLO.**

En la tabla 8 se muestran las características fisicoquímicas del aceite esencial extraído de limoncillo (*cymbopogon citratus*)

**Tabla 5. Resultados de la caracterización del aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

<b>Análisis</b>	<b>Valores</b>
<b>Densidad relativa</b>	0.87
<b>Punto de ebullición</b>	154° C
<b>Índice de refracción</b>	1.4701

Podemos observar que el valor obtenido de la densidad relativa se encuentra dentro del rango óptimo establecido por Meza & Vargas(2013), señala que el aceite esencial de limoncillo debe tener una densidad relativa entre 0.869 – 0.894. Así mismo para el valor del índice de refracción, según la norma IRAM-SAIPA 18505 cumple con los criterios de calidad, el cual indica que los aceites esenciales se encuentran en un rango aproximado de 1.4630 – 1.4750. Los anteriores análisis se realizaron a una temperatura promedio de 25°C.

Por otra parte, el resultado obtenido para el punto de ebullición, según lo establecido por Montoya, (2010) indica que se encuentra dentro del rango establecido para aceites esenciales que va de (150 – 300° C). a su vez, se encuentra cercano al valor reportado por Rodríguez et al, (2006) con un valor de 160°C para los aceites esenciales de limoncillo, Por lo tanto, se encuentran dentro de los parámetros de calidad.

### 3.2.1. Aldehídos expresados como citral.

A continuación, los resultados obtenidos en porcentaje para aldehídos con respecto a él volumen gastado de hidroxilamina y el peso de la muestra (tabla 6)

**Tabla 6. Resultados de aldehídos presente en una muestra de aceite esencial de limoncillo expresado como porcentaje de citral.**

Peso de la muestra (g)	5
Volumen de hidroxilamina gastado(ml)	4.3
Contenido de citral (%)	2.17

Conforme al resultado se puede afirmar que el porcentaje de citral se encuentra dentro del rango óptimo, basados en la base

teórica, en la cual, muestra el porcentaje de aldehídos que se debe encontrar en aceites esenciales, que va entre 1.99 y 3% según Albaladejo (1999). Cabe aclarar que se toma el contenido de aldehídos como citral debido a la característica de un aldehído, según Fabre(1945)lo cual, dice que el citral es el único aldehído alifático de la forma C10H16, que se ha obtenido de los aceites esenciales, y a su vez es el de mayor proporción en el limoncillo.

### 3.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los resultados obtenidos por el análisis realizado para la determinación de la capacidad antioxidante por ABTS (tabla 7), con base a lo establecido en la curva estándar

**Tabla 7. Resultados prueba ABTS**

<b>ABSORBANCIA 1:50</b>	0,34 9	0,3 46	0,33 7
<b>CONCENTRACIÓN 1:50</b>	83,915 62	84,823 48	87,547 06
<b>CONCENTRACIÓN (mequi trolox/L)</b>	<b>4196</b>	<b>4241</b>	<b>4377</b>

Los resultados de la actividad antioxidante por el método ABTS de los tres valores de la muestra nos arroja una media de 4271 mequi trolox /l, con una desviación estándar de 94. Se logra apreciar que existe una proporcionalidad directa entre la actividad antioxidante del aceite esencial y la concentración del mismo, donde se pudo observar que a medida que la concentración aumenta, la absorbancia disminuye, y esto denota que la capacidad antioxidante es mayor cuando la absorbancia es baja.(tapia manrique et al, 2018). lo cual, indica que el aceite esencial de limoncillo posee un elevado poder reductor, debido a su alto

contenido de compuesto anti radicales, (alvis et al, 2012),

### 3.4. PROPIEDADES FISCOQUIMICAS DE LA PULPA DE GUANABANA CONSERVADA

En la tabla 8 se evidencian los valores que se obtuvieron inicialmente para la selección de la pulpa de guanábana en su estado de madurez comercial datos que corroboraron con la resolución 3929 de 2013 y Vargas (2015), que señala unos °Brix de 13, acidez titulable de 0,5% expresado como ácido cítrico y pH en un rango de 3 a 4, valores que se encuentran muy cercanos a los datos obtenidos.

**Tabla 8. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de guanábana en su madurez comercial ecotipo 6.**

Propiedades fisicoquímicas	Valores
°Brix	13,0
Acidez titulable %	0,84
pH	3,44

#### 8.4.1. Sólidos solubles totales °Brix

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efectos significativos ( $P < 0,05$ ) sobre los sólidos solubles totales de la guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa en los tratamientos. En la tabla 8 se muestran los valores medios de cada muestra con respecto a los sólidos solubles totales, comparados con los valores del estudio que realizó Méndez et al(2016), obtuvieron unos °Brix de 14,1 para la pulpa almacenada. Además, los valores de sólidos solubles

totales aumentaron a medida que se aumentó la concentración durante el periodo de conservación.

**Tabla 9. Resultados de los sólidos solubles totales de la pulpa de guanábana conservada con aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Sólidos solubles totales (°Brix)		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	13,63±0,15*	15,70 ± 0,72*
0.5	14,23±0,05*	17,80 ± 0,70*
1.0	15,66 ± 0,28*	19,33 ± 0,50*

\* Desviación estándar

Como podemos observar los °Brix obtenidos en las diferentes muestras (tabla 9), se encuentran en el rango expresados por Vargas(2015), el cual maneja los requisitos de calidad en pulpa manteniendo unos °Brix que van de 14 a 19,5. Puesto que se establece que la mejor concentración y temperatura adecuada para la conservación de la pulpa de guanábana, es 0,1% de aceite esencial de limoncillo a 6°C.

#### 3.4.2. Acidez titulable

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre la acidez titulable de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores obtenidos de acidez titulable se pueden observar en la (tabla 10) para la temperatura de 22°C, a medida que aumenta la concentración el porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico aumenta y se observa que en la mayor concentración el porcentaje de acidez es el más elevado con 1,322 y a 6°C

se mantiene variable con un porcentaje más elevado para la mayor concentración de 0,981.

**Tabla 10. Resultados de acidez titulable para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Acidez titulable		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,864 ± 0,01*	0,805 ± 0,02*
0.5	0,762 ± 0,01*	0,965 ± 0,02*
1.0	0,995 ± 0,02*	1,329 ± 0,02*

los valores de acidez titulable de las muestras evaluadas con el aceite esencial de limoncillo, son similares a los datos expresados por Jiménez et al(2016) y los resultados de Franco et al(2014), que se encuentran en valores de 0.5 a 1% expresados como porcentaje de ácido cítrico, esto indica que el porcentaje de ácido no difiere en consideración a los resultados expresados. Se establece que la mejor concentración y temperatura para la conservación es 0,1% de aceite esencial a 6°C.

### 3.4.3. Potencial de hidrogeno (pH)

La concentración del aceite esencial de limoncillo tuvo efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre el pH de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre la concentración (1% y 0,5%) y (1%, 0,1%) de los tratamientos, mientras que (0,1y 0,5) no presento diferencia significativa. El pH que se manejó en las tres muestras de guanábana con diferentes concentraciones de aceite esencial de limoncillo(ver tabla 11), se

encuentra un poco por debajo con respecto al pH de la pulpa de guanábana conservada por pasteurización que muestra la investigación de Durand (2015) con un valor de 4,01. Además, se observa que a medida que se va aumentando el porcentaje de aceite de limoncillo el pH para las dos temperaturas va disminuyendo.

**Tabla 11. Resultados de pH para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

pH		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	3,53 ± 0,04*	3,53 ± 0,02*
0.5	3,51 ± 0,02*	3,51 ± 0,00*
1.0	3,5 ± 0,02*	3,43 ± 0,01*

\* Desviación estándar

Como se observa en la tabla 11 los resultados obtenidos por las muestras, el pH está en el rango que se encuentra la pulpa de guanábana para su almacenamiento como lo indica, Vargas (2015), dice que el rango de los valores de pH de la pulpa de guanábana para conservar su calidad se encuentra en los valores de 3 a 4, el cual es muy cercano a los resultados obtenidos en el presente trabajo para todas la muestra en promedio. Esto indica que la mejor concentración y temperatura para la conservación es 0,1% de aceite esencial a 6 y 22°C.

### 3.4.4. Olor

La concentración del aceite esencial de limoncillo, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre ellos tuvieron efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre

el olor de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 12. Resultados de olor para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial de limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Olor		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,9 ± 0,00*	0,8 ± 0,00*
0.5	0,25 ± 0,00*	0,4 ± 0,00*
1.0	0,29 ± 0,00*	0,1 ± 0,00*

\* Desviación estándar

En la tabla 12 se encuentra la puntuación más cercana al valor óptimo de aceptación, se puede observar que la mejor concentración y temperatura para almacenar la pulpa de guanábana es 0,1% de aceite esencial a 6°C.

### 3.4.5. Sabor

La concentración del aceite esencial de limoncillo y la temperatura de almacenamiento, tienen efectos significativos ( $p < 0,05$ ) sobre el sabor de la pulpa de guanábana. La prueba de tukey nos mostró que hubo diferencia significativa entre la concentración (0,1% y 0,5%) y (0,1% y 1%) de los tratamientos, mientras que (1% y 0,5%) no presento diferencia significativa.

**Tabla13. Resultados de sabor para la pulpa de guanábana conservada con el aceite esencial limoncillo (*cymbopogon citratus*).**

Sabor		
Concentración %	Temperatura °C	
	6	22
0.1	0,6 ± 0,00*	0,75 ± 0,00*
0.5	0,00 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
1.0	0,65 ± 0,00*	-0,8 ± 0,00*

\* Desviación estándar

En la tabla 13 se encuentra la puntuación más cercana al valor óptimo de aceptación, se puede observar que la mejor concentración y temperatura para almacenar la pulpa de guanábana en cuanto al sabor es 0,1% de aceite esencial a 22°C.

#### 4. CONCLUSION

En esta investigación se determinó la conservación de la pulpa de guanábana empleando aceite esencial de limoncillo como antioxidante natural, manteniendo las características organolépticas, calidad y valor nutricional, por su parte se evaluó un diseño experimental bifactorial, el cual, permitió identificar los efectos de las variables (concentración del aceite esencial y temperatura de conservación) y sus interacciones en la calidad, teniendo como variable de respuesta los sólidos solubles totales (°Brix), potencial de hidrogena (pH), acidez, olor y sabor, arrojando así la muestra como la más opcionada con condiciones de 0.1% de concentración de aceite y 6° C en temperatura, de igual modo el rendimiento del aceite de limoncillo extraído por arrastre de vapor es aceptable, por lo que se encuentra dentro de los rangos obtenidos por los textos.

Así mismo, las pruebas fisicoquímicas que se realizaron en la evaluación de las diferentes muestras, mostraron que las características de la pulpa conservada con el aceite esencial, se obtienen dentro del rango establecido por la resolución 3929 de 2013, lo que indica que en la pulpa conservada no se alteran las características fisicoquímicas. Los valores determinados para los parámetros fisicoquímicos en muestras de aceite esencial de limoncillo concuerdan con los datos recogidos en la bibliografía y no presentan diferencias destacadas con los valores límites del aceite esencial de otras procedencias, por lo que se puede afirmar que la probabilidad de toxicidad es nula.

A su vez, Los resultados obtenidos en la prueba ABTS presentan una relación directa, es decir, que a mayor mequivtrolox/l, mayor es la actividad antioxidante, lo que da a entender que el

aceite esencial de limoncillo presenta alto contenido de compuestos anti radicales o antioxidantes y se comprueba que es uno de los aceites con mayor capacidad antioxidante arrojando una media de 4271 mequi trolox / l

Cabe resaltar que la aceptación de la muestra se midió mediante una prueba hedónica sensorial, utilizando un formato de encuesta, donde se presentaron 6 muestras basados en las variables (concentración del aceite esencial y temperatura de conservación), donde se determinó que la concentración 0.1% (temperatura 22°C y temperatura 6°C) obtuvieron la mayor aceptación, esto se debe a que la concentración es más baja y se conserva más el olor característico de la guanábana.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo Meroño, Q. (1999). El aceite esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por organismos internacionales, 295. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf>
- Alomar, M. F. (2014). Antioxidantes : Captadores de radicales libres ó sinónimo de salud, 1, 11. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-04622006000200010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010)
- Alvis, A., Martínez, W., & Arrazola, G. (2012). Obtención de extractos hidroalcohólicos de limoncillo (*Cymbopogon citratus*) como antioxidante natural. *Informacion tecnologica*, 23(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642012000200002>

- Alzate T. Luz M, Arteaga G. Diana M, Guerreo E. Carlos A, R. R. A. (2009). Nueva fuente de antioxidantes para el control de pardeamiento enzimático: Una alternativa para la reducción de pérdidas en poscosecha de frutas. *Gutiérrez Zoila; Ortiz Olga, 1(1)*, 643–655.  
<https://doi.org/10.1590/0104-1169.0029.2484>
- Andrade, R. D. P., Ortega, F. A. Q., Montes, E. J. M., Torres, R. G., Pérez, O. A. S., Castro, M. N., & Gutiérrez, L. A. S. (2009). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*psidium guajava* L.) Variedades híbrido de klom sali, puerto rico, d14 y red. *vitae, 16(1)*, 13–18. retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a02.pdf>
- Ankit Saneja, Chetan Sharma, K.R. Aneja, R. P. (2010). Pharmacognostical investigation of cymbopogon citratus. *pharmacia, 2(2)*, 208–220. <https://doi.org/http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Arrazola, G., Barrera, J., & Villalba, M. (2013). Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*annona glabra* L.) del departamento de córdoba. *orinoquia, 17*, 159–166. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5615249>
- Arrazola Paternina, G. S., Barrera Violeth, J. L., & Villalba, M. I. (2013). Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona ( *annona glabra* L .) del departamento de córdoba, 159–166. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5615249>
- Atares, I. (2013). Determinación de la densidad de sólidos y líquidos. *Departamento de tecnología de alimentos, universidad politécnica de valencia, 5*. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>. Artículo docente. determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro.pdf?sequence=1
- Bermello, S., & García, D. (2015). Método de extracción para los compuestos esenciales del algarrobo (*porsopis pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial.
- Bueno, M. (2002). Aditivos antioxidantes. *Instituto de medicina biologica y antienvjecimiento*. Retrieved from <http://biosalud.org/archivos/divisiones/4aditivos%0aantioxidantes.pdf%0afile:///c:/users/javier/downloads/documents/4aditivos%0aantioxidantes.pdf>
- Cápiro Nancy, Sánchez-lamar Angel, Fonseca Gladys, B. L. y B. E. (2011). Revista cubana de investigaciones biomédicas, *30(3)*.
- Carciocchi Ramiro, M. G. (2014). Facultad de farmacia y bioquímica lugar de trabajo: Facultad de ingeniería - uncpba - obtención de ingredientes alimenticios con capacidad antioxidante mejorada por aplicación de distintos procesos a semillas de quinoa ( *chenopodium quinoa* ) tesis present.
- Carrión, A., & García, C. (2010). “Preparación de extractos vegetales: Determinación de eficiencia de metódica. *Universidad de cuenca*, (tesis previa a la obtención del título de bioquímica y farmecéutica), 27–31. retrieved from

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2483/1/tq1005.pdf>

- Céspedes, T., & Sánchez, D. (2000). Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Revista cubana de cardiología y cirugía cardiovascular*, 14(1), 55.
- Chun, C. L., Hsiang, F. Yu, Chang, C. H., Yun, T., & Hsien, T. (2016, January 1). Effects of lemongrass oil and citral on hepatic drug-metabolizing enzymes, oxidative stress, and acetaminophen toxicity in rats. *Journal of food and drug analysis*, pp. 432–438. elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.01.008>
- Chung, J. F. R., Aguila, J. A. M. Del, Fucus, M. C. A., Vega, R. Y., & Correa, J. I. U. (2015). “Propagación botánica de *annona muricata* L. ‘guanabana’ bajo cuatro sustratos en iquitos - Perú.”
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>
- Corrales, L. C., & Ariza, M. M. M. (2012). Estrés oxidativo : origen , evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Nova - publicación científica en ciencias biomédicas*, 10, 213–225.
- Dane. (2016). *Encuesta nacional agropecuaria ena-2016. Boletín técnico comunicación informativa (dane)*. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin\\_ena\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf)
- Del pozo Espinosa, X. (2006). Obtención de aceite esencial a partir de las hojas de hierba luisa (*cymbopogon citratus*), para su aplicación como antibacteriano y antimicótico.
- Dominguez, X. (2009). Destilación por arrastre de vapor, características, ventajas y aplicaciones. *Química orgánica*, (1311), 8. Retrieved from <http://organica1.org/1311/1311pdf10.pdf>
- Durand, Milagros. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante en pulpa fresca y pulpa pasteurizada de guanábana (*annona muricata* L.) producida en la provincia de chanchamayo.
- Echavarria, A., D’armas Regnault, H., Lisbeth, N., Matute, L., Jaramillo, C., Rojas de Astudillo, L., & Benitez, R. (2016). Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciséis plantas medicinales / evaluation of antioxidant capacity and secondary metabolites of sixteen medicinal plants extracts. *ciencia unemi*, 9(20), 29. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp29-35p>
- Eraso, C. A. G. (2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (*cavendish valery*) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico, 91.
- Espinosa, J., López, A., Alarcón, A., Ramírez, G., & Castillo, M. (2008). Extracción por arrastre de vapor y análisis de propiedades antioxidantes del aceite esencial de romero, 239–252.

- Fabre, R. (1945). Determinación de citral en aceite esencial de limón.
- Flores, A., Beristain, C. I., & Pascual, L. A. (2016). Estabilización fisicoquímica del extracto acuoso de hojas de guanábana (*annona muricata*).
- Fonseca, C., Dora, F., Cutiño, I., Rodríguez, Ramon E., & Gómez, L. A. (1999). Radicales libres y su papel en la homeostasia neuronal. *Medisan*, 3(3), 5–11. Retrieved from [http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol3\\_3\\_99/san02399.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol3_3_99/san02399.pdf)
- Franco, M., Venitez, V., & Gaviria, D. (2014). Ficha tecnica pulpa de guanábana larga vida.
- Franco, M., Olaya, V., & Valenzuela, D. (2014). Ficha tecnica pulpa de guanabana congelada. Retrieved from <http://www.iom.edu/~media/files/activity/files/global/violenceforum/2012-apr-30/07-wilkinson.pdf>
- Frijol, B. Y. R. D. E. (2007). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, (2).
- Garcia, R. (2014). Obtención de aceite esencial de citronela (*cymbopogon winterianus*) extraído por arrastre con vapor a escala piloto: Estudio de la influencia de variables en el rendimiento y la calidad del aceite, 76.
- Garcia, S. & Alvarez, A., (2010). Caracterización fisicoquímica de aceite esencial de limón de tucumán. , pp.1–9.
- González, C., & Ramírez, J. (2008). Determinación de citral en aceite esencial de limón.
- González-Palomares, S., Hernández-Estrada, A., & González-Sánchez, H. M. (2015). Guanábana (*annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión. *Reacción. ciencia y tecnología universitaria*, 3(1), 1–7.
- González Urango, H. K. (2008). *Caracterización de la cadena productiva del mango en el departamento de bolívar 2007-2008, mediante un modelo de simulación de redes*.
- Hernández Sampayo Juana. (2011). Determinación del potencial antioxidante en doce especies vegetales.
- Jiménez, J. O., Balois, R., Alia, I., Juárez, P., Sumaya, M. T., & Bello, J. (2016). Caracterización de frutos de guanabana (*annona muricata* L.) en tepic, nayarit, México\* characterization of soursop fruit (*annona muricata* L.) in tepic, nayarit, Mexico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(41), 1261–1270.
- León, G., Granados, C., & Fortich, O. (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), 37–53. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1028-47962016000400012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1028-47962016000400012)
- Maldonado, O., Jiménez, E., Bernabé, M., Ceballos, G., & Méndez, E. (2010). Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. *Rev med uv*, (272), 32–39.
- Méndez, . Gl., Conde, C. G., & Osorio, R. (2016). Caracterización de la pulpa

- de annona muricata l . Cultivada en el norte del departamento de bolivar - colombia characterization of the pulp of annona muricata l . Grown in the north of bolívar department in colombia, *21*(4), 1–9.
- Meza, K., & Vargas, G. (2013). Evaluacion de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hierva luisa (*cymbopogon citratus*) poacea en una formulacion cosmetica con finalidad antiacneica.
- Mesa-Vanegas, A. M., Zapata-Uribe, S., Arana, L. M., Zapata, I. C., Monsalve, Z., & Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de ageratum conyzoides l. *Boletin latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromaticas*, *14*(1), 1–10.
- Mishra, D., Khare, P., Singh, D. K., Luqman, S., Ajaya Kumar, P. V., Yadav, A., ... Saikia, B. K. (2018). Retention of antibacterial and antioxidant properties of lemongrass oil loaded on cellulose nanofibre-poly ethylene glycol composite. *Industrial crops and products*, *114*, 68–80.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.077>
- Montoya, G. (2010). Una alternativa de diversificación para el eje cafetero. *Universidad nacional de colombia*, *1*, 12–174.
- Patiño, L., Saavedra, A., Martínez, J., Patiño, L., Saavedra, A., & Martínez, J. (2014). Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial del romero. *Sucre-bolivia. M.Ramos. ciencias tecnologicas y agrarias*. Retrieved from [http://www.usfx.bo/nueva/dicyt/handbooks/ciencias\\_tecnol%3gicas\\_y\\_agrarias\\_2/ciencias\\_tecnol%3gicas\\_y\\_agrarias\\_handbook\\_vol\\_ii/papers\\_25/art15.pdf](http://www.usfx.bo/nueva/dicyt/handbooks/ciencias_tecnol%3gicas_y_agrarias_2/ciencias_tecnol%3gicas_y_agrarias_handbook_vol_ii/papers_25/art15.pdf)
- Peredo-Luna, H., Palou-García, E., & López-Malo, A. (2009). Aceites esenciales: Métodos de extracción. *temas selectos de ingeniería de alimentos*.
- Quitral, V., González, M. A., Carrera, C., Gallo, G., Moyano, P., Salinas, J., & Jiménez, P. (2017). Efecto de edulcorantes no calóricos en la aceptabilidad sensorial de un producto horneado. *Revista chilena de nutrición*, *44*(2), 137–143.  
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000200004>
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista recitela*, *12*(1), 83–102. retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/juan\\_ramirez-navas/publication/257890512\\_analisis\\_sensorial\\_pruebas\\_orientadas\\_al\\_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf](https://www.researchgate.net/profile/juan_ramirez-navas/publication/257890512_analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf)
- Rios, L., Lopera, G., Caicedo, R., Granda, F., Montoya, A., Restrepo, G., & Suárez, R. (2007). Extracción y caracterización de aceite de cardamomo (*elettaria cardamomum*) extraction and characterization of cardamom oil (*elettaria cardamomum*), *151*, 47–52. retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v74n151/a05v74n151.pdf>
- Robledo, S., Giacomelli, L., Ceballos, C., & Mattea, M. (2013). Vegetales

- durante la oxidación térmica forzada iniciación, (esquema 1).
- Rodríguez, W., Castro, L., Sánchez, Y., Gómez, J., & Correa, M. (2006). Composición química del aceite esencial de las hojas de *cymbopogon nardus* y *cymbopogon citratus*. *Momentos de ciencia*, 3(1), 44–50.
- Rondon, S., León, A de, Beaver, J., & Beebe, S. (2011). Revista mexicana de ciencias agrícolas. *Inifap.gob.mx*, 2(3), 303–470.
- Saldaña Medina, J. R., & Torres Vintimilla, M. V. (2012). Efecto analgésico de aceites esenciales de hierba luisa (*cymbopogon citratus*), ruda (*ruta graveolens*), formulados como conos nasales, 1–72.
- Santos Neto, J. Dos, Schwan-Estrada, K. R. F., Alves de sena, J. O., Jardimetti, V. Do A., & Rodrigues Alencar, M. Dos S. (2016). Qualidade de frutos de tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico e tratados com subprodutos de capim limão. *Revista ciencia agronomica*, 47(4), 633–642. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160076>
- Sena. (2011). Introduccion a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromaticas. *Sistema de bibliotecas sena*, 1–33.
- Soltero, L, Garay, C., & Ruiz, J. (2010). Revista mexicana de ciencias agrícolas. *Respuesta de rendimientos de hibridos de maiz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas*, 2(5), 41.
- Stapf, D. C. (2014). ( Pucciniales ) que afectan el limoncillo. *bioagro*, 26(3), 171–176.
- Suárez, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A., & Feingold, S. (2009). Enzimatic browning : Phenotypic , biochemical and molecular characterization of native potatoes from argentina. *Revista latinoamericana de la papa*, 15(1), 66–71.
- Tapia Manrique, E. R. (2018). Composición química, actividad antioxidante y anticandida albicans del aceite esencial de *clinopodium pulchellum* (kunth) govaerts “panizara.” *Universidad nacional mayor de san marcos*.
- Torrenegra Alarcon, M. E. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar extraido de especies de oregano (*origanum vulgare*), oregano “borde blanco” (*origanum vulgare* ssp) y oreganito (*lippia alba* mill) cultivado en la zona norte del departamento de bolívar, 131.
- Torres, E. l., Vigil, A. l.-m., & Morales, m. e. s. (2013). Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (*coriandrum sativum*). *temas selectos de ingeniería en alimentos*, 7(1), 97–103.
- Vargas Herrera, P. (2015). Estudio y análisis de la guanábana y su aplicación en la gastronomía.
- Vázquez-Briones, M., & Guerrero-Beltrán, J. (2017). Effect of essential oil of *cymbopogon citratus* in the physicochemical properties of chitosan films. *Scientia agropecuaria*, 8(4), 401–409. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11>
- Venero Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo , radicales libres y

antioxidantes. *Rev cubana med milit*,  
31(2), 126–133.

Vit, P., Santiago, B., & Pérez-Pérez, E. M.  
(2014). Composición química y  
actividad antioxidante de pulpa, hoja  
y semilla de guanábana *annona*  
*muricata* l. *Interciencia*, 39(5), 350–  
353.

Xochitl Casillas Rico. (2010). Propiedades  
nutritivas y medicinales de la  
guanábana o *annona muricata* l.