

Valorización de Productos Derivados de la Guanábana en el Departamento de Santander

Mónica Lorena Niño Chávez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniera Química

Director

Hernando Guerrero Amaya

Doctor en Electroquímica Ciencia y Tecnología

Codirectora

Luz Marina Ballesteros Rueda

Doctora en Electroquímica Ciencia y Tecnología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

*A Dios porque en sus manos están la fuerza y el poder, y de él procede la riqueza y el honor.*

*A mi madre por su infinito amor, por su apoyo incondicional, por cada sacrificio, por ser mi amiga y el impulso de mi vida. A mi papá que, con su trabajo duro, esfuerzo, educación y confianza, creó la mujer que soy ahora. A mi hermanita por su cariño y creer siempre en mí. A Jeffer por su amor, incondicionalidad, confianza y por enseñarme a disfrutar los buenos y malos momentos.*

*A Lizet, Nicolas, Sergio, Iván, Alejandra, Sebastián y Wilmer por su amistad, paciencia, confianza y apoyo, porque además de compartir conocimiento y noches largas de trabajo, se forjaron fuertes lazos de amistad.*

*A mis profesores de universidad, en especial al profesor Hernando Guerrero y la profesora Luz Marina Ballesteros por la confianza, el apoyo, tiempo y enseñanzas brindadas a lo largo de la carrera.*

*Dedico esta meta cumplida a mi madre,*

*Ana Chávez Rincón, por ser todo en mi vida.*

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme los conocimientos y capacidades para enfrentar las adversidades.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Química por su dedicación, enseñanza, por los conocimientos compartidos y su entrega para formar profesionales de alta calidad.

Al profesor Hernando Guerrero y la profesora Luz Marina Ballesteros, por la confianza, orientación y apoyo en la elaboración de la revisión bibliográfica y la oportunidad de afianzar mis conocimientos con la ejecución de la propuesta elaborada.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos .....	12
1.1. Objetivo General.....	12
1.2. Objetivos Específicos.....	12
2. Marco Teórico.....	13
3. Metodología .....	17
3.1. Generalidades de la guanábana .....	18
3.1.1. Caracterización del cultivo .....	18
3.1.2. Variedades de la guanábana.....	22
3.1.3. Condiciones climáticas .....	23
3.1.4. Caracterización del fruto.....	23
3.2. Productos derivados de la guanábana .....	24
4. Resultados .....	28
4.1. Propuesta 1. Producción de Polvo Deshidratado de Guanábana Mediante Secado por Atomización.....	28
4.1.1. Secado por atomización .....	28
4.1.2. Procesamiento de la guanábana .....	29
4.2. Propuesta 2. Producción de Etanol Mediante la Fermentación de Lixiviados de Guanábana.....	32
4.2.1. Fermentación Alcohólica .....	32
4.2.2. Procesamiento de la Guanábana .....	35

4.3.	Viabilidad de las Propuestas Planteadas .....	38
4.4.	Producción y Mercado Nacional de Guanábana y Etanol .....	40
4.4.1.	Producción de Guanábana.....	40
4.4.2.	Precios de la Guanábana en el Mercado Nacional.....	43
4.4.3.	Desperdicios de Alimentos en Colombia.....	44
4.4.4.	Producción de Etanol .....	44
4.5.	Situación Económica Nacional .....	46
5.	Conclusiones .....	48
6.	Recomendaciones .....	48
	Referencias Bibliográficas .....	50

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Caracterización Fisicoquímica de Guanábana Producida en Córdoba</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>Contenido de Minerales en la Pulpa de Guanábana Cultivada en Bolívar Colombia</i> .	14
<b>Tabla 3.</b> <i>Descriptores Morfológicos del Cultivo de Guanábana en la Zona Valle del Alto Magdalena</i> .....	20

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> <i>Diagrama Metodológico</i> .....	17
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de Bloques para la Obtención de Polvos Deshidratados de Guanábana...</i>	30
<b>Figura 3.</b> <i>Diagrama del Secado por Aspersión de Guanábana</i> .....	31
<b>Figura 4.</b> <i>Transformación de la Glucosa en Etanol con Saccharomyces Cerevisiae</i> .....	35
<b>Figura 5.</b> <i>Diagrama de Bloques para la Obtención de Etanol a partir de Guanábana</i> .....	38
<b>Figura 6.</b> <i>Área Sembrada y Cosechada del Cultivo de Guanábana en el País</i> .....	41
<b>Figura 7.</b> <i>Calendario de siembras y cosechas del cultivo de guanábana 2017</i> .....	42
<b>Figura 8.</b> <i>Rendimiento del cultivo de guanábana año 2007-2017</i> .....	43
<b>Figura 9.</b> <i>Oferta y demanda de etanol año 2008-2018</i> .....	45
<b>Figura 10.</b> <i>Matriz FODA</i> .....	46
<b>Figura 11.</b> <i>Variación porcentual del PIB</i> .....	47

## Resumen

**Título:** Valorización de Productos Derivados de la Guanábana en el Departamento de Santander\*

**Autor:** Mónica Lorena Niño Chávez\*\*

**Palabras Clave:** *Annona Muricata*, Guanábana, Polvos Deshidratados, Fermentación, Etanol

**Descripción:** En Colombia la producción de productos derivados de la guanábana con valor agregado es baja en comparación a la cantidad producida, el 85% de los cultivos carecen de tecnificación generando una diversidad genética en la fruta y dificultando el proceso de estandarización para la elaboración de productos derivados. El propósito del presente trabajo es realizar una revisión del estado del arte sobre las características del fruto y los productos derivados de la guanábana producida en el departamento de Santander, que sirva de sustento a la formulación de un proyecto de investigación financiado. A partir de la información encontrada y teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible se eligieron dos propuestas; la producción de polvo deshidratado de guanábana mediante secado por atomización y la producción de etanol mediante la fermentación de lixiviados de guanábana, para las cuales se propusieron los procesos físicos y químicos para el procesamiento de la fruta. Teniendo en cuenta que el Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos CICTA de la Universidad Industrial de Santander ha trabajado en la fermentación de sustratos de origen vegetal y la coyuntura presentada actualmente por el COVID-19 aumentó la demanda de productos antisépticos y desinfectantes; se eligió la producción de etanol mediante la fermentación de lixiviados de guanábana que sirvió de base para la elaboración de la propuesta “Establecimiento de las condiciones más favorables en la producción de etanol mediante la fermentación de guanábana (*Annona Muricata*) utilizando levaduras nativas de Santander”, presentada en la convocatoria interna de investigación “Aporte UIS frente a la pandemia por la Covid-19”, la cual fue elegida entre los proyectos financiables, pero aún no ha iniciado la etapa de ejecución.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Hernando Guerrero Amaya, Doctor en Electroquímica Ciencia y Tecnología. Codirectora: Luz Marina Ballesteros Rueda, Doctora en Electroquímica Ciencia y Tecnología

### Abstract

**Title:** Valuation of Products Derived from Soursop in the Department of Santander<sup>1</sup>

**Author:** Mónica Lorena Niño Chávez<sup>2</sup>

**Key Words:** *Annona Muricata*, Soursop, Dehydrated Powders, Fermentation, Ethanol

**Description:** In Colombia, the production of products derived from soursop with added value is low compared to the quantity produced, 85% of the crops lack modernization, generating genetic diversity in the fruit and making the standardization process for the elaboration of derived products difficult. The purpose of this work is to carry out a review of the state of the art on the characteristics of the fruit and products derived from the soursop produced in the department of Santander, which will serve as support for the formulation of a funded research project. From the information found and taking into account the Sustainable Development Goals, two proposals were chosen; the production of dehydrated soursop powder through spray drying and the production of ethanol through the fermentation of soursop leachates, for which the physical and chemical processes for the fruit processing were proposed. Taking into account that the CICTA Food Science and Technology Research Group of the Industrial University of Santander has worked on the fermentation of substrates of vegetable origin and the situation currently presented by COVID-19 increased the demand for antiseptic and disinfectant products; The production of ethanol was chosen through the fermentation of soursop leachates, which served as the basis for the elaboration of the proposal "Establishment of the most favorable conditions in the production of ethanol through the fermentation of soursop (*Annona Muricata*) using native yeasts of Santander" , presented in the internal call for research "UIS Contribution to the Covid-19 pandemic", which was chosen among the bankable projects, but the execution stage has not yet begun.

---

<sup>1</sup> Degree Work

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Hernando Guerrero Amaya, Doctor en Electroquímica Ciencia y Tecnología. Codirectora: Luz Marina Ballesteros Rueda, Doctora en Electroquímica Ciencia y Tecnología

## Introducción

En Colombia la producción de productos derivados de la guanábana con valor agregado es del 1% en comparación a la cantidad producida, sin embargo, la pulpa de fruta, productos para usos medicinales contra el cáncer y saborizantes para bebidas son las presentaciones de exportación con mayor demanda (La República, 2019). En el país aproximadamente el 85% del cultivo de guanábana carece de tecnificación y esto genera una gran variedad genética en los árboles y en la producción; de esta manera se dificulta la estandarización de los procesos llevados a cabo para la obtención de dichos productos (Corporación colombiana de investigación agropecuaria & AGROSAVIA, 2019). Esta fruta es un alimento perecedero pues debe comercializarse rápidamente, ya que en poco tiempo se deteriora y pierde sus propiedades fisicoquímicas, además por su voluminosidad se hace difícil el transporte (Flórez Aristizabal, 2018). Para el año 2017 los departamentos con mayor producción expresada en toneladas de fruto fresco fueron Tolima con 9.561, Santander 10.540, Boyacá 7.840 y Antioquia con 3.532, siendo Boyacá y Santander los departamentos con mayor rendimiento (toneladas de fruto fresco/hectáreas cosechadas) 13,94% y 13,76% respectivamente. En el departamento de Santander los principales municipios productores son Girón, Lebrija y Albania con rendimientos de 12%, 20% y 25% respectivamente (Minagricultura & Gobierno de Colombia, 2018).

El cultivo de la guanábana presenta gran variedad a la hora de obtener productos derivados, ya que existe la posibilidad de extraer beneficios del árbol en general; del tallo y las hojas se obtienen polvos que frecuentemente son usados para infusiones orgánicas naturales, del fruto se producen pulpas, jugos, saborizantes, vinagre, bebidas espirituosas, caramelos, jarabes y alcohol, de la semilla se puede extraer aceite con ácidos grasos insaturados. Por este motivo, se formula la siguiente pregunta: ¿Cuáles pueden ser los productos derivados de la guanábana producida en los

municipios de Santander que generen mayores posibilidades de comercialización y mejores utilidades?

Gracias a la documentación de antiguos estudios se avanza en nuevas investigaciones de manera rápida, ya sea para realizar un estudio más profundo sobre el tema, refutar o analizar los saberes acumulados. Anteriormente esta búsqueda era bastante ardua y se realizaba a mano tomando fotocopias de los artículos de interés, lo que conllevaba a un acceso de información limitado y tardaba mucho tiempo, actualmente con el internet y la aparición de las bases de datos, dicha información está al alcance de todos de manera rápida y efectiva, pero su desventaja se presenta cuando la información encontrada esencial o no es demasiada, generando por esta razón la importancia de clasificar, analizar y evaluar la información (Goris, Silamani J. Adolf Guirao, 2015).

El presente trabajo realiza una revisión del estado del arte sobre los productos derivados de la guanábana en el departamento de Santander, que sirva de sustento a la formulación de un proyecto de investigación financiado para darles valor agregado, conociendo las características de la planta y la fruta, los productos con mayor auge en el mercado santandereano, las operaciones y métodos para el procesamiento de la fruta y las formas de comercialización con mayor viabilidad, teniendo como fuentes de exploración las bases de datos principales.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo General

Realizar una revisión del estado del arte sobre los productos derivados de la guanábana producida en el departamento de Santander, que sirva de sustento a la formulación de un proyecto de investigación financiado para darles valor agregado

### 1.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar productos viables e innovadores hechos a base de *Annona Muricata* que permitan generar un valor agregado
- Establecer los procesos de transformación de la fruta que sean idóneos para la fabricación de productos derivados
- Estimar variables económicas asociadas al mercado que permitan evaluar la viabilidad de la producción y la comercialización de los productos a obtener

## 2. Marco Teórico

Su nombre científico *Annona Muricata* L. de la familia de *Annonaceae*, genero *Annona* conocida con varios nombres como guanábana, graviola, corosol, masasamba, catuche, entre otros, es una planta originaria de las zonas tropicales cálidas de América altamente distribuida en Colombia, Perú y Ecuador. El árbol tiene una ramificación baja con hojas suaves, brillantes y color verde intenso; su fruto puede pesar entre 0,4 y 4 kilogramos, dependiendo del país donde es producida (Qazi et al., 2018); debido a que la guanábana no se autopoliniza, este proceso lo realizan las hormigas, escarabajos y los cultivadores (Ferreira, 1979).

La guanábana tiene forma oblonga cónica, cubierta por una cáscara con espinas carnosas y suaves, su pulpa es blanca, jugosa, cremosa y con agradable sabor agrídulce, está conformada en gran parte por agua y sales minerales, hierro, calcio, fósforo, rica en vitamina C y B y en provitamina A, en promedio una guanábana puede tener en su interior 200 semillas de color negro, de forma ovoide con un tamaño entre 1 a 2 cm de largo (Márquez Cardozo, 2009).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio realizado por Arrázola Paternina et al. (2013), en el que para la caracterización fisicoquímica de la guanábana Cimarrona producida en el departamento de Córdoba se tuvieron en cuenta tres estados diferentes de madurez (verde, pintona y madurez comercial).

**Tabla 1**

*Caracterización Fisicoquímica de Guanábana Producida en Córdoba*

Análisis	Verde	Pintona	Madurez Comercial
Ph	4,666	5,000	4,000
Acidez	1,400	2,220	4,200

Análisis	Verde	Pintona	Madurez Comercial
°Brix	7,333	11,333	15,833
Acidez titulable	2,000	3,170	6,000
Índice Madurez	1,361	0,776	0,502
Sacarosa	0,300	0,660	0,924
Fructosa	0,291	0,602	0,895
Glucosa	0,286	0,509	0,895
Fibra	7,000	12,167	6,500
Cenizas	0,500	1,000	0,666
Vitamina C	3,166	2,833	5,000
Sólidos	17,000	16,333	20,500
Humedad	82,000	82,667	88,500

Tomada de: Arrazola-Paternina, Barrera-Violeth, & Villalba-Cadavid, (2013)

De acuerdo con Méndez León et al. (2016), el contenido de minerales en la pulpa de la guanábana cultivada en el departamento de Bolívar presenta los siguientes resultados

**Tabla 2**

*Contenido de Minerales en la Pulpa de Guanábana Cultivada en Bolívar Colombia*

Minerales	Resultados [mg]
Calcio	39,13 ± 0,20
Potasio	45,2 ± 0,35
Sodio	0,09 ± 0,05
Magnesio	20 ± 0,10

Minerales	Resultados [mg]
Hierro	0,60 ± 0,02

Tomada de: Méndez León, Granados Conde, & Osorio Fortich, María del Rosario, (2016)

La caracterización de la fruta es importante para la toma de decisiones a nivel industrial, ya sea para la producción de productos derivados de la guanábana o su comercialización en fruto fresco.

Para dar valor agregado a los cultivos en Santander se realiza el tratamiento de frutas; como el zumo orgánico natural de limón, mandarina y naranja en el municipio de Guapotá, para el cual se hace el seguimiento al cultivo para que su recolección sea la adecuada, es decir en el punto óptimo de madurez, en la recepción la fruta se clasifica dejando a un lado aquella que no cumpla con los estándares de calidad, después esta es llevada a un proceso energético de desinfección con agua, luego con una máquina se realiza el proceso de extracción que separa el zumo de la fibra y cáscara, se continua con el tratamiento térmico para eliminar cualquier patógeno microbiano presente, en este proceso se evita la alteración de las características alimenticias y organolépticas, por último se envasa; generalmente en recipientes de plástico o vidrio (Lizarazo Guerron & Sierra Cubillos, 2020).

La demanda nacional de jugos cítricos es alta y se requiere importación, pues la fruta producida en cuanto a las exigencias de la industria no es la óptima y mejorar la situación aumentaría el costo de producción dejando a la industria nacional con precios por encima de los ofertados por la competencia importadora de bebidas, zumos o néctares del producto (Paipa Gonzalez, 2010).

En la provincia de Vélez existen empresas productoras de bocadillos y conservas los cuales resultan de la cocción de una mezcla de guayaba madura y azúcar blanco o panela pulverizada, la fruta debe tener un pretratamiento donde se extraen las imperfecciones y se realiza la debida limpieza, al obtener los bloques del color, textura y sabor deseado son envueltos en hojas de bijao (Cepeda & González González, 2017), los cuales son vendidos en diferentes ciudades del país; como Bogotá, Medellín y Bucaramanga, otros son exportados en su mayoría a Estados Unidos según datos de exportaciones anualmente salen del país 253 toneladas de bocadillo de guayaba (Caro Salamanca & Diaz Ochoa, 2016).

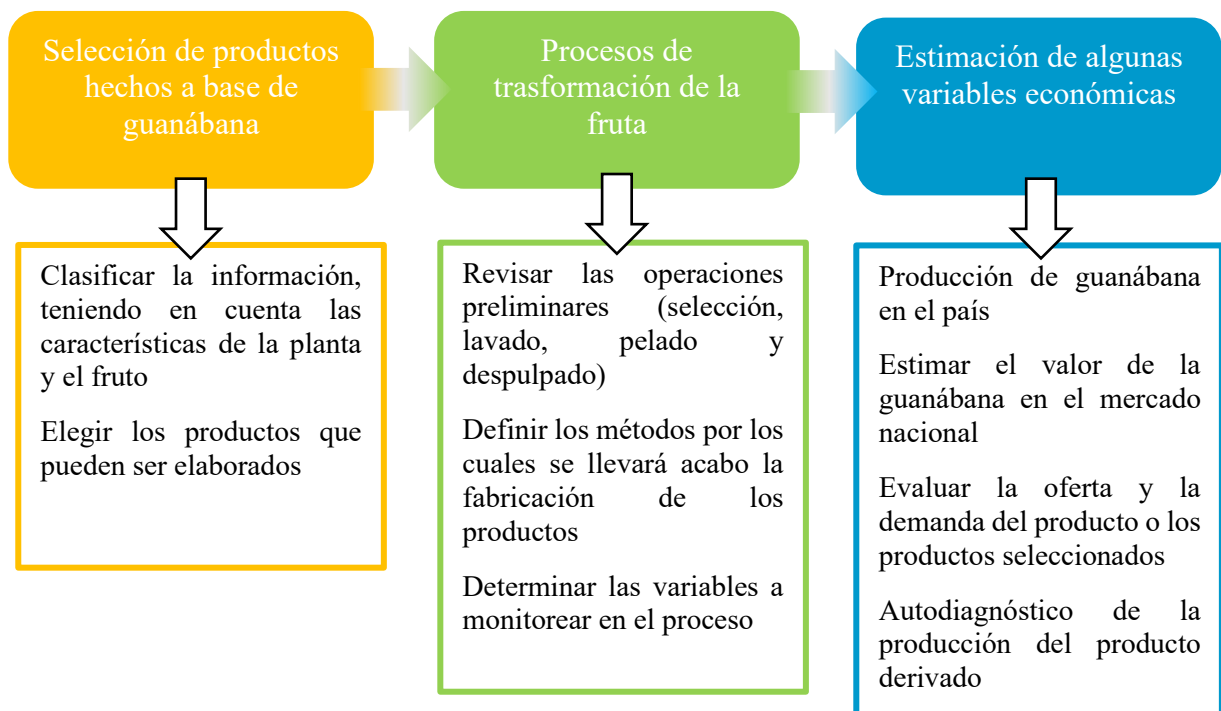
### 3. Metodología

Esta investigación se focaliza en la revisión bibliográfica de bases de datos confiables, tales como ScienceDirect, Oxford, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), American Chemical Society, Spriger, Nature y Science, con el fin de encontrar información sobre la elaboración de productos derivados de la guanábana, procesamiento de la fruta, el tallo, las hojas o las semillas, y la actividad económica, para establecer la hoja de ruta de la valorización de los productos derivados de la guanábana en Santander.

La metodología de esta revisión bibliográfica fue distribuida en tres fases como se muestra en le figura 1. La primera corresponde a la selección de productos viables e innovadores hechos a base de guanábana, la segunda fase corresponde al procesamiento que se le debe realizar a la fruta y en la última algunas variables económicas para tener en cuenta.

**Figura 1**

*Diagrama Metodológico*



### 3.1. Generalidades de la guanábana

#### 3.1.1. Caracterización del cultivo

La caracterización morfológica de árbol de guanábana, se realiza utilizando un cierto número de descriptores que permitan ver la variabilidad del cultivo, estos pueden ser cuantitativos como el diámetro de dosel o copa, altura del árbol, el número de nudos por metro de rama, la longitud de la hoja, el número de frutos, número de semillas en cada fruto, el peso del fruto, la cantidad de nervaduras primarias de las hojas, el grosor del pecíolo y descriptores cualitativos como la forma de la hoja y de su ápice, el color del tronco y de las hojas, el margen de la hoja, el color y la forma del fruto y la densidad de las espinas en el epicarpio. Asimismo, es importante establecer las condiciones ambientales y la ubicación en las que crece el cultivo, la etapa en la que se encuentra los árboles de estudio y si es posible la edad de estos (Moreira-Macías et al., 2020).

En el departamento de Santander no se encuentran estudios relacionados con la caracterización morfológica del cultivo de guanábana, pero si se han realizado en diferentes departamentos del país, los cuales puede generar una aproximación a la variedad de guanábana cultivada en el departamento, ya que en la zona valle del alto Magdalena el clima es cálido y húmedo, con una temperatura promedio entre 26°C y 28°C (Arango, Dorado, Guzmán, & Ruiz, 2018), muy similar a las condiciones climáticas del departamento de Santander.

La caracterización de los cultivos de *Annona Muricata*, en la zona valle del alto Magdalena, permite clasificar y tipificar los cultivares, estos son establecidos por semilla los cuales presentan alta variabilidad en las plántulas, teniendo en cuenta que también se puede llevar a cabo su cultivo mediante injertos de enchape lateral o de yema.

En el estudio realizado por Miranda et al. (2000), se analizaron descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos, los datos fueron presentados en cinco tipos de cultivares o

conglomerados realizados mediante el análisis de la varianza de las variables relacionadas con la calidad del fruto como su composición y tamaño, respecto a las variables totales estudiadas. Los descriptores tomados y promediados muestran que, en el departamento del Tolima y Huila, los árboles se caracterizan por tener una altura de 5 metros hasta 11 metros, dependiendo de la edad del árbol y la fertilización del suelo. Se evidenció la diversidad de los cultivos de guanábana presentes en la zona, con gran potencial para ser el futuro germoplasma para el desarrollo de nuevos cultivares, recomendando realizar una caracterización genotípica para obtener mayor precisión, algunas de las zonas estudiadas se han establecido para nuevos procesos de investigación, aprovechando la caracterización fenotípica ya realizada. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los conglomerados establecidos con los descriptores morfológicos usados (Miranda Lasprilla, Barragán Quijano, Barreto Osorio, & Caicedo, 2000).

**Tabla 3***Descriptorios Morfológicos del Cultivo de Guanábana en la Zona Valle del Alto Magdalena*

Conglomerado	Distribución de la ramificación	Hojas				Frutos				
		Forma	Tamaño[cm]	Forma	Tamaño [cm]	Color	Composición	Espinas	Semillas	°Brix
1	Irregular horizontal, con patrón de distribución intensivo	lanceoladas	Largo: 11,85 Ancho: 4,94 Ápice agudo	Acorazonada con hombros levantados	Largo: 33,60 Ancho: 26,00	Verde intenso	Peso (kg): 2,74 Pulpa 78,20% Cáscara: 9,38% Ráquis: 6,60% Semilla: 5,80%	Tetonas de 11-15mm, ápice recurvado	185	6,50
2	Irregular ascendente, con patrón de distribución intensivo	Oblongo-lanceoladas	Largo: 13,50 Ancho: 5,70 Ápice muy agudo	Acorazonada con hombros lizos, con ápice alargado, redondeado	Largo: 34,00 Ancho: 25,00	Verde mate	Peso (kg): 4,37 Pulpa 75,00% Cáscara: 14,00% Ráquis: 6,30% Semilla: 4,77%	Semitetonas 5-10mm, ápice muy agudo	160	6,50
3	Irregular horizontal o ascendente, con patrón de distribución semiintensivo	Oblongas u oblongo-lanceoladas	Largo: 11,60 Ancho: 4,33 Ápice muy agudo	Acorazonada-alargada	Largo: 35,70 Ancho: 27,40	Verde mate	Peso (kg): 2,07 Pulpa 75,60% Cáscara: 14,90% Ráquis: 6,00% Semilla: 4,40%	Semitetonas 2-5mm, tetonas medias 6-10mm, ápice muy agudo y curvado	114	7,00
4	Irregular ascendente, con patrón de distribución intensivo	Oblongo-lanceoladas	Largo: 12,25 Ancho: 4,62 Ápice intermedio	Acorazonada-alargada	Largo: 35,50 Ancho: 28,12	Verde oscuro	Peso (kg): 5,00 Pulpa 78,00% Cáscara: 12,50% Ráquis: 4,10% Semilla: 5,30%	Tetonas medias 6-10mm, ápice muy agudo y curvado	236	9,10

Conglomerado	Distribución de la ramificación	Hojas		Frutos						
		Forma	Tamaño[cm]	Forma	Tamaño [cm]	Color	Composición	Espinas	Semillas	°Brix
5	Irregular ascendente, con patrón de distribución intensivo	Oblongo-lanceoladas	Largo: 13,30 Ancho: 5,50 Ápice agudo	Acorazonada-alargada	Largo: 37,30 Ancho: 27,66	Verde claro	Peso (kg): 3,80 Pulpa 78,40% Cáscara: 9,90% Ráquis: 5,60% Semilla: 6,05%	Tetonas medias 6-10mm, tetonas 11-15mm, ápice muy agudo y curvado	304	9,50

Recopilada del trabajo realizado por Miranda et al., (2000)

En el estudio realizado por Moreira et al. donde se observaron tres grupos o conglomerados se halló mayor diversidad en los cultivos; con variedades más altas que las presentes en nuestra región, informaron una altura entre los 8,51 y los 12,57 metros, cuatro tipos de forma de hoja (ovada, elíptica, aovada, lanceolada) y tres tipos de ápice (agudo, redondeado, puntiagudo), hojas con longitudes de 12,88 cm y 5,45 cm de ancho, con respecto a la forma de la fruta las más comunes fueron el ovoide alargado, ovoide y troncovoide; el resto se distribuyó en frutos cordiformes, esféricos y reniformes, estos investigadores usaron otros descriptores como el tipo del margen del limbo foliar, diámetro de la copa, coloración de hoja madura, ramificación del tronco, color del tronco y la rama, las espinas fueron clasificadas en tres tipos en las más comunes se encuentran aquellas que poseen un ápice agudo de hasta 5mm de longitud y poco denso en el fruto, los aguijones con longitud de hasta 10mm y muy densas en el fruto y las espinas rectas con ápice agudo y redondeadas en su base con una longitud de 2mm. Según el análisis realizado llegaron a la conclusión que la forma de las espinas puede estar ligada a la estructura genética específica, además con los descriptores morfológicos del número de frutos y diámetro de copa se encontró que los árboles con mayor diámetro de copa son más productivos en número de frutos que los de crecimiento ascendente (Moreira-Macías et al., 2020).

### ***3.1.2. Variedades de la guanábana***

Las variedades de la guanábana establecidas pertenecen a los clones propagados tales como Elita, Rosa, San Francisco y Francia entre otros (El Tiempo, 2004). Con respecto a los cultivos propagados por semilla se han establecido clasificaciones gracias a los estudios y análisis realizados con los cuales se definen descriptores morfológicos básicos para establecer diferencias, algunos de estos son el peso, forma y composición del fruto; forma, densidad y tamaño de las espinas del epicarpio, forma de las hojas, entre otros.

Se han establecido variedades por regiones; en Bucaramanga dulce y semidulce; en el Chocó una variedad nativa y en varias regiones se encuentra la variedad gigante dulce, gigante semiácido común y Momposina (Carvajal Cardona, 2015).

### **3.1.3. Condiciones climáticas**

El cultivo de la guanábana se desarrolla en climas cálidos y húmedos; entre 60 y 80% de humedad relativa, con temperatura entre 25 y 28°C y con altitud entre los 0 y 1150 m.s.n.m., la altitud óptima se encuentra entre los 400 y 600 metros sobre el nivel del mar (Torres, 2002). Según la AMB, Girón tiene una altitud de 777 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24°C, Lebrija 1050 m.s.n.m y temperatura promedio de 23°C y Cimitarra 190 m.s.n.m., temperatura promedio entre 25 y 28°C y humedad relativa de 82.4%, lo cual ubica a los municipios de Santander con mayor producción de guanábana dentro de las condiciones de clima y humedad establecidos para el cultivo de la *Annona Muricata*.

### **3.1.4. Caracterización del fruto**

Estudios realizados para la caracterización del fruto de la guanábana se centran en descriptores o caracteres cuantitativos como el peso, longitud y ancho del fruto, el número y peso de semillas, los sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, densidad de espinas, relación de madurez; y caracteres cualitativos sensoriales como el olor, sabor, textura, forma y color del fruto.

En el departamento de Córdoba Colombia, se realizó un estudio en tres estados de madurez de la guanábana; verde, pintona y madura, los resultados promedio obtenidos fueron acidez titulable 2,6%; pH 4,55%; °Brix 11,5%; índice de madurez 0,8%; humedad 81%. Los resultados obtenidos por cromatografía líquida de alta eficacia muestran una concentración de 1,86 mg kg<sup>-1</sup> de Sacarosa, de la cual se obtuvo mayor producción en la guanábana madura, en el cual las características fisicoquímicas y organolépticas son excelentes para consumir sin ningún tipo de

manipulación o para la elaboración de productos derivados de la guanábana (Arrazola-Paternina et al., 2013).

### **3.2. Productos derivados de la guanábana**

A continuación, se presentan algunos de los estudios realizados para la elaboración de productos que generan alta comercialización y valorización de la guanábana

La investigación de Ho et al. (2020) evaluó la producción de jugo de guanábana fermentado, usando levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*) y hongos (*Pleurotus Pulmonarius*), determinando los agentes fisicoquímicos y antioxidantes, como resultado de esta investigación se obtuvo vino de guanábana con una concentración de 22,29% de etanol y actividad antioxidante; siendo relevante para la optimización del proceso en la industria cervecera y dando una solución al desperdicio de la guanábana, ya que al producir una bebida fermentada se aumenta el tiempo de almacenamiento (Ho et al., 2020).

Sánchez y Vásquez (2019) evaluaron el rendimiento y la calidad del alcohol etílico producido de la fermentación de guanábana con *Saccharomyces Cerevisiae*, en el cual usaron guanábana dulce y semiácida haciendo caracterización fisicoquímica de la pulpa por espectrofotometría y en la fermentación del mosto controlaron variables como temperatura, luz, oxígeno, concentración del alcohol y pH. De la guanábana dulce se obtuvo una concentración de etanol de 7°GL y para la semiácida 5°GL, después pasó por el proceso de destilación donde para la guanábana dulce se obtuvieron 52°GL con un rendimiento del 5% y para la semiácida 44°GL con rendimiento de 4% y finalmente destilación al vacío para obtener en las dos 93°GL, el mayor rendimiento se obtuvo del mosto extraído de la guanábana dulce (Sánchez Cabascango & Vasquez Arias, 2019).

El estudio realizado por Chin Wai Ho et al. (2016) demostró que, al usar la guanábana producida en Malasia, se puede obtener vinagre de alta calidad gracias a sus sabores distintivos, pues con el tiempo el azúcar disminuye y aumenta la concentración de etanol, después de alcanzar el punto más alto de fermentación y al tener contacto con el oxígeno se produce el ácido acético. Sin embargo, no se obtuvo la concentración mínima de ácido acético del 4%, por lo cual sugirieron airear de manera eficiente las muestras para generar una condición óptima para la producción del vinagre. (Ho et al., 2016).

Ceballos et al. (2013) en Manizales Colombia evaluaron la termodinámica de sorción de agua en la producción de polvos de guanábana con el uso de maltodextrina, a partir de diferentes tecnologías de deshidratación, con el fin de realizar una predicción de la vida útil de los productos deshidratados y las condiciones de almacenamiento y envase para garantizar la conservación del producto, los problemas de perecibilidad hacen ver la deshidratación como una alternativa que diversifica el mercado generando valor agregado a la guanábana (Ceballos Peñaloza, Giraldo Gómez, Orrego Alzate, & Telis-Romero, 2013).

Quijije (2015) en su trabajo “Estudio técnico económico para la instalación de una planta de producción de pulpa de guanábana en la ciudad de Guayaquil” propone la elaboración de pulpa de guanábana con el fin de facilitar su manipulación, transporte y almacenamiento, presentando un producto debidamente pesado y con una alta capacidad de conservación producido con frutas que presenten el correcto estado de madurez y garantizando las buenas prácticas de manufactura (Quijije Moreira, 2015).

Cruz y Cubides (2014) en su trabajo “Estandarización del proceso de obtención de pulpa de guanábana (*Annona, Muricata*) en Cimitarra Santander”, notaron que las pulpas producidas y comercializadas no contaban con buenas prácticas de manufactura ni buenas prácticas de higiene,

por este motivo, en el mercado se observaban pulpas con un grado de oxidación elevado, de esta manera se evidencia la necesidad de estandarizar el proceso de la obtención de pulpa de guanábana para que el producto comercializado tenga las condiciones que cumplan con la normatividad exigida y con los estándares de calidad (Cruz Lagos & Cubides Nuñez, 2014).

El aceite de las semillas presenta ácidos grasos insaturados oleico y linoleico, los cuales pueden prevenir enfermedades como el colesterol, el cáncer y la hipertensión, por este motivo Dorado et al. (2016) estudiaron la obtención de este aceite mediante un flujo constante de 30 gal/min de dióxido de carbono supercrítico a temperaturas entre 313 y 333 K y presiones entre 20 y 35 MPa durante 150 minutos. Mediante la cromatografía de gases se obtuvo que el ácido graso con mayor composición es el oleico seguido del palmítico y el linoleico, al obtener el aceite libre de solventes se evidenció que puede ser usado como aceite natural en la industria (Dorado, Hurtado-Benavides, & Martínez-Correa, 2016).

La investigación de Ceide (2017) encontró evidencias científicas sobre la composición de las hojas de *Annona Muricata*, el estudio de sus principios activos, su actividad biológica y citotoxicidad frente a diferentes tipos de células, para demostrar los beneficios en el cuerpo humano y su uso en el tratamiento y prevención de enfermedades, justificando el desarrollo de un producto para infusiones orgánicas o té, para el cual realizó una investigación profunda de mercados para determinar la población objetivo del producto y un superficial análisis financiero (Ceide, 2017).

Alatas et al. (2020) realizaron estudios con pacientes prehipertensos, los cuales demostraron que al consumir una bebida con suplementos de guanábana se puede reducir la presión arterial y los niveles de ácido úrico que dan un efecto positivo en la función renal de los pacientes (Alatas et al., 2020).

Para la selección de los productos a elaborar a base de guanábana en la revisión bibliográfica se tienen en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados en la conferencia de las Naciones Unidas en 2015, con una agenda global ambiciosa que buscan erradicar la pobreza, promover la prosperidad logrando una mejor nutrición, el desarrollo y crecimiento de la agricultura sostenible e impulsando la industrialización inclusiva y la producción sustentable protegiendo el medio ambiente (Gil, 2018). En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ofrece apoyo a los pequeños agricultores de la región con proyectos como “Construyendo Capacidades Empresariales Rurales, Confianza y Oportunidad” que adelanto los últimos tres años con el objetivo de mejorar las condiciones de vida, ingresos y empleo en los territorios rurales. En una de sus seis líneas productivas incluye la agregación de valor a la materia prima, a través de operaciones como lavado, selección, clasificación, empaque o transformación de la materia prima producida, para su transporte y comercialización. Los beneficiarios del proyecto reciben capacitación con el fin de promover y difundir conocimiento que sirva para reconocer y fortalecer las propuestas u oportunidades de emprendimiento en la zona; de esta manera se genera empleo y apoyo a los pequeños agricultores, impulsando la transformación agroindustrial (Minagricultura, 2017). Así mismo, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene como objetivo contribuir con el desarrollo de soluciones para enfrentar problemas sociales, económicos y de salud pública derivados de la pandemia por el Covid-19 (Minciencias, 2020) y según el seminario realizado por Asohofrucol y ANALDEX, los productos con mayor demanda en Europa son las frutas y verduras listas para consumir, pues los compradores buscan una alternativa saludable con productos naturales para cuidar su cuerpo (Procolombia, 2017).

Con base al soporte bibliográfico presentado anteriormente el presente trabajo plantea la ejecución de dos propuestas para la producción de productos derivados de guanábana: polvos

deshidratados de guanábana mediante secado por atomización y producción de etanol mediante fermentación alcohólica con el uso de levaduras.

## **4. Resultados**

### **4.1. Propuesta 1. Producción de Polvo Deshidratado de Guanábana Mediante Secado por Atomización**

Se ha implementado la producción de deshidratados buscando ofrecer fruta de alta calidad, buenos precios y con mayor tiempo para su distribución y comercialización sin el uso de conservantes. La elaboración de estos productos es altamente efectiva, reduce el espacio y mantiene las propiedades nutricionales de la fruta. En Colombia los procesados de fruta han aumentado la exportación a Estados Unidos, Canadá, México y España; procedentes de Valle del Cauca, Bogotá, Caldas, Antioquia y Risaralda (La República, 2020).

La exportación de guanábana es altamente costosa ya que para su transporte posee un gran tamaño y necesita ser refrigerada a 12°C; el tiempo de transporte y almacenamiento es de 14 y 28 días respectivamente; según la Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia (Procolombia, 2014).

#### **4.1.1. Secado por atomización**

Esta técnica de secado es altamente usada en la industria de alimentos, permite la obtención del producto en polvo a partir de un líquido concentrado, pasta o suspensión; su principio se basa en la atomización del líquido o la creación de microgotas que, al entrar en contacto con el medio secante, usualmente con una corriente de aire caliente, se pulverizan los sólidos y el aire absorbe el agua (solvente). Homogeneidad en el proceso, tiempos cortos, proceso continuo y automatizado son algunas de las ventajas del proceso, su principal desventaja es la degradación térmica del producto final (Yanza Hurtado, 2003).

En la industria alimentaria dependiendo de la naturaleza, la cantidad de alimento y las características del producto se usan principalmente tres tipos de atomizadores; ruedas giratorias, que proporcionan un tamaño de gota entre 1-600 $\mu\text{m}$ ; el de las boquillas a presión de un fluido, se obtienen gotas de 10-800  $\mu\text{m}$ , y boquillas a presión de dos fluidos, producen gotas entre 5-300  $\mu\text{m}$ .

La forma del cilindro empleado para el secado depende del atomizador elegido, ya que el ángulo de aspersión determina la trayectoria de las gotas y la altura del compartimiento de secado. Para separar el polvo seco del aire de salida se usa un ciclón; mediante fuerza centrífuga las partículas chocan con la pared y se separan del aire permitiendo su recolección en la parte inferior del ciclón, el aire limpio sale por la parte superior.

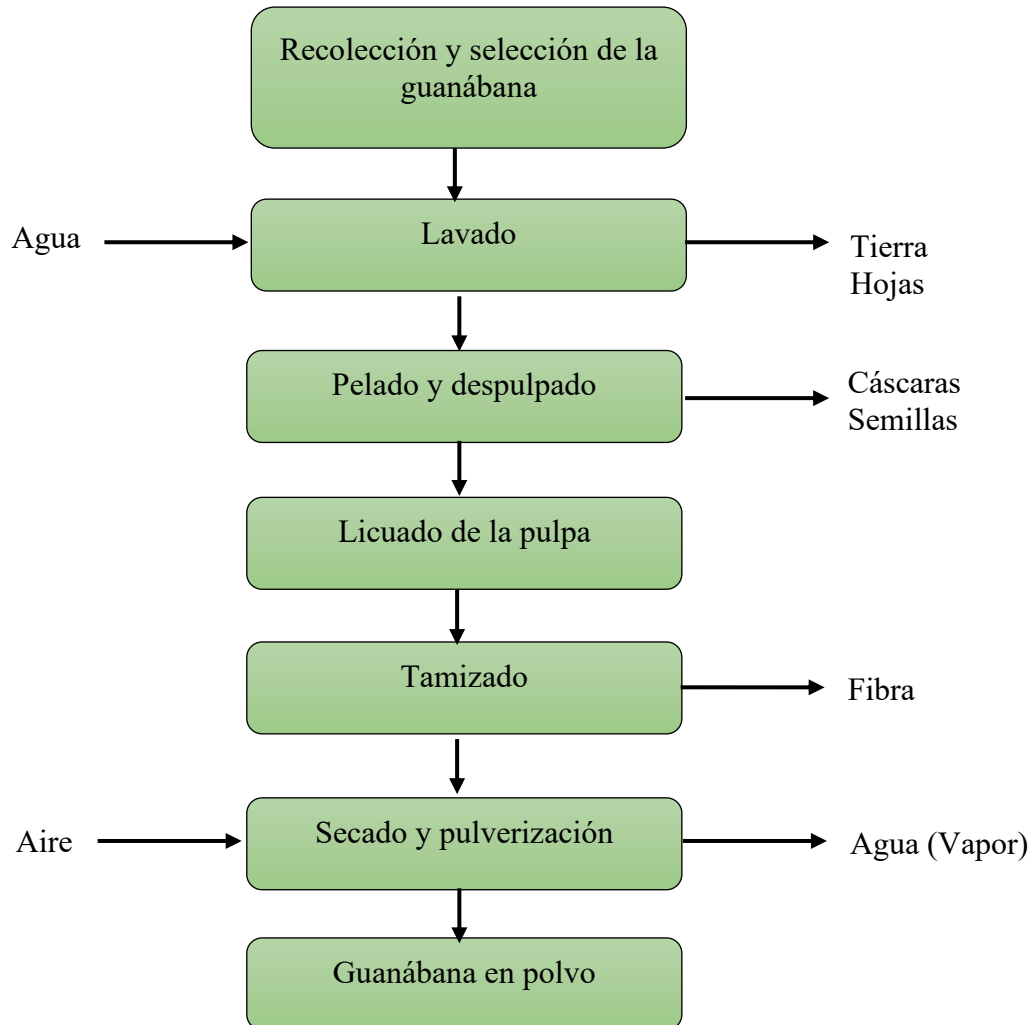
#### ***4.1.2. Procesamiento de la guanábana***

Para llevar a cabo el proceso de deshidratación y pulverización de guanábana se propone realizar las siguientes operaciones preliminares. Se realizará la recolección de la fruta con óptimo estado de madurez, mediante un proceso de lavado se removerá la tierra, hojas o cualquier material que pueda contaminar; posteriormente se debe proceder a retirar la piel (pelado) y separar la pulpa de las semillas (despulpado), este proceso puede ser realizado de manera rápida y sencilla por una máquina despulpadora o de manera manual dependiendo de la cantidad a procesar y teniendo en cuenta que al pasar la fruta por la máquina se promueve la oxidación de la guanábana, finalmente la pulpa será licuada y tamizada, con el fin de obtener el jugo o lixiviado de guanábana. Para iniciar el tratamiento de deshidratación y pulverización se debe tener en cuenta, la concentración del jugo de guanábana medida en grados Brix, la temperatura de entrada del aire y presión del aire de pulverización. Finalmente, al polvo deshidratado se le debe realizar una caracterización fisicoquímica, determinando la humedad y el pH. A continuación, se muestra el diagrama de

bloques del procedimiento propuesto para el tratamiento de la guanábana para la producción de polvo deshidratado.

**Figura 2**

*Diagrama de Bloques para la Obtención de Polvos Deshidratados de Guanábana*

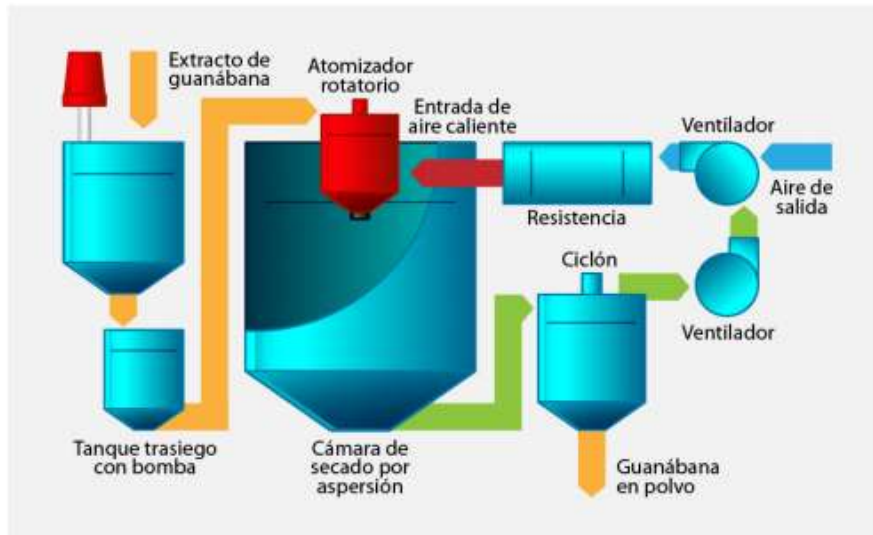


Para el proceso de deshidratación y pulverización de guanábana se propone una adaptación del procedimiento realizado por Salvador et al. (2016). Brevemente, el extracto de guanábana pasa al atomizador y se coloca en contacto con el flujo de aire caliente en la cámara de secado por

aspersión, finalmente para separar el aire de los polvos se pasan por un ciclón y obtener el polvo seco (Pérez Luna, 2017).

### Figura 3

*Diagrama del Secado por Aspersión de Guanábana*



Tomada de: Salvador et al., (2016)

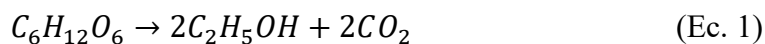
De acuerdo con los estudios realizados por Salvador et al. (2016), para la deshidratación de la guanábana se debe realizar la evaporación del agua conservando los compuestos volátiles, los cuales tienen que ser identificados y caracterizados antes y después de la aspersión mediante un cromatógrafo de gases (Palomares, Estrada, & Sánchez, 2016). Es importante monitorear y controlar la temperatura del inyector y detector; finalmente, el producto obtenido se pesará y empacará evitando que absorba la humedad del medio ambiente.

## **4.2.Propuesta 2. Producción de Etanol Mediante la Fermentación de Lixiviados de Guanábana**

La producción de etanol a nivel mundial en su mayoría se da mediante la fermentación de maltas o extractos azucarados de frutas y el uso de levaduras, teniendo una amplia aplicabilidad en procesos tradicionales tales como, alimentos, solventes, bebidas, etc. El etanol es producido a partir de materias primas ricas en sacarosa, las principales son la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Colombia ocupa el puesto 15 entre los productores mundiales de etanol, con un creciente aumento en las cifras a partir del 2005, año en el cual se incluyó este compuesto como un coproducto de la cadena azucarera, estimulado gracias a la política de biocombustibles establecida desde el año 2001 (Quintero, Montoya, Sánchez, Giraldo, & Cardona, 2008).

### **4.2.1. Fermentación Alcohólica**

La caña de azúcar es una materia prima de bajo costo y alta disponibilidad, con un porcentaje de azúcares totales entre 10-15 % (Siqueira et al., 2008), de la cual se obtienen las melazas que son un líquido espeso con mayor concentración de impurezas en comparación a los jugos crudos, obtenidas como subproductos de la producción de azúcar; generados durante las etapas de cristalización por evaporación y la centrifugación de la masa cocida procedente de los evaporadores (Sánchez Toro & Cardona Alzate, 2007). Estas melazas son convertidas a alcohol mediante un proceso espontáneo, donde se transforman los azúcares en diferentes sustancias como etanol, ácido láctico, ácido acético entre otros, y dependen del tipo de microorganismo y el sustrato que se utilice. Si durante este proceso se produce etanol se llama Fermentación alcohólica y su reacción está dada como se muestra en la Ecuación 1.



Generalmente es un proceso anaerobio realizado por levaduras o bacterias donde el sustrato es transformado principalmente en etanol y dióxido de carbono con la generación de equivalentes de reducción de los compuestos NADH/NAD<sup>+</sup> y NADHP/NADP<sup>+</sup> y enlaces de alta energía de fosfato, ATP. Para que se pueda desarrollar la glucólisis y el metabolismo del piruvato, es necesario que la molécula de glucosa o fructosa sean transformadas a glucosa-6-fosfato o la fructosa-6-fosfato respectivamente. Será a partir del piruvato que se desarrollarán las reacciones por las que se obtiene el alcohol; como las reacciones son anaeróbicas para el caso de fermentación alcohólica la reducción del piruvato a etanol es posible por la acción de la forma reducida de la coenzima NAD, encargada de realizar la oxidación (Bibliotecas, Acosta Romero, Acosta Romero, & Acosta Romero, 2012).

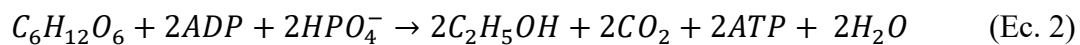
La levadura es el microorganismo más usado para el proceso industrial de fermentación, aunque existen hongos y bacterias que sintetizan altas cantidades de etanol. Entre las levaduras y bacterias más conocidas se tienen:

***Saccharomyces cerevisiae***: es un microorganismo anaerobio facultativo, crece en condiciones aeróbicas y anaerobias, la fuente de carbono óptima es la glucosa, pero emplea un amplio rango de sustratos, la temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 28°C a los 35°C, sin embargo, la temperatura para la producción de etanol esta entre los 30°C a 39°C (Buitrago & Tenjo, 2007).

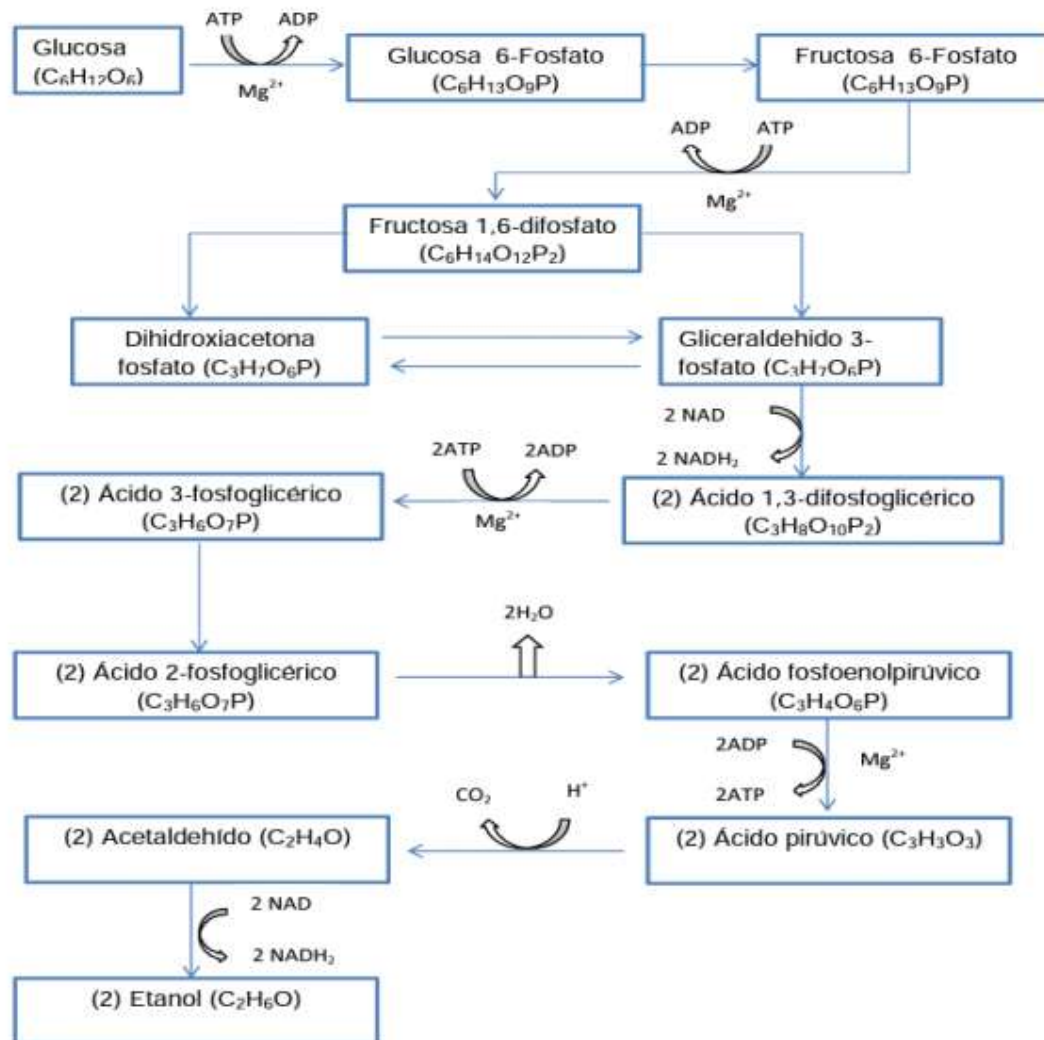
***Pichia stipitis***: es una levadura del género *Schefferomyces*, es un microorganismo facultativo, metaboliza glucosa en etanol, crece a condiciones de temperatura entre 25 y 37°C y de pH entre 5 y 6. Se registra una cantidad máxima de 0,51g de etanol por cada gramo de glucosa fermentada (Santos Aguilar & Zabala García, 2016).

***Zymomonas mobilis***: es una bacteria Gram negativa, crece en un rango de temperaturas de 25 a 45°C. Se usa para producir etanol a grandes escalas, debido a su tolerancia a altas concentraciones de etanol, en las levaduras este factor es inhibitorio e impide obtener altos

rendimiento, esta bacteria puede alcanzar concentraciones hasta del 12% p/v en fermentaciones con glucosa. Sólo fermenta la glucosa, la fructosa y la sacarosa (Santos Aguilar & Zabala García, 2016). La fermentación alcohólica se realiza en el citoplasma de la levadura y puede expresarse químicamente de acuerdo con la Ecuación 2.



A continuación, se presenta en la Figura 1 un esquema de la transformación de la glucosa en etanol con *Saccharomyces Cerevisiae*.

**Figura 4***Transformación de la Glucosa en Etanol con Saccharomyces Cerevisiae*

Tomada de: Santos &amp; Zabala, (2016)

Además del tipo de microorganismos en el proceso de fermentación existen otros factores que afectan la conversión a etanol, como la temperatura, pH, nutrientes y oxígeno disuelto (Bibliotecas et al., 2012).

#### 4.2.2. *Procesamiento de la Guanábana*

Para llevar a cabo el proceso de la producción de etanol se propone realizar las siguientes operaciones preliminares. Realizar la recolección y selección de la guanábana que no puede ser

comercializada por la presencia de deformidad, ruptura del epicarpio, golpe, daño tisular o alto estado de madurez, a los frutos seleccionados se les determinará el índice de madurez, que se estima a partir de la relación entre el porcentaje de sólidos solubles disueltos y la acidez titulable (g/ml). Seguidamente mediante el lavado se removerá la tierra, hojas o cualquier material que esté adherido y pueda contaminar. Luego se realizará una apertura manual de la fruta y se procederá a separar la pulpa de los lixiviados mediante un proceso de licuado y tamizado. Los azúcares presentes en los lixiviados de guanábana se considerarán como el sustrato o fuente de carbono que será usada durante los procesos de fermentación.

El grupo de investigación CICTA ha hecho estudios en fermentación con lixiviados de mucilagos de cacao usando *Saccharomyces cerevisiae*, a partir de dichos estudios se plantea realizar a los lixiviados de guanábana una caracterización en función del contenido de azúcares fermentables, pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix) y perfil bromatológico que incluye el análisis de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda y carbohidratos totales.

Para la cuantificación de los azúcares fermentables (glucosa, fructosa y sacarosa) presentes en los lixiviados utilizará un cromatógrafo líquido de alta eficiencia. La concentración de cada uno de los azúcares se puede determinar usando estándares.

Para este estudio se usan cepas de levaduras que previamente fueron caracterizadas morfológica y químicamente durante la ejecución del proyecto “Desarrollo de nuevos procesos y productos para la valorización de mucílago y granos de cacao en el Departamento de Santander”; en donde se identificaron como las mayores productoras de etanol durante los procesos de fermentación espontánea de los granos de cacao, desarrollado en el laboratorio de Bioprocesos con Microorganismos del CICTA.

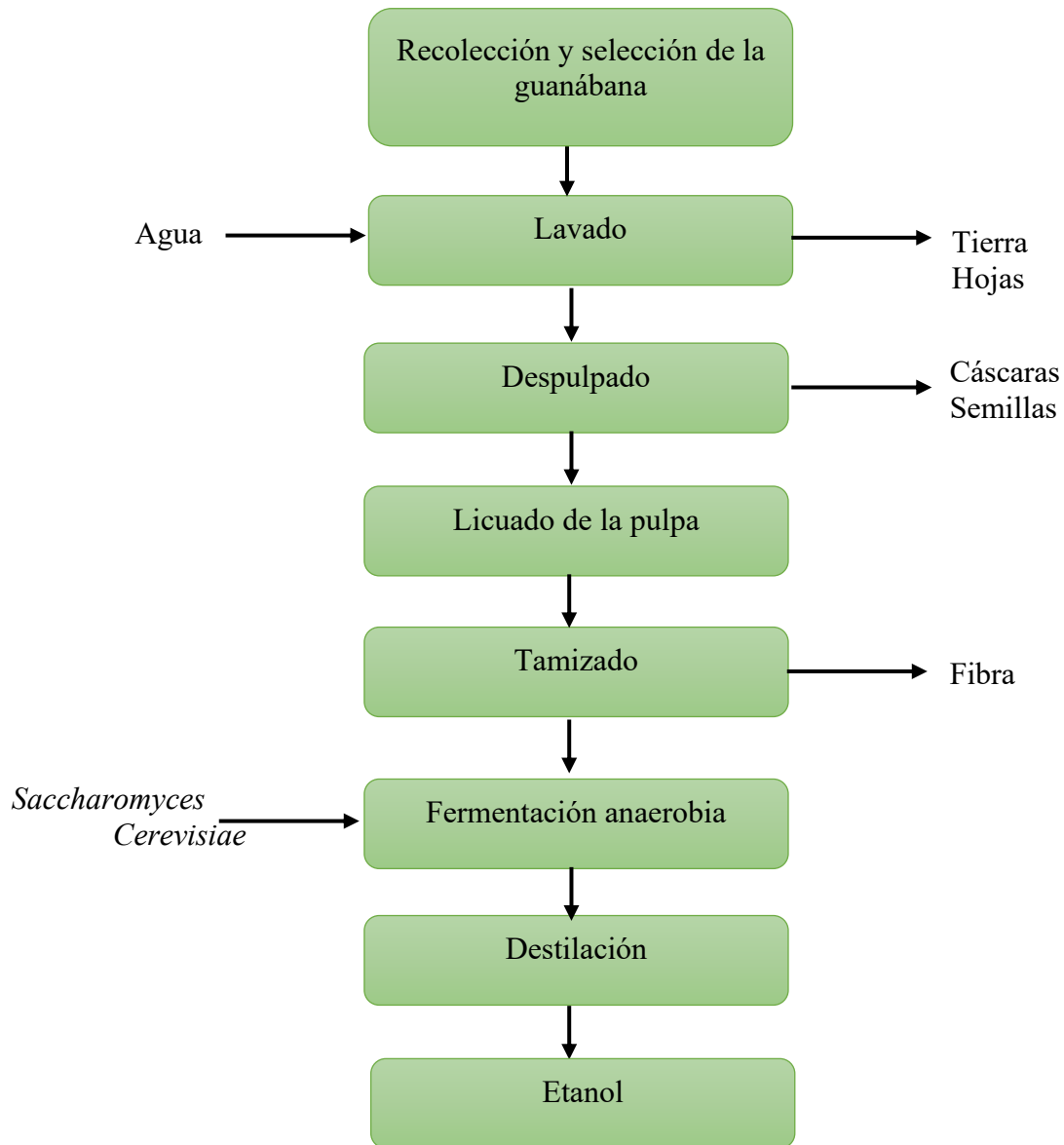
Como medio de fermentación se preparará un inóculo en un agar para cada una de las levaduras seleccionadas en las fermentaciones alcohólicas. Luego, en un fermentador se dispondrá un medio de fermentación en el que, el sustrato son los azúcares presentes en los lixiviados de la guanábana y se verterá el pre-inóculo. Los fermentadores serán localizados en una incubadora en donde se mantendrá la temperatura y la velocidad de agitación orbital. Mediante densidad óptica se realizará el seguimiento del crecimiento microbiano. En lo que respecta al seguimiento de la concentración del producto, etanol, se desarrollará por cromatografía líquida de alta eficiencia. Finalmente se evaluará el rendimiento del proceso de fermentación para cada una de las levaduras y concentraciones de sustrato utilizadas.

$$YPS = \frac{\textit{masa de etanol producido}}{\textit{masa de azúcares fermentables consumidos}} \quad (\text{Ec. 3})$$

A continuación, se muestra el diagrama de bloques propuesto para el tratamiento de la guanábana para la producción de etanol.

**Figura 5**

Diagrama de Bloques para la Obtención de Etanol a partir de Guanábana



#### 4.3. Viabilidad de las Propuestas Planteadas

La producción de polvo deshidratado de guanábana mediante secado por atomización tiene un crecimiento o desarrollo notable y progresivo en el mercado, pues según el seminario realizado por Asohofrucol y ANALDEX, los productos con mayor demanda en Europa son las frutas y verduras listas para consumir, dado que los compradores buscan una alternativa saludable con

productos naturales para cuidar su cuerpo (Procolombia, 2017), y debido al ritmo acelerado de cotidianidad no tienen la posibilidad de comerse una fruta entera y fresca; optando por productos deshidratados y pulverizados. Siendo la guanábana una de las frutas más negociadas por su sabor entre el segmento de frutas exóticas (La República, 2020).

Sin embargo, la producción de polvos deshidratados es un proceso exigente en cuanto al control de los compuestos volátiles, ya que la fruta puede perder propiedades organolépticas (sabor, olor), vitaminas hidrosolubles y para su producción es necesario el uso de equipos específicos de alto costo con un consumo energético elevado (De Michelis & Ohaco, 2015); debido a la coyuntura presentada por la pandemia las importaciones y exportaciones descendieron drásticamente, afectando la economía mundial a corto y mediano plazo (Bonet Moron et al., 2020).

Al revisar a detalle investigaciones previas, consideraciones teóricas para el tratamiento y procesamiento de la guanábana y la demanda actual del país se decide que la propuesta presentada para financiamiento es la producción de etanol a partir de lixiviados guanábana que no puede ser comercializada, pues el mercado objetivo no está enfocado en la exportación. El Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos CICTA de la Universidad Industrial de Santander ha trabajado en la fermentación de sustratos de origen vegetal, por tanto la propuesta cuenta con antecedentes que aportan a la ejecución y realización del producto generando valor agregado a la fruta que podía considerarse como desperdicio; adicionalmente, debido a la coyuntura presentada por el COVID-19 que ha puesto en emergencia al país, se ha generado una mayor demanda de productos antisépticos y desinfectantes a nivel nacional, escenario que motiva a la producción de etanol para la comunidad y el sector sanitario (El Hospital, 2020).

La universidad industrial de Santander ofreció una convocatoria interna de investigación “Aporte UIS frente a la pandemia por la Covid-19”, busca contribuir a la solución de las

problemáticas sanitarias, sociales y económicas derivadas de la actual pandemia, con el fin de aportar específicamente a cada uno de los sectores afectados crearon cuatro temáticas: Implicaciones y soluciones a situaciones de salud derivadas del confinamiento, Desarrollo económico regional y reactivación económica, Desarrollo agroindustrial y transformación y procesamiento de alimentos y Mediación pedagógica y educación remota (Universidad Industrial de Santander, 2020). Enfocados a la temática del desarrollo agroindustrial y transformación y procesamiento de alimentos, se presentó la propuesta de la producción de etanol mediante la fermentación de lixiviados de guanábana, a partir de guanábana que no puede ser comercializada directamente, con el título “Establecimiento de las condiciones más favorables en la producción de etanol mediante la fermentación de guanábana (*Annona Muricata*) utilizando levaduras nativas de Santander”, la cual fue elegida entre los proyectos financiados, pero aún no ha iniciado la etapa de ejecución.

#### **4.4. Producción y Mercado Nacional de Guanábana y Etanol**

##### **4.4.1. Producción de Guanábana**

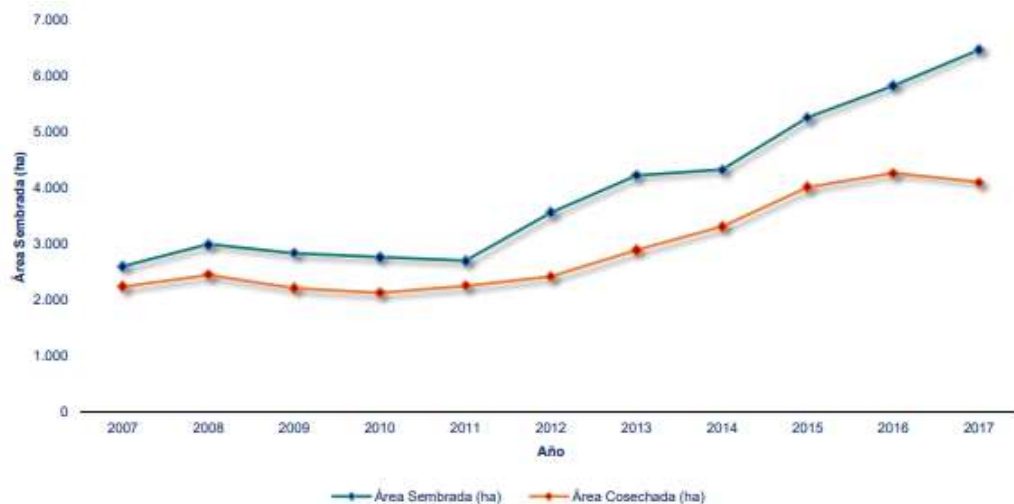
En el 2017, según las evaluaciones agropecuarias municipales, Colombia tuvo una producción anual de 44.116 toneladas de fruto fresco, de las cuales Santander aportó 10.540 toneladas con una participación del 23,9% sobrepasando la producción del departamento de Tolima y Boyacá que contaban con mayor cantidad de área sembrada y cosechada. Los municipios de Santander con mayor aporte en toneladas de fruto fresco fueron Girón con 6.600, Lebrija 1.596, Cimitarra 576 y Albania con 500 (Minagricultura & Gobierno de Colombia, 2018); lo cual posiciona al departamento de Santander como el mayor productor de guanábana del país.

A continuación, se presenta la cantidad de área sembrada y cosechada de guanábana en el país entre los años 2007 y 2017, evidenciando el crecimiento exponencial que ha tenido el cultivo

de guanábana desde el año 2011; para el año 2017 se sembraron 6.481 hectáreas y 4.113 fueron cosechadas con un leve decrecimiento con respecto al año anterior, esto puede ser debido a la carencia de tecnificación del cultivo o a la presencia de plagas.

### Figura 6

*Área Sembrada y Cosechada del Cultivo de Guanábana en el País*

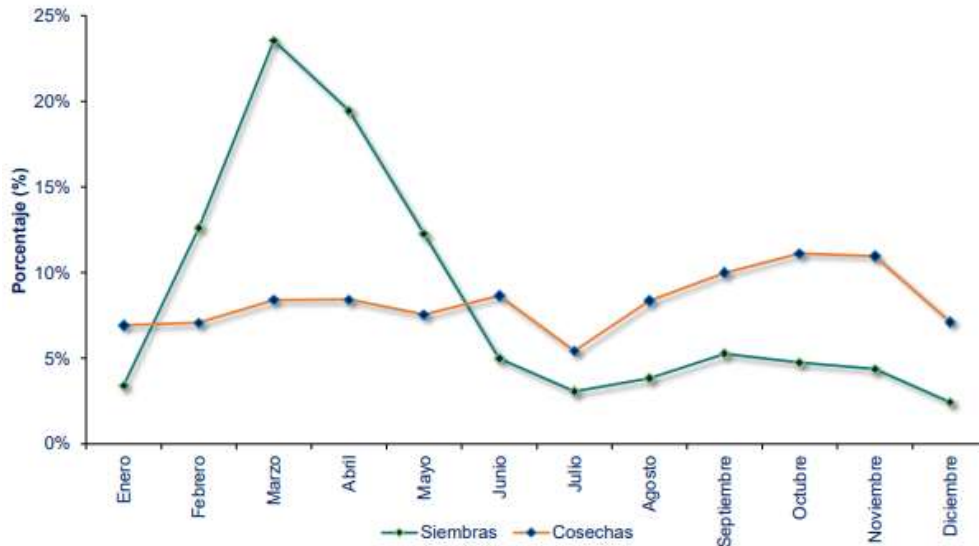


Tomada de: Minagricultura & Gobierno de Colombia, (2018)

En el calendario de siembras y cosechas se evidencia que el mayor porcentaje de siembra se realiza en los primeros meses del año destacando los meses de marzo y abril; la cosecha de la fruta se presenta en su mayoría entre los meses de octubre y noviembre, según la información suministrada por las evaluaciones agropecuarias municipales.

**Figura 7**

*Calendario de siembras y cosechas del cultivo de guanábana 2017*

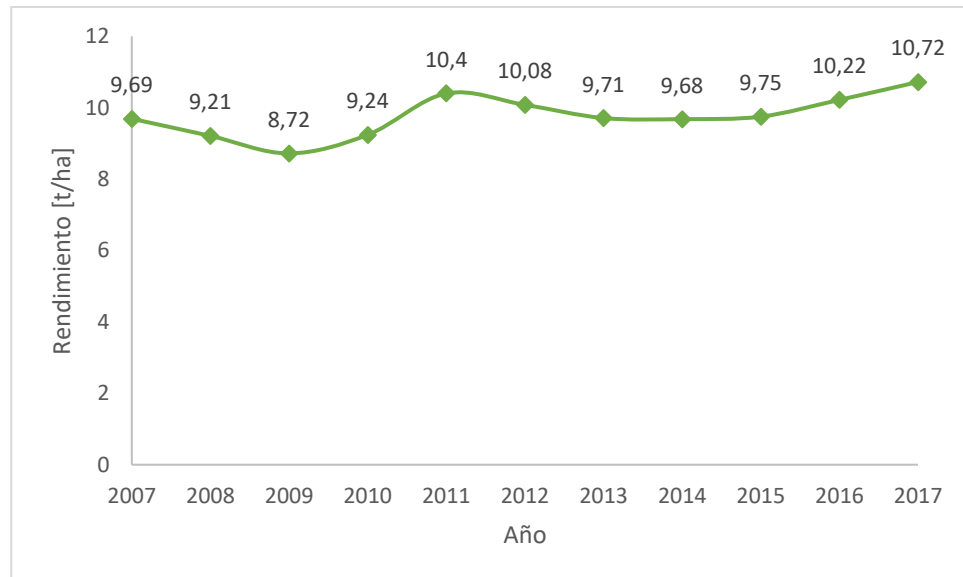


Tomada de: Minagricultura & Gobierno de Colombia, (2018)

En la figura 8, se refleja el rendimiento del cultivo entre los años 2007 y 2017 calculado a partir de la relación toneladas de fruto fresco producido con el área cosechada (ha); En el 2015 se evidencia un crecimiento significativo con un rendimiento de 9,75% hasta 10,72% para el año 2017.

**Figura 8**

*Rendimiento del cultivo de guanábana año 2007-2017*



Tomada de: Minagricultura & Gobierno de Colombia, (2018)

El rendimiento del cultivo de guanábana en el departamento de Santander para el año 2017 fue de 13,76%, resultado optimista para el departamento, pues el rendimiento de la producción en el país es de tan solo 10,72%.

#### **4.4.2. Precios de la Guanábana en el Mercado Nacional**

Según el Plan Frutícola Nacional, en el año 2006 para la siembra de una hectárea del cultivo de guanábana tecnificado con una vida útil mayor a 15 años, era necesaria una inversión inicial de casi 12 millones de pesos, con una tasa interna de retorno de 27,12% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación de Santander, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, Asociación Hortifrutícola de Colombia, & Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca, 2006). Sin embargo, para el año 2015 se estima que dicha inversión debe ser aproximadamente de 30 millones de pesos (Editorial La República, 2015).

Según el último Censo Nacional Agropecuario a los cultivadores de guanábana les compran el kilogramo a 1.800 pesos y en las centrales de abastos el precio puede estar entre 3.000 y 5.000 pesos por kilogramo, estos precios dependen directamente de la época del año, las condiciones climáticas y la demanda de la fruta (La República, 2019).

#### ***4.4.3. Desperdicios de Alimentos en Colombia***

De acuerdo con los datos presentados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), los desperdicios alimenticios anuales en Colombia son de 9,76 millones de toneladas, de los cuales el 62% son producidos por la cadena de frutas y verduras. En la etapa de producción se pierden cerca de 3,95 millones de toneladas equivalentes al 40,5%, en recolección y almacenamiento 1,93 millones de toneladas representando el 19,8% y 342 mil toneladas equivalentes al 3,5% en los procesos de tratamiento industrial (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019).

De acuerdo con estudios realizados sobre el cultivo de la guanábana, se ha encontrado que la mayoría de los desperdicios se producen en la etapa de poscosecha, entre el 25% a 35% de los frutos se pierden por prácticas inadecuadas (Jiménez-Zurita et al., 2017). Con base en los datos anteriores, se pudo estimar que, de las 10.540 toneladas de guanábana producidas en el departamento de Santander, aproximadamente 2.000 toneladas son desperdiciadas en la fase de recolección, almacenamiento, transporte y comercialización.

#### ***4.4.4. Producción de Etanol***

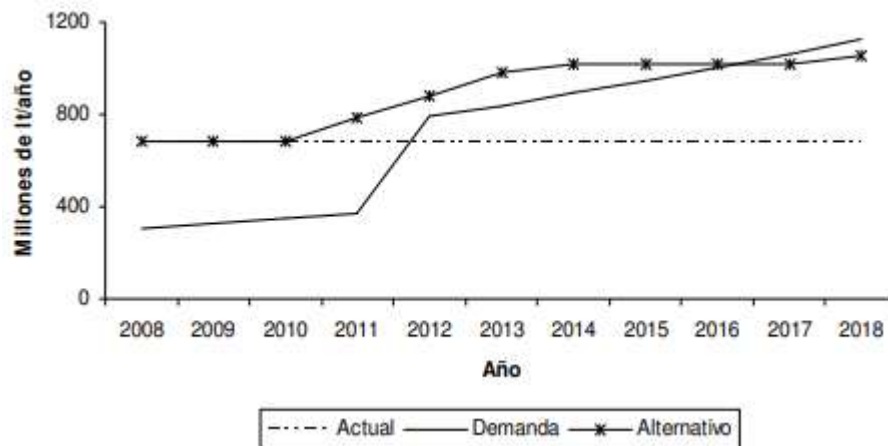
La producción de etanol en la actualidad proviene principalmente de la fermentación de azúcares presentes en materias primas como: caña de azúcar, melaza, trigo, maíz y remolacha azucarera. Su producción se desarrolla en etapas de molienda, fermentación, destilación, y desnaturalización (Alonso-Gómez & Bello-Pérez, 2018). Se usa principalmente como combustible

que representa el 61%, en la industria cosmética, farmacéutica y química representa alrededor del 23% y el restante se destina en la industria de bebidas alcohólicas (IICA, 2004).

Según el Análisis de la cadena de suministro de biocombustibles en Colombia existe una demanda insatisfecha, ya que la producción de etanol es baja en comparación a la demanda actual, esto se debe a la baja capacidad de los cultivos y de refinación, dificultad de transporte y falta inversión. En la figura 9, se muestra la oferta y la demanda entre los años 2008 y 2018, con el fin de aumentar la oferta y abastecer la demanda se plantea como alternativa aumentar los incentivos a la refinación, ya que esta no es rentable (Ochoa, Franco, & Flórez, 2008).

**Figura 9**

*Oferta y demanda de etanol año 2008-2018*



Tomada de: Ochoa, Franco, & Flórez, (2008).

**4.4.4.1. Análisis de la Producción de Etanol.** Mediante un análisis FODA general se puede realizar un autodiagnóstico para detectar y aprovechar las oportunidades, utilizar las fortalezas y tener en cuenta las dificultades y amenazas para la producción de etanol

mediante la fermentación de lixiviados de guanábana en el departamento de Santander propuestos en la revisión bibliográfica.

**Figura 10**

*Matriz FODA*

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Proporcionar empleos con el fin de mejorar la calidad de vida</p> <p>Apoyo económico estatal al desarrollo agroindustrial</p> <p>Favorecimiento a los pequeños agricultores</p>	<p>Pocas personas orientadas al emprendimiento</p> <p>Fruta cosechada por temporadas</p> <p>Empresas reconocidas en la producción y distribución del producto</p>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Productos diferentes que apoyan el sector económico y de la salud</p> <p>Nuevos canales de distribución</p> <p>Tratados de libre comercio que facilitan la exportación con preferencias arancelarias.</p>	<p>Dificultad para obtener certificación de calidad</p> <p>Cambio de preferencias en los consumidores de los productos ofertados</p> <p>Cultivos afectados por plagas o por la carencia de tecnificación</p>

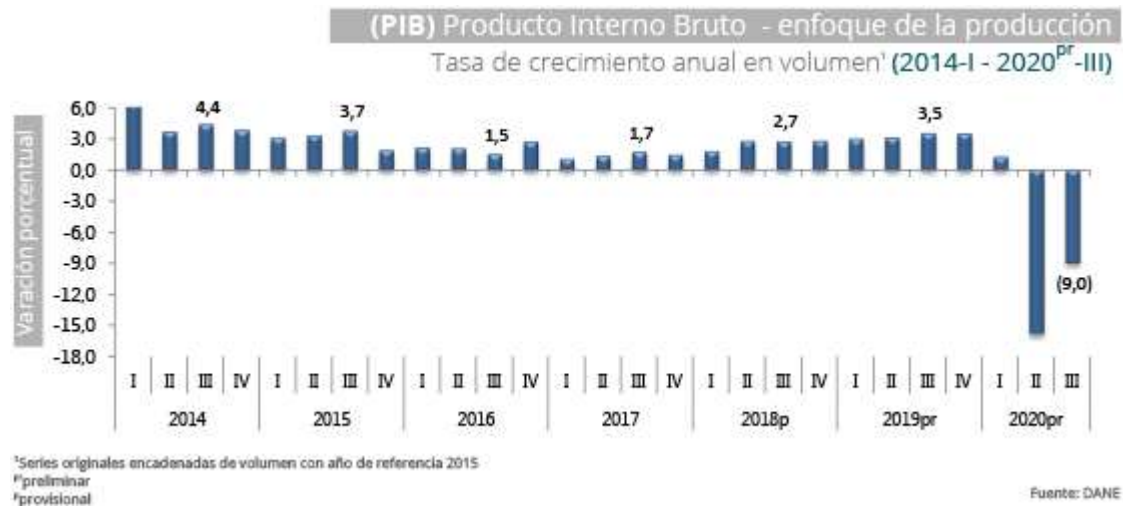
**4.5. Situación Económica Nacional**

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) el Producto Interno Bruto (PIB) define el crecimiento económico en un periodo de tiempo determinado; es analizado por sectores de la economía; en Colombia en el 2019 las obras civiles, el comercio, transporte, servicios de comida, administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria y actividades profesionales, científicas y técnicas impulsaron el crecimiento económico en un 3,3%. En febrero se esperaba que el crecimiento de PIB para el año 2020 alcanzara alrededor del 3,7%, teniendo en cuenta las fluctuaciones del mercado del petróleo y con

la incertidumbre de salud pública por el COVID-19 (El Tiempo, 2020); al convertirse en pandemia se afectó la economía mundial a corto y mediano plazo; la caída del precio del petróleo, el aislamiento preventivo, el cierre de los sectores más vulnerables y el descenso de las importaciones y exportaciones; causaron pérdidas económicas en Colombia entre 4,6 billones y 59 billones por mes (Bonet Moron et al., 2020). En un reporte preliminar de los primeros tres trimestres del año 2020, realizado por el DANE se evidencia la caída del Producto Interno Bruto.

**Figura 11**

*Variación porcentual del PIB*



Tomada de: DANE, (2020)

Las variables macroeconómicas presentadas por el DANE para el año 2020 en Colombia presentan una caída preocupante debido al COVID-19; teniendo un decrecimiento económico evidenciado en el PIB (DANE, 2020b), la tasa de desempleo para el mes de noviembre fue de 13,3% lo que significó un aumento de 4 puntos porcentuales frente a la presentada en el año 2019 (DANE, 2020a) y la preocupante baja de la tasa de inflación anual que en julio fue de 1,97% (Dinero, 2020a).

## 5. Conclusiones

- Se realizó la revisión bibliográfica de las características generales de la guanábana y la producción en la última década de productos derivados, se eligió la producción de polvo deshidratado de guanábana mediante secado por atomización y la producción de etanol mediante la fermentación de lixiviados de guanábana.
- Se propusieron los procesos físicos y químicos para el procesamiento de la guanábana en cada una de las propuestas, eligiendo la producción de etanol mediante fermentación de lixiviados de guanábana, ya que cumple con algunos objetivos de desarrollo sostenible y aporta a la coyuntura presentaba actualmente por el COVID-19.
- La elaboración de esta revisión bibliográfica sirvió como base para elaborar y presentar la propuesta “Establecimiento de las condiciones más favorables en la producción de etanol mediante la fermentación de guanábana (*Annona Muricata*) utilizando levaduras nativas de Santander” en la convocatoria interna de investigación “Aporte UIS frente a la pandemia por la Covid-19”, la cual fue elegible para ser financiada.

## 6. Recomendaciones

- Realizar la caracterización morfológica de los principales municipios productores, con el fin de identificar las variedades y características del cultivo y la fruta producida en la región.
- Una vez este proyecto sea ejecutado y se obtenga la producción de etanol antiséptico, conociendo la eficiencia y viabilidad de la producción, se puede seguir el diagnóstico del sector propuesto por Colombia productiva en el plan de negocios

del sector Químicos, el cual caracteriza la evolución reciente y las principales tendencias de los sectores y subsectores asociados, los análisis de la evolución de oferta y demanda por productos, la identificación de principales países importadores y exportadores, el análisis de las principales tendencias, oportunidades y amenazas, la identificación de los principales nichos de negocio tanto geográficos como por producto y las estimaciones de evolución del mercado a largo plazo.

- Con la matriz FODA propuesta elaborar las estrategias para el producto, precio, plaza o puntos de venta y promoción, también elaborar un análisis financiero que permita evidenciar la rentabilidad y viabilidad del proyecto con criterios como el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno), la inversión y el tiempo de recuperación, de esta manera elaborar un plan de negocios.

### Referencias Bibliográficas

- Alatas, H., Sja'bani, M., Mustofa, M., Mukti, A. G., Bawazier, L. A., Irijanto, F., . . . Tomino, Y. (2020). The effects of soursop supplementation on blood pressure, serum uric acid, and kidney function in a prehypertensive population in accordance with the 2017 ACC/AHA guideline. *Journal of Human Hypertension*, 34(3), 223-232. doi:10.1038/s41371-019-0235-6
- Alonso-Gómez, L. A., & Bello-Pérez, L. A. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: Retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7), 967-990.
- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D. & Ruiz, J. F. (2018). Climatología trimestral de colombia. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatolog%C3%ADa+Trimestral+para+Colombia+%28Ruiz%2C+Guzman%2C+Arango+y+Dorado%29.pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9>
- Arrazola-Paternina, G. S., Barrera-Violeth, J. L., & Villalba-Cadavid, M. I. (2013). Determination of bromatological and physical cimarron soursop (*annona glabra* L.) of cordoba's department. *Orinoquia*, 17(2), 159-166.
- Bibliotecas, D. N. d., Acosta Romero, C., Acosta Romero, C., & Acosta Romero, C. (2012). *Repositorio institucional UN* Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/9933/>
- Bonet Moron, J. A., Ricciulli Marin, D., Pérez Valbuena Gerson Javier, Galvis Aponte Luis Armando, Haddad, E. A., Araújo, I. F. & Salgueiro Perobelli, F. (2020). Impacto económico

regional del covid-19 en colombia: Un análisis insumo-producto | portal de investigaciones económicas. Retrieved from <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9843>

Buitrago, J., & Tenjo, D. (2007). Obtención de un sustrato fermentable de origen vegetal y su evaluación con células libres de *saccharomyces cerevisiae*. *Facultad De Ciencias, Pontificia Universidad Ja-Veriana, Bogotá, Colombia*,

Caro Salamanca, E. P., & Diaz Ochoa, J. (2016). Factibilidad para la creación de una empresa exportadora de bocadillo veleño ubicada en barbosa - santander.

Carvajal Cardona, L. M. (2015). Frutas tropicales - producción agrícola. Retrieved from <http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/introduccion.html>

Ceballos Peñaloza, A. M., Giraldo Gómez, G. I., Orrego Alzate, C. E., & Telis-Romero, J. (2013). Sorption thermodynamics of soursop powders obtained by different dehydration technologies. *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*, 66(2), 7107-7116. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472013000200011&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472013000200011&script=sci_abstract)

Ceide, M. F. (2017). Diseño de un nuevo producto: Té de hojas de guanábana, a través del estudio de la evidencia científica que justifica el desarrollo de un producto de estas características en el mercado ecuatoriano. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7093/1/135130.pdf>

Cepeda, G., & González González, A. S. (2017). Factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de bocadillo extrafino edulcolorado, con panela en el

municipio de barbosa santander. Retrieved from <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/123948.pdf>

Corporación colombiana de investigación agropecuaria, & AGROSAVIA. (2019). Cultivar de guanábana agrosavia fecunda. Retrieved from <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnológica/0483-cultivar-de-guanábana-agrosavia-fecunda/>

Cruz Lagos, K., & Cubides Nuñez, J. E. (2014). *Estandarización del proceso de obtención de pulpa de guanábana (annona, muricata) en cimitarra santander*

DANE. (2020a). Empleo y desempleo. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

DANE. (2020b). Producto interno bruto -PIB- nacional trimestral. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>

De Michelis, A., & Ohaco, E. (2015). Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. *Procedimientos Hogareños Y Comerciales De Pequeña Escala. Ediciones INTA. Argentina, Buenos Aires,*

Dinero. (2020). Inflación anual en colombia alcanzó mínimos de más de seis años. *Inflación De Colombia En Julio De 2020,* Retrieved from <http://www.dinero.com/economia/articulo/inflacion-de-colombia-en-julio-de-2020/294968>

Dorado, D. J., Hurtado-Benavides, A. M., & Martínez-Correa, H. A. (2016). Extracción con Co<sub>2</sub> supercrítico de aceite de semillas de guanábana (*annona muricata*): Cinética, perfil de ácidos grasos y esteroides. *Información Tecnológica*, 27(5), 37-48.

Editorial La República. (2015). Guanábana, un cultivo al que muy pocos se le miden en Colombia.

Retrieved from <https://www.agronegocios.co/agricultura/guanabana-un-cultivo-al-que-muy-pocos-se-le-miden-2621218>

El Hospital. (2020). Requisitos para fabricar desinfectantes en Colombia. Retrieved from

<https://www.elhospital.com/temas/Requisitos-para-fabricar-desinfectantes-en-Colombia+134035>

El Tiempo, C. E. (2004). Guanábanas clonadas. Retrieved from

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1511092>

El Tiempo, C. E. (2020). 'Economía colombiana crece de una manera lenta pero sólida'. Retrieved

from <https://www.portafolio.co/economia/pib-colombia-analisis-del-pib-de-colombia-2019-538135>

Ferreira, R. (1979). *Flora del Perú: Dicotiledoneas. sinopsis de la flora peruana* Flor Nacional

del Perú. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=Y5wJSQAACAAJ>

Flórez Aristizabal, L. M. (2018). Caracterización de la agrocadena de guanábana en el

departamento del valle del Cauca Colombia

municipios cartago y ansermanuevo. . *Unisalle*, Retrieved from

[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1214&context=administracion\\_agronegocios](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1214&context=administracion_agronegocios)

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura: Alimentación: Pasando de pérdidas a soluciones FAO en Colombia. *Fao*, Retrieved from [http://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/en/c/1238132/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20datos%20del%20Departamento%20Nacional,ra%C3%ADces%20y%20tub%C3%A9rculos%20\(25%25\)](http://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/en/c/1238132/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20datos%20del%20Departamento%20Nacional,ra%C3%ADces%20y%20tub%C3%A9rculos%20(25%25)).

Gil, C. G. (2018). Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): Una revisión crítica. *Papeles De Relaciones Ecosociales Y Cambio Global*, (140), , 107-118.

Goris, Silamani J. Adolf Guirao. (2015). Utilidad y tipos de revisión bibliográfica. *Revista Ene De Enfermería*, 9(2) Retrieved from <http://ene-enfermeria.org/ojs/index.php/ENE/article/view/495>

Ho, C. W., Lazim, A. M., Fazry, S., Zaki, Umi Kalsum Hj Hussain, Lim, S. J., Ibrahim, K., . . . Yaacob, W. Z. W. (2016). Soursop (annona muricata) vinegar production and its chemical compositions. *AIP Conference Proceedings*, 1784(1), 030036. doi:10.1063/1.4966774

Ho, C. W., Lazim, A., Fazry, S., Hussain Zaki, Umi Kalsum Hj, Massa, S., & Lim, S. J. (2020). Alcoholic fermentation of soursop (annona muricata) juice via an alternative fermentation technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), 1012-1021. doi:10.1002/jsfa.10103

IICA. (2004). Análisis de estudios de cadena etanol. *Cadena Agroindustrial Etanol*, , 1-24.

Retrieved from

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6553/BVE30466014e.pdf?sequence=1>

Jiménez-Zurita, J. O., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Juárez-López, P., Jiménez-Ruíz, E. I., Sumaya-Martínez, M. T., & Bello-Lara, J. E. (2017). Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*annona muricata* L.). *Revista Mexicana De Ciencias agrÁcolas*, 8(5), 1155-1167.

La República, E. (2019). Cultivos de guanábana para producción suman casi 5.000 hectáreas.

Retrieved from <https://www.agronegocios.co/agricultura/cultivos-de-guanabana-para-produccion-suman-casi-5000-hectareas-2857876>

La República, E. (2020). Exportación de frutas deshidratadas, liofilizadas y horneadas movió

US\$58,8 millones en 2020. Retrieved from

<https://www.agronegocios.co/agricultura/exportacion-de-frutas-deshidratadas-liofilizadas-y-horneadas-movio-us588-millones-en-2020-3061816>

Lizarazo Guerron, L. A., & Sierra Cubillos, M. J. (2020). Viabilidad financiera para crear una

empresa familiar que se encargue del tratamiento y comercialización de zumo orgánico de fruta natural de mandarina, naranja, y limón, en el departamento de santander, municipio de guapota. . Retrieved from

[https://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/24603/1/1.%20Trabajo\\_Sintesis\\_Aplicada\\_zumo.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/24603/1/1.%20Trabajo_Sintesis_Aplicada_zumo.pdf)

Márquez Cardozo, C. J. (2009). CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA, REOLÓGICA, NUTRACEÚTICA, ESTRUCTURAL Y SENSORIAL DE LA GUANÁBANA (annona muricata L. cv. ELITA). Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/1824/1/8740420.2009.pdf>

Méndez León, G., Granados Conde, C., & Osorio Fortich, María del Rosario. (2016). Characterization of the pulp of annona muricata L. grown in the north of bolívar department in colombia. *Revista Cubana De Plantas Medicinales* 2016, 21(4), 1-9. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v21n4/pla12416.pdf>

Minagricultura. (2017). Proyecto construyendo capacidades empresariales. Retrieved from [https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/programas-y-proyectos/Paginas/Proyecto\\_Construyendo\\_Capacidades\\_Empresariales.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/programas-y-proyectos/Paginas/Proyecto_Construyendo_Capacidades_Empresariales.aspx)

Minagricultura, & Gobierno de Colombia. (2018). Producción y rendimiento del cultivo de la guanábana 2007.2017. Retrieved from [http://www.agronet.gov.co/Documents/25-GUANABANA\\_2017.pdf](http://www.agronet.gov.co/Documents/25-GUANABANA_2017.pdf)

Minciencias. (2020). Segunda convocatoria coordinada por minciencias para hacer frente a problemáticas sociales y económicas derivadas de la pandemia. Retrieved from [https://minciencias.gov.co/sala\\_de\\_prensa/segunda-convocatoria-coordinada-por-minciencias-para-hacer-frente-problematicas](https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/segunda-convocatoria-coordinada-por-minciencias-para-hacer-frente-problematicas)

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación de Santander, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, Asociación Hortifrutícola de Colombia & Sociedad de Agricultores

- y Ganaderos del Valle del Cauca. (2006). Desarrollo de la fruticultura en santander. Retrieved from [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_114\\_Plan%20NaI%20frur-santander.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_114_Plan%20NaI%20frur-santander.pdf)
- Miranda Lasprilla, D., Barragán Quijano, E., Barreto Osorio, D., & Caicedo, A. (2000). In Norato Forero T. (Ed.), *Manejo integrado del cultivo de la guanábana (innovaciones tecnológicas)*. Tolima, Colombia: Retrieved from <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6765/1/160.1.pdf>
- Moreira-Macías, R., Rodríguez, H., Ardisana Eduardo, H., Feicán-Mejía, C., Mestanza Velasco, S. A., Viera Arroyo, W., . . . Viera Arroyo, W. (2020). In situ morphological characterization of soursop (*annona muricata* L.) plants in manabí, ecuador. *Enfoque UTE*, 11(2), 58-71. doi:10.29019/enfoque.v11n2.536
- Ochoa, C., Franco, C. J., & Flórez, A. M. (2008). Análisis de la cadena de suministro de biocombustibles en colombia. *Revista De Dinámica De Sistemas*, 4, 109-133. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Camila-Ochoa/publication/263816420\\_Analisis\\_de\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro\\_de\\_biocombustibles\\_en\\_Colombia/links/57d04b7108ae6399a389d710/Analisis-de-la-cadena-de-suministro-de-biocombustibles-en-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Camila-Ochoa/publication/263816420_Analisis_de_la_cadena_de_suministro_de_biocombustibles_en_Colombia/links/57d04b7108ae6399a389d710/Analisis-de-la-cadena-de-suministro-de-biocombustibles-en-Colombia.pdf)
- Paipa Gonzalez, K. (2010). Caracterización del proceso de exportación del limón tahiti desde el departamento del magdalena hacia el

mercado de canada. Retrieved from  
<http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1002/1/EN-00017>

Palomares, S. G., Estrada, A. H., & Sánchez, H. M. G. (2016). Guanábana (*annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión.

Pérez Luna, J. C. (2017). Obtención de polvo deshidratado de guanábana mediante secado por atomización. *Obtención De Polvo Deshidratado De Guanábana Mediante Secado Por Atomización,*

Procolombia. (2014). Logística de perecederos y cadena de frío en colombia . Retrieved from  
[https://procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann\\_ruta\\_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf](https://procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf)

Procolombia. (2017). Siete datos que desconocía para exportar frutas a europa. Retrieved from  
<https://procolombia.co/actualidad-internacional/agroindustria/siete-datos-que-desconocia-para-exportar-frutas-europa>

Qazi, A. K., Siddiqui, J. A., Jahan, R., Chaudhary, S., Walker, L. A., Sayed, Z., . . . Macha, M. A. (2018). Emerging therapeutic potential of graviola and its constituents in cancers. *Carcinogenesis*, 39(4), 522-533. doi:10.1093/carcin/bgy024

Quijije Moreira, R. V. (2015). Estudio técnico económico para la instalación de una planta de producción

de pulpa de guanábana en la ciudad de guayaquil. *Estudio Técnico Económico Para La Instalación De Una Planta De Producción De Pulpa De Guanábana En La Ciudad De Guayaquil.*,

Quintero, J., Montoya, M. I., Sánchez, O., Giraldo, O., & Cardona, C. A. (2008). Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a colombian case. *Energy*, 33, 385-399. doi:10.1016/j.energy.2007.10.001

Sánchez Cabascango, M. E., & Vasquez Arias, J. W. (2019). Evaluación del rendimiento y calidad de alcohol etílico producido de la fermentación de la guanábana (*annona muricata* l.) con *saccharomyces cerevisiae*. *Evaluación Del Rendimiento Y Calidad De Alcohol Etílico Producido De La Fermentación De La Guanábana (Annona Muricata L.) Con Saccharomyces Cerevisiae.*,

Sánchez Toro, O. J., & Cardona Alzate, C. A. (2007). *Producción de alcohol carburante: Una alternativa para el desarrollo agroindustrial*

Santos Aguilar, J., & Zabala García, D. A. (2016). Evaluación de la producción de etanol a partir de residuos orgánicos y sus diferentes mezclas, generados en la empresa de alimentos sas s.a.s. *Evaluación De La Producción De Etanol a Partir De Residuos Orgánicos Y Sus Diferentes Mezclas, Generados En La Empresa De Alimentos SAS,*

Siqueira, P. F., Karp, S. G., Carvalho, J. C., Sturm, W., Rodríguez-León, J. A., Tholozan, J., . . . Soccol, C. R. (2008). Production of bio-ethanol from soybean molasses by *saccharomyces cerevisiae* at laboratory, pilot and industrial scales. *Bioresource Technology*, 99(17), 8156-8163. doi:10.1016/j.biortech.2008.03.037

Torres, L. F. C. (2002). Influencia de la humedad relativa y la temperatura en la receptividad del estigma de guanábana (*annona muricata* L) en el guamo (tolima). *Colombia Forestal*, 7(15), 69-78.

Universidad Industrial de Santander. (2020). CONVOCATORIA INTERNA DE INVESTIGACIÓN “APORTE UIS FRENTE A LA PANDEMIA POR LA COVID-19”. Retrieved from <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/convocatoriasProgramasApoyo/programasApoyoConvocatoriasInternas/historialProgramas/2020/documentos/convocatoria%20VIE-%20%20APORTE%20UIS%20FRENTE%20A%20LA%20PANDEMIA%20.pdf>

Yanza Hurtado, E. G. (2003). Diseño de un secador por atomización a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol. *Ingeniería Química*,