

**Planteamiento De Estrategias Para El Aprovechamiento Integral Del Fruto Del Mangostán  
A Partir De Su Caracterización Físicoquímica**

**Diana Gabriela Medina Godoy**

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Químico**

**Director**

**Carlos Jesús Muvdi Nova**

**Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D.**

**Codirector**

**Luis Javier López Giraldo**

**Ingeniero Químico, Ph.D.**

**Escuela De Ingeniería Química**

**Facultad De Ingenierías Físicoquímicas**

**Universidad Industrial De Santander**

**Bucaramanga**

**2017**

*A Dios, quien con su amor infinito llena mi corazón y me ha permitido ser quien soy llevándome a este momento.*

*A mis padres, mi guía y mi fortaleza que nunca dejan de creer en mí.*

*A mis hermanas, que con su ánimo me impulsan siempre a seguir.*

*A mis amigos, que ahora son mis hermanos, por su apoyo incondicional.*

*A mi Ángel, mi mejor amigo, quien iluminó mi vida con su llegada.*

*A mis profesores, por sus grandes enseñanzas no sólo académicas sino de la vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por la paciencia y la perseverancia, por no desampararme nunca y dejarme desfallecer.

Al profesor Carlos Jesús Muvdi, por su acompañamiento, dedicación y compromiso que permitieron la culminación de este trabajo. Muchas gracias por su sabiduría y sus enseñanzas.

Al profesor Luis Javier López, por sus consejos y apoyo.

Al Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos CICTA por abrirme sus puertas con hospitalidad y facilitarme el uso de sus instalaciones y recursos.

A los integrantes del CICTA por brindarme su apoyo y consejos durante la realización de este trabajo y por regalarme tantos momentos de risas y alegría.

A mi familia y amigos que siempre están presentes para regalarme su ánimo y amor incondicional.

**Tabla de contenido**

<b>Introducción</b>	<b>12</b>
<b>1. Metodología</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Fase 1. Caracterización fisicoquímica del mangostán</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Fase 2. Planteamiento de estrategias de aprovechamiento de mangostán</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Fase 3. Diseño preliminar de esquemas para el desarrollo de las estrategias evaluadas</b>	<b>19</b>
<b>2. Análisis y discusión de resultados</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Caracterización fisicoquímica del mangostán</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1. Caracterización física</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2. Análisis bromatológico</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3. Perfil de ácidos grasos de la semilla</b>	<b>23</b>
<b>2.1.4. Polifenoles totales y capacidad antioxidante</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Formulación y evaluación cualitativa de estrategias</b>	<b>25</b>
<b>2.3. Diseño y discusión preliminar de esquemas de transformación para el desarrollo de las estrategias</b>	<b>30</b>
<b>3. Conclusiones</b>	<b>38</b>
<b>4. Recomendaciones</b>	<b>40</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>41</b>
<b>Apéndices</b>	<b>51</b>

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1. Tabla de criterios para la elaboración de estrategias</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 2. Puntajes de ponderación</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3. Puntajes de valoración</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 4. Características físicas del fruto de mangostán</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 5. Ideas de aprovechamiento para mangostán</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 6. Conceptos escogidos del análisis de la matriz DOFA</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 7. Matriz DOFA para extracción de polifenoles</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 8. Resultados de la evaluación de criterios</b>	<b>27</b>

**Lista de figuras**

<b>Figura 1. Fruta del mangostán: a) Vista interior con la pulpa intacta del mangostán. b) Apariencia exterior e interior con corte transversal horizontal.</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2. Diagrama metodológico</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3. Rendimientos en el despulpado de mangostán</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4. Resultados del análisis bromatológico del mangostán en base seca</b>	<b>21</b>
<b>Figura 5. Perfil de ácidos grasos de la semilla de mangostán</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6. Contenido de polifenoles totales del fruto de mangostán</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7. Capacidad antioxidante por el método de a) DPPH b) ABTS y c) ORAC</b>	<b>24</b>
<b>Figura 8. Diagrama de flujo de proceso propuesto con los flujos de masa de un trimestre de producción para la capacidad mínima (10%)</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Lavadora de pulpa de frutas a) por inmersión y b) de cepillos. c) Despulpadora de fruta cilíndrica con tamiz rotatorio. d) Sistema interno de la despulpadora</b>	<b>34</b>
<b>Figura 10. A) Empacadora automática de líquidos. b) Tostadora de granos y c) Grageadora de chocolate pequeña</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11. Picadora trituradora, b) marmita a gas. c) filtro prensa, y d) Evaporador</b>	<b>37</b>

**Lista de apéndices**

**Apéndice A. Matriz DOFA de los conceptos**

**51**

## Resumen

**TÍTULO:** PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL FRUTO DEL MANGOSTÁN A PARTIR DE SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA\*

**AUTOR:** DIANA GABRIELA MEDINA GODOY\*\*

**PALABRAS CLAVE:** APROVECHAMIENTO, CARACTERÍSTICAS, PROPIEDADES, TECNOLOGÍA.

### DESCRIPCION:

El mangostán es una fruta, conocida como la “reina de las frutas” cultivada principalmente en el Tolima, que posee aproximadamente un 20% en peso de pulpa fresca, y lo demás (la cáscara y semillas) es desechado, perdiendo la oportunidad de aprovechar el 80% restante. Mediante este proyecto se estudiaron sus características y propiedades por medio de una caracterización fisicoquímica, para posteriormente proponer estrategias de aprovechamiento para toda la fruta. Se encontró que la pulpa, la semilla y la cáscara representan el 30,65%, 5,15% y 62,24% respectivamente. El fruto presenta alta humedad mayor al 50%; la cáscara posee alta cantidad de polifenoles respecto a otras matrices como la cáscara de cacao, y la semilla contiene ácidos grasos tanto insaturados como saturados, siendo el 36% en peso seco de ésta. A partir de estos datos e información bibliográfica se propusieron estrategias de aprovechamiento siguiendo metodologías para el diseño de productos. Las resultantes fueron: Extracción de polifenoles de la cáscara, pulpa procesada, y snacks de semilla tostada. Se diseñó un esquema de proceso que integró las tres estrategias, y se realizó una discusión acerca de los equipos más importantes para procesar entre el 10 y el 25% de la producción anual de mangostán (546 Toneladas/año). Se encontró que el fruto tiene características atractivas para su transformación, que es posible aprovechar todo el fruto, y existe la tecnología necesaria para lograrlo.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova, Ph.D. Ingeniero químico

### Abstract

**TITLE:** STRATEGIES APPROACH FOR FULL USE OF MANGOSTEEN FRUIT FROM A PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION\*

**AUTHOR:** DIANA GABRIELA MEDINA GODOY\*\*

**KEY WORDS:** EXPLOITATION, CHARACTERISTICS, PROPERTIES, TECHNOLOGY.

#### **DESCRIPTION:**

Mangosteen is a fruit that is referred as “queen of fruits”, is mainly cultivated in Tolima, Colombia. Its flesh represents around 20% of its weight, and the remaining parts (rind and seeds) that constitute the other 80% are discarded, wasting the opportunity to make full use of this fruit. This project allowed the study of the characteristics and properties of it through a physicochemical characterization and the subsequently proposing strategies for a full exploitation of the fruit. It was found that its flesh, seed and rind amount to 30,65%, 5,15% y 62,24% from the totality of the fruit respectively. This fruit shows a humidity higher than 50%, the rind possesses great quantity of polyphenols compared to other sources of it such as cacao’s rind. The seed contains fatty acids, both saturated and unsaturated fats, signifying a 36% of its weight in a dry state. Parting from this data and bibliographic information it was possible to establish exploiting strategies by following some methodologies for products design. The final outcomes were: polyphenol extraction from the rind, processed pulp, and roasted seed snacks. These three strategies were then combined into a process scheme design, followed by the discussion about the relevancy of the equipment that allows to process between 10 and 25 % of the annual mangosteen production (546 tons per year). Finally, it was found that this fruit has characteristics that makes it attractive for its posterior transformation and that is possible to take full advantage from it and that the technology necessary to carry out its processing exists.

---

\*Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova, Ph.D. Ingeniero químico

## 1. Introducción

*Garcinia mangostana* Linn, conocida como mangostán o mangostino (en Colombia), es una fruta de origen asiático, que ha sido llamada la “reina de las frutas” por su sabor y olor (Chin y Kinghorn, 2008). En Colombia su producción se concentra en el departamento del Tolima, principalmente en el municipio de Mariquita, donde se ha convertido en símbolo del lugar, llegando a ser llamada nacionalmente “la capital del mangostino” (Alcaldía de San Sebastián de Mariquita-Tolima, 2012). Según la Asociación Hortifrutícola de Colombia (2009), los cultivos de mangostán representan el 0,13% de la producción frutal del país con 475 ha sembradas, y la producción al año en el 2015 fue de 546 toneladas (Agronet, 2017).

El árbol de mangostino es de crecimiento lento y puede llegar a alcanzar los 25 m de altura; comienza a dar cosecha a partir del séptimo año de plantado, aunque Osman y Milan (2006) mencionan un caso donde los árboles dieron frutos a los 4 años en filipinas, y es capaz de dar fruto hasta por cien años (Pardo, Picón y Sassón, 2016). La fruta madura es de color rojo-púrpura, conformada por una parte comestible (pulpa) y otra no comestible (semilla y cáscara) (Figura 1.a). En la parte superior del fruto se encuentra el pedúnculo<sup>1</sup> de color verdoso amarillento (Figura 1.b). En el interior del fruto se encuentran de 4 a 8 segmentos (Figura 1.a), conformados por semillas cubiertas de una pulpa carnososa como se puede observar en la Figura 1.b, suave y jugosa, de color blanco, con un sabor que ha sido descrito como exquisito y delicioso (Morton, 1987), y algunos le atribuyen propiedades afrodisiacas (El tiempo, 2006). La pulpa representa aproximadamente el

---

<sup>1</sup> **Pedúnculo:** Raballo que sostiene el fruto. Prolongación del tallo.

20% del peso total del fruto (Gómez, 2011), siendo lo demás la cáscara (con espesor de 6-10 mm), y las semillas. Esto expone una gran desventaja, ya que actualmente en el país su producción y venta se realiza con el objetivo del consumo de la pulpa, desaprovechando la mayoría del cuerpo del mangostino (80% de la fruta). Hasta el momento en el país no se han dado grandes pasos hacia la creación de productos que den valor agregado, y no ayuda la limitada información sobre alternativas que existen para aprovechar la totalidad del fruto.

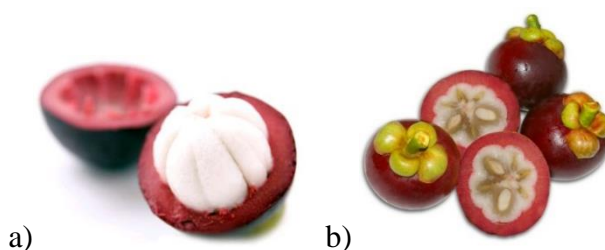


Figura 1. Fruta del mangostán: a) Vista interior con la pulpa intacta del mangostán. b) Apariencia exterior e interior con corte transversal horizontal. Adaptado de “interior del fruto de mangostino” (s.f.), “mangostinos” (s.f.).

El mangostán se ha hecho popular gracias a su amplio uso en medicina tradicional, siendo asociada con beneficios para enfermedades infecciosas, diabetes, e incluso la prevención del cáncer y tratamientos de quimioterapia. Se le atribuyen efectos antioxidantes, mayor que en otras frutas como el kiwi o el mango, y es rico en compuestos polifenólicos (Gorinstein *et al.*, 2011), principalmente flavonoides y xantonas. Chin y Kinghorn (2008) destacan que puede ser usado en la prevención y tratamiento para diabetes, enfermedades cardiovasculares, leucemia y otros tipos de cáncer.

Los antioxidantes son aquellos compuestos químicos capaces de prevenir o retardar la oxidación de otras moléculas. Los polifenoles conocidos por su potencial antioxidante están presentes de forma natural en frutas y hortalizas (Tomás, 2003). Algunos de gran interés son: las xantonas, moléculas bioactivas encontradas en las plantas; y las antocianinas que son el grupo más importante de pigmentos, responsables de la gama de colores que va desde el rojo al azul en las frutas y vegetales (Garzón, 2008) pertenecientes a los flavonoides (Castañeda y Guerrero, 2015).

Du y Francis (1977) encontraron que las antocianinas responsables de dar su color púrpura al mangostán son la cianidina-3-soforósido y en menor cantidad la cianidina-3-glucósido, tienen potencial en la industria de los colorantes naturales. Se han encontrado muchos más compuestos bioactivos con buen potencial antioxidante, aislados especialmente del pericarpio<sup>2</sup>, entre ellos el  $\beta$ -mangostán, calabaxantona, metoxixantonas, hidroxixantonas (Mahabusarakam *et al.*, 1987), procianidinas y caticinas (Yoshimura, Wiriyachitra y Taylor, 2015).

En países como Estados Unidos, el mangostán se ha vuelto popular en los últimos años y ha sido aprovechado principalmente como antioxidante en presentación de jugo de fruta (Chin y Kinghorn, 2008). A partir de esto, se evidencia que este fruto posee características llamativas para entrar al mercado y generar ganancias mediante su transformación como bebida funcional. En los Estados Unidos se comercializa como suplemento dietario en forma de cápsulas y en polvo (Liu *et al.*, 2012; Yoshimura *et al.*, 2015). Situación contraria en países como Colombia, en donde se cultiva por su potencial de entrar en el mercado, pero en donde tampoco se procesa. Esto puede deberse a la falta de herramientas suficientes para emprender, comenzando por la poca disponibilidad de información básica y sencilla que permita direccionar al área agrícola a abrir nuevos horizontes para su aprovechamiento.

Es común encontrar información acerca de la elaboración de productos a partir de pulpa de mangostán, como jugo, compotas y mermeladas (Osman y Milan, 2006), sin embargo, son recetas artesanales para hacer en casa, que aún no han sido implementadas comercialmente, lo que implica la falta de investigación y acción que se dirija hacia el desarrollo de estos productos. Por otra parte, revisando la bibliografía se evidencia la falta de estudios que se enfoquen en las semillas del

---

<sup>2</sup> **Pericarpio:** Parte del fruto que envuelve las semillas, generalmente la pulpa y la cáscara.

mangostán, su composición, y sus aplicaciones, siendo una razón más para soportar la realización de este proyecto y potencializar su aprovechamiento.

Los residuos orgánicos de frutas son habitualmente usados para la producción de compost, biocombustibles y biofertilizantes tanto a nivel nacional como internacional (Jaramillo y Zapata, 2008; Yepes, Montoya y Orozco, 2008). Otras aplicaciones estudiadas están: la obtención de pectinas, para el caso de residuos de mango (Gamboa, 2009); extracción de compuestos activos, por ejemplo, de las semillas guayaba (Nivia, Castro, Parada, Rodríguez y Restrepo, 2007) o la cáscara de cacao (Carreño y Rojas, 2014).

Por otra parte, las semillas desechadas de diferentes frutos no solo han sido utilizadas para producir abonos orgánicos, sino también para obtener aceites o hacer pastas para untar (Escalante, Santos, Rojas y Lárez, 2012; González, 2010). Algunas, como las de chía o girasol, son recomendadas para agregar a los alimentos por su alto contenido de grasas vegetales buenas para el organismo; en varios sitios de internet es común encontrar instrucciones para preparar diferentes semillas en casa para consumir, entre los que están el tostado de éstas.

En Colombia la investigación acerca del mangostán es casi nula. Esta situación impulsa a la comunidad científica a realizar investigaciones que den paso a la creación de posibilidades en el país para crecer, no solo a nivel de transformación primaria y secundaria, sino también estimulando el sector agrícola.

Cabe resaltar que en el grupo de investigación en ciencia y tecnología de alimentos (CICTA) de la Universidad Industrial de Santander, donde se realizarán las pruebas necesarias de este proyecto, ha trabajado en la caracterización de diferentes alimentos como el cacao, evaluando su pH, acidez titulable, humedad, cenizas, fibra y grasa (Perea, Ramírez y Villamizar, 2011). También

se ha hecho la extracción de polifenoles y carotenoides para darle valor agregado a la cáscara de cacao (Carreño y Rojas, 2014), y a la almendra de mango (Rosso y Toro, 2011) mostrando que, en Colombia hay iniciativas de investigación para el aprovechamiento de materias primas agrícolas partiendo de la investigación de sus características más importantes.

### 3. Metodología

En la Figura 2 se presenta el diagrama metodológico seguido durante el desarrollo de este proyecto.

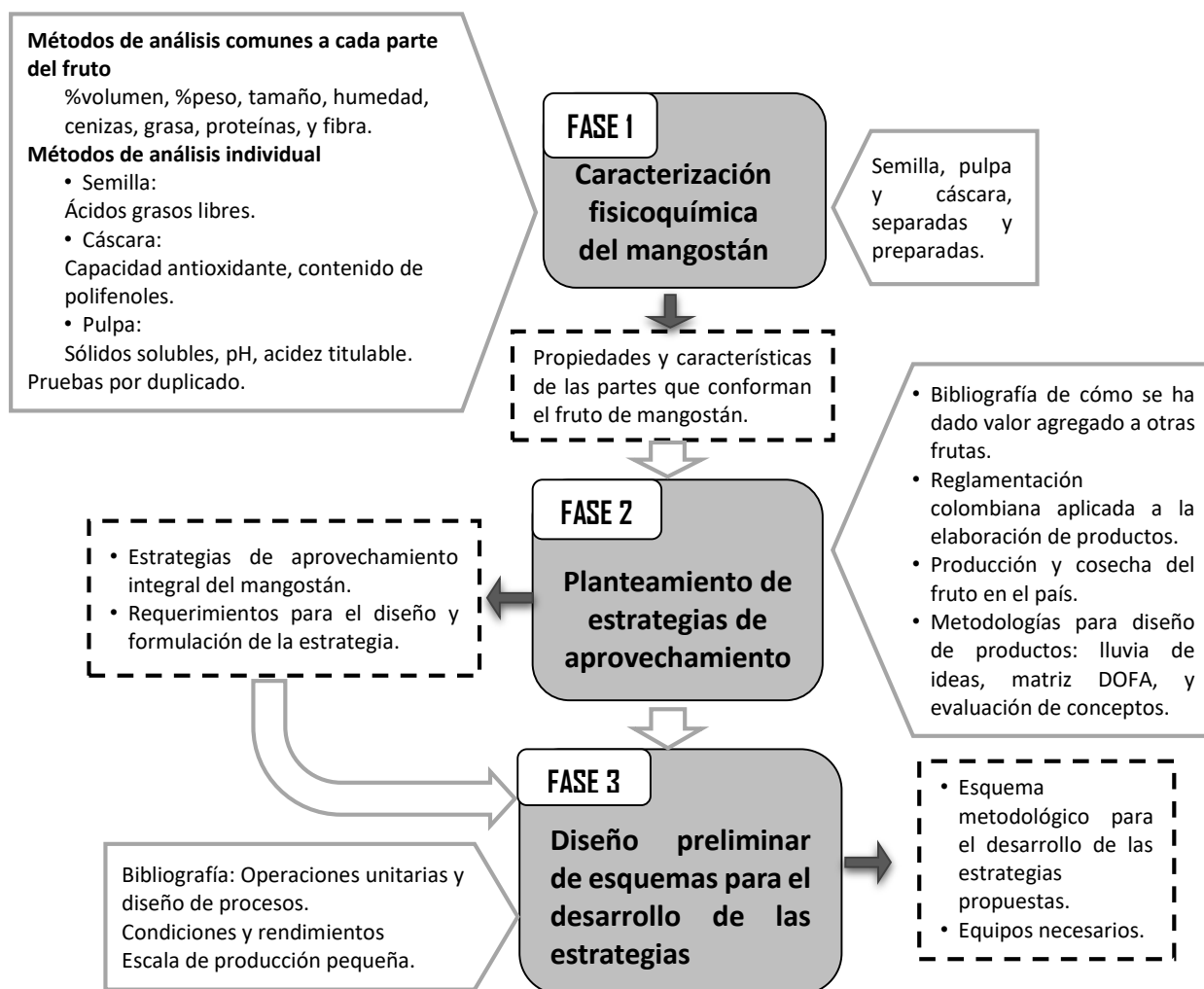


Figura 2. Diagrama metodológico.

### **1.1. Fase 1. Caracterización fisicoquímica del mangostán**

En esta fase del trabajo se escogieron frutos de diferentes tamaños, se midieron y se pesaron. Para los análisis fue necesario separar cada parte de los frutos (pulpa, semilla y casca), y luego preparar cada muestra de acuerdo con el análisis aplicado. A cada parte se le realizó análisis de humedad, cenizas, grasa, proteínas, y fibra. Además, para la semilla se determinó el perfil de ácidos grasos, y para la cáscara se analizó su capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales. Estos métodos de análisis se encuentran establecidos internamente en el grupo CICTA (Murillo, 2016; Perea, Cadena y Herrera., 2009; Perea *et al.*, 2011).

### **1.2. Fase 2. Planteamiento de estrategias de aprovechamiento de mangostán**

Para esta fase se siguieron metodologías para el desarrollo de nuevos productos, teniendo como base los resultados de la caracterización y bibliografía consultada sobre valorización tanto de mangostán como de otras frutas. Se realizó una lluvia de ideas en la que participaron estudiantes de pregrado y posgrado, y profesionales vinculados al grupo CICTA. Posteriormente, la escogencia de una estrategia para cada parte del fruto se realizó en dos etapas: primero, cada idea fue evaluada por medio de una matriz de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA) teniendo en cuenta información relacionada con el proceso, tecnología, el mercado, insumos y recursos, el sector, restricciones legales, innovación, y a partir de ellos para encontrar los pros y los contras de cada idea; se escogieron dos o tres ideas que tenían ventajas sobre las demás, y sus amenazas o debilidades no suponían un riesgo grande. Seguido se realizó una evaluación por medio de una tabla de criterios, en colaboración con los miembros del grupo CICTA.

La tabla de criterios (Tabla 1) fue elaborada teniendo en cuenta de nuevo los aspectos mencionados para desarrollar la matriz DOFA y otros considerados relevantes en el desarrollo de nuevos productos para la industria. A cada criterio se le asignó una ponderación (P) como se observa en la Tabla 1, que había sido establecida previamente por medio de un taller de discusión con los directores del proyecto, en el rango de 2 a 10 (Tabla 2). La labor del grupo evaluador consistió en asignar una valoración (V) de acuerdo con lo consignado en la Tabla 3.

*Tabla 1.* Tabla de criterios para la evaluación de estrategias.

<b>Crit. #</b>	<b>P</b>	<b>Criterio</b>	<b>Enunciado</b>
1	8	Mercado	Existe un mercado potencial al cual ofrecer el producto
2	2	Competencia	No hay competencia con empresas grandes establecidas en el país
3	6	Tecnología	Requiere tecnologías de uso simple y fácil instalación
4	6	Costo general	Costo estimado bajo de equipos, insumos y del proceso
5	8	Importación	No necesita la importación de equipos o insumos
6	6	Ocupación de espacio	Requiere poco espacio para el desarrollo y producción
7	8	Sostenibilidad	La idea presenta posibilidades de financiación por medio entidades gubernamentales o que trabajen en pro del desarrollo de la economía del país
8	4	Responsabilidad social	La idea contribuye en la solución de alguna problemática social del país
9	6	Innovación	Es una idea innovadora que ayuda al desarrollo del país
10	6	Impacto ambiental	Las actividades desarrolladas durante el proceso de producción no están asociadas a aspectos ambientales que preocupen a la sociedad o reglamentados en Colombia
11	10	Bienestar de la población	El producto no genera sospecha de daños en la salud de la persona que lo adquiera
12	8	Legislación	No existen restricciones en leyes o normas para ofertar el producto
13	8	Estabilidad del producto	El producto no presenta cambios significativos en sus características a lo largo del tiempo
14	6	Reproducibilidad	El proceso de producción es de fácil estandarización
15	8	Copiabilidad	El producto o proceso no puede ser copiado por una persona natural o empresa
16	2	Especificidad regional	El producto está relacionado a algún aspecto cultural de una región
17	8	Aporte de valor	El sector de consumo o tipo de aplicación aporta valor agregado a la materia prima

*Tabla 2.* Puntajes de ponderación

<b>Puntajes de ponderación</b>	
<i>Esencial</i>	10
<i>Muy conveniente</i>	8
<i>Conveniente</i>	6
<i>Recomendable</i>	4
<i>Deseable</i>	2

Tabla 3. Puntajes de valoración

Valoración	
<i>No cumple</i>	1
<i>Cumple escasamente</i>	2
<i>Cumple aceptablemente</i>	3
<i>Cumple en alto grado</i>	4
<i>Cumple totalmente</i>	5

El puntaje (Pt) que obtiene cada criterio está dado por la fórmula:

$$Pt = P * V \quad (1)$$

El total obtenido para una estrategia está dado por la fórmula:

$$T = \sum Pt_i \quad (2)$$

Donde  $Pt_i$  es el puntaje del criterio i.

Una vez evaluadas todas las estrategias, continuaron a la siguiente fase las que obtuvieron mayor puntaje total (T) de cada parte del fruto (cáscara, semilla y pulpa).

### 1.3. Fase 3. Diseño preliminar de esquemas para el desarrollo de las estrategias evaluadas

En esta etapa se obtuvieron los esquemas metodológicos para desarrollar las estrategias más viables y potenciales, buscando presentar un diseño inicial del proceso con los equipos y materias primas necesarias a escala pequeña. Teniendo en cuenta las estrategias con mayor puntaje, se construyó un diagrama que integró las tres en un sólo proceso. Se procedió a realizar los balances de masa correspondientes, luego se escogieron los equipos principales a utilizar. Para el diseño se utilizó como base de materia prima el rango entre el 10% y el 25% de la producción de mangostán en Colombia para abarcar una producción a escala de una microempresa, y considerando un crecimiento de la producción en años futuros.

## 2. Análisis y discusión de resultados

### 2.1. Caracterización fisicoquímica del mangostán.

**2.1.1. Caracterización física.** Se escogieron cuatro frutos de diferentes tamaños al azar, los cuales fueron pesados y medidos para obtener la caracterización física del mangostán mostrada en la Tabla 4. En ella se observa el peso promedio del fruto con y sin pedúnculo, su tamaño, y el peso de cada parte. Igualmente, se observan altas desviaciones en las medidas, indicando un rango grande de tamaños en los que se puede encontrar el mangostán en las cosechas, siendo posible encontrar frutos entre los 87 y 145 g, aproximadamente. Durante el procedimiento de despulpado fue posible observar una relación creciente entre el número de semillas y el tamaño de la fruta; entre más grande sea la fruta, aumentan las probabilidades de encontrar más semillas en ella.

Tabla 4. Características físicas del fruto de mangostán.

Característica	Valor	Desviación
<i>Peso total (g)</i>	116,70	29,70
<i>Peso total sin pedúnculo (g)</i>	113,71	29,08
<i>Diámetro transversal (mm)</i>	61,09	6,09
<i>Diámetro longitudinal (mm)</i>	52,07	3,73
<i>Peso cáscara húmeda (g)</i>	70,67	18,01
<i>Peso pulpa húmeda (g)</i>	34,79	8,56
<i>Número de semillas</i>	2,25	0,96
<i>Peso semillas húmedas (g)</i>	2,21	0,86
<i>Pérdidas promedio (g)</i>	6,04	2,80

A partir de estos resultados fue posible obtener los rendimientos en peso del proceso de despulpado. Se relacionó el peso obtenido de pulpa, cáscara y semilla respecto al peso total sin pedúnculo para cada fruto analizado, se promediaron los rendimientos de los frutos, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 3.

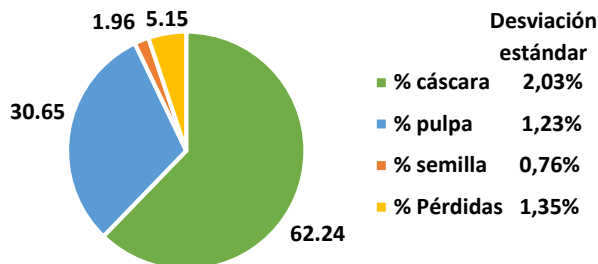


Figura 3. Rendimientos en el despulpado de mangostán.

En ella se observa que la cáscara es la que se encuentra en mayor cantidad en un fruto de mangostán con un 62% en peso, seguido por la pulpa que representa el 30% del peso del fruto, y finalmente la semilla con un 5% aproximadamente. Las bajas desviaciones obtenidas, comparando con las desviaciones obtenidas en la Tabla 4 para el peso de la fruta, indican que, los rendimientos en el despulpado son independientes del tamaño del fruto. Por otro lado, cabe mencionar que, a pesar del cuidado mantenido al momento del despulpado, se obtienen pérdidas de masa que representan aproximadamente un 5% del peso total del fruto. Estas pérdidas se presentan especialmente al separar la semilla de la pulpa.

**2.1.2. Análisis bromatológico.** Se aplicó un análisis bromatológico a cada parte del mangostán.

En la Figura 4 se muestran los resultados de humedad, cenizas, proteínas, fibra y grasa obtenidos (los últimos tres en base seca).

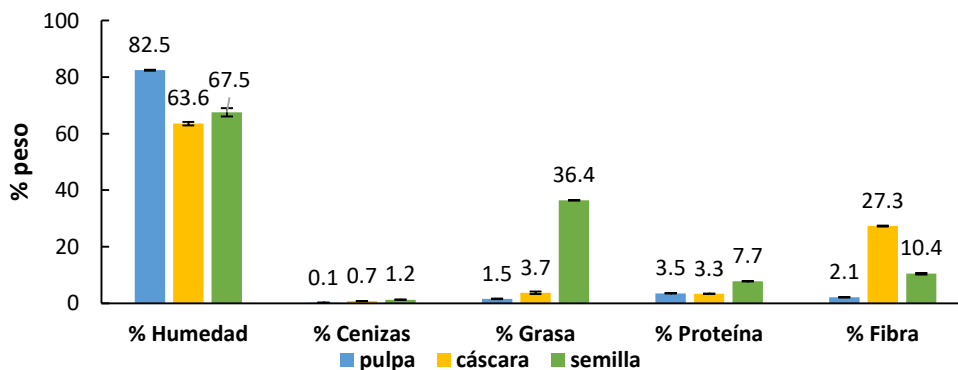


Figura 4. Resultados del análisis bromatológico del mangostán en base seca.

En esta Figura resalta el hecho que el fruto posee un alto porcentaje de humedad, la pulpa sobresale con un 82,5%, al igual que la cáscara con un 63,6%. Estos valores son similares a los dados por Morton (1987) de 80-84% para la parte comestible y Campos, Guerreiro y Santos (2009) de 66% para la cáscara. Finalmente, la semilla presenta un contenido del 67,5% de humedad, valor que no es reportado aún en la bibliografía.

Tanto cáscara, como pulpa y semilla presentan un bajo porcentaje de cenizas, indicando la baja presencia de minerales. Para la cáscara se encuentra un valor similar en la literatura de 0,69% (Campos *et al.*, 2009).

En la Figura destaca la semilla con un 36% de grasa, valor cercano al reportado por Osman y Milan (2006) y que se encuentra alrededor del 30%. En cuanto a proteína, Gómez (2011) reporta en la literatura valores más bajos para la cáscara y la pulpa (2,9% y 0,4%, respectivamente) a los obtenidos en el laboratorio que son superiores al 3%. Aun así, para la pulpa se encuentra que hay frutas como la piña y la guayaba que doblan este porcentaje (Ramírez y Pacheco, 2010). Por otro lado, la semilla presenta un 7,7% de contenido de proteína, valor bajo comparado con el rango de 10-27% de la semilla de girasol (Salgado, 2009). La cáscara mostró mayor contenido de fibra, seguido por la semilla y luego la pulpa. Campos *et al.* (2009) reportan un valor de 29,12% para la cáscara, parecido al obtenido en el presente trabajo. El valor obtenido para la pulpa está por debajo del rango (5,0%-5,1%) presentado por Morton (1987), y superior al valor reportado por Gómez (2011) de 0,4%. Además, se midió el pH y los sólidos solubles totales para la pulpa, con valores de 3,4 y 16 °Brix, respectivamente; valores no lejanos al de la uchuva (3,8 y 13,6 °Brix). Igualmente, se calculó el valor de acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico obteniendo un resultado de 0,6%, cercano al de la uchuva (1,59%) (Arrazola, Herazo y Alvis, 2014, Duque, Giraldo y Quintero, 2011).

**2.1.3. Perfil de ácidos grasos de la semilla.** Se analizó el contenido de la grasa de la semilla para obtener el perfil de ácidos grasos en base seca, encontrando lo presentado en la Figura 5.

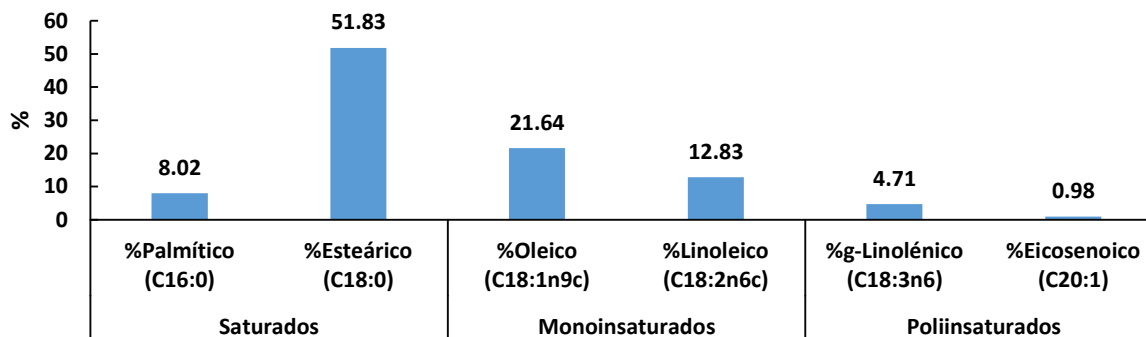


Figura 5. Perfil de ácidos grasos de la semilla de mangostán.

En ella se puede observar que los ácidos grasos saturados y los insaturados se encuentran en una relación aproximada de 60:40, respectivamente en porcentaje. La grasa extraída es sólida a temperatura ambiente, de acuerdo con los resultados y lo observado en el laboratorio. De los saturados sobresale el ácido esteárico que representa más del 50% del contenido de grasa; entre los insaturados el ácido oleico y linoleico están presentes en un 34,47% del total, los cuales son saludables para el consumo humano disminuyendo los niveles de colesterol malo en la sangre (Pérez *et al.*, 2006).

**2.1.4. Polifenoles totales y capacidad antioxidante.** Se llevó a cabo el análisis de polifenoles y de capacidad antioxidante para cada una de las partes del fruto. En la Figura 6 se presentan los resultados del contenido de polifenoles, en la que se observa que la cáscara fue la que mostró un mayor contenido, a diferencia de la pulpa y la semilla que presentan los valores más bajos. Al comparar la cantidad de polifenoles totales con otras matrices, se encuentra que la cáscara de mangostán presenta un valor mayor a los obtenidos de tamarindo y aguacate (entre 80-100 mg EAG/g) y la cáscara de cacao (entre 60 y 80 mg EAG/g) reportados en el trabajo de Carreño y Rojas (2014).

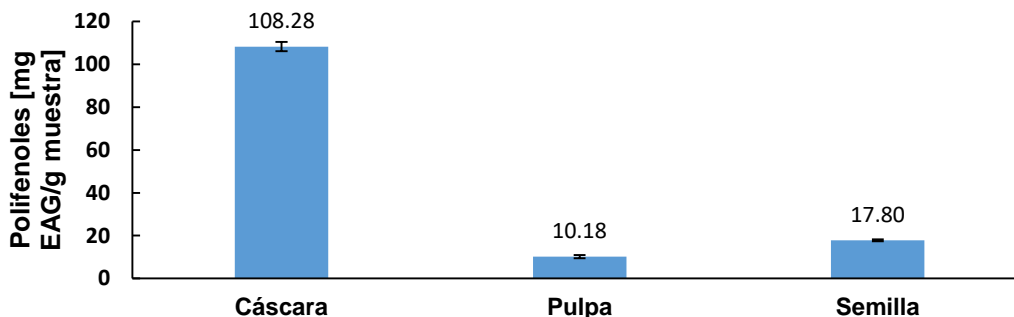


Figura 6. Contenido de polifenoles totales del fruto de mangostán.

Se cuantificó la capacidad antioxidante del extracto polifenólico obtenido por medio de los métodos: DPPH, ABTS y ORAC y los resultados se muestran en la Figura 7. Se observa con los tres métodos, que la mayor capacidad antioxidante se encuentra presente en la cáscara del fruto, seguido por la semilla, que en los tres casos no alcanza la mitad del valor obtenido para la cáscara. La pulpa posee un bajo valor de capacidad antioxidante comparado con las dos partes anteriores del fruto.

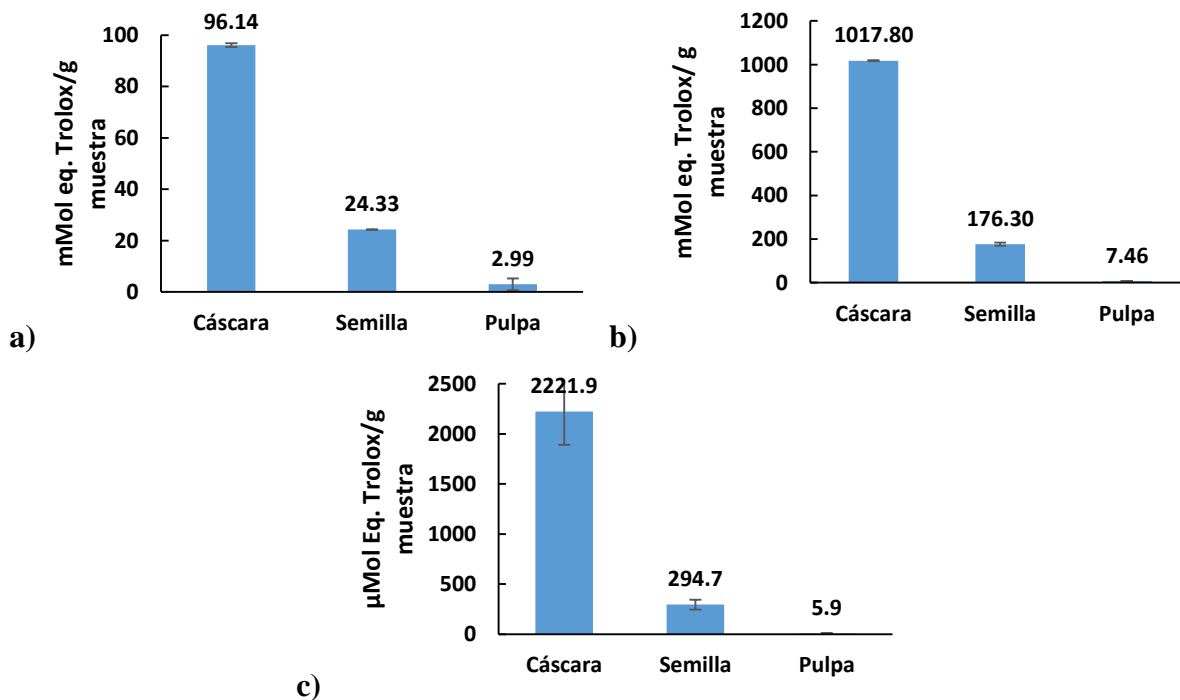


Figura 7. Capacidad antioxidante por el método de a) DPPH b) ABTS y c) ORAC

## 2.2. Formulación y evaluación cualitativa de estrategias de aprovechamiento.

Se llevó a cabo la formulación de estrategias de aprovechamiento de dos formas. La primera, a partir de la caracterización fisicoquímica y la información encontrada en la literatura; y la segunda por medio de una lluvia de ideas grupal en la que participaron profesionales y estudiantes adscritos a las Escuelas de Química, Nutrición, e Ingeniería Química que trabajan en el grupo CICTA con conocimientos en el área de alimentos y afines. Las ideas obtenidas junto con su fuente se muestran en la Tabla 5.

Para cada una de las ideas se realizó una matriz DOFA, para encontrar sus aspectos positivos y negativos, que fueron discutidos y analizados posteriormente, de tal manera que se escogieran máximo 3 conceptos para cada parte del fruto (Tabla 6), siendo éste el primer filtro de selección. En la Tabla 7 se presenta a manera de ejemplo la matriz DOFA realizada al concepto de extracción de polifenoles, los demás se presentan en el Apéndice 1.

Tabla 5. Ideas de aprovechamiento para mangostán.

Parte del fruto	Idea o concepto	Fuente de la idea
Cáscara	Pigmento/colorante	Contenido de antocianinas
Cáscara	Condimento	Color de la cáscara
Cáscara	Infusiones	Propiedades antioxidantes
Pulpa y cáscara	Shampoo	Propiedades medicinales
Cáscara, pulpa y semilla	Extracto para cosméticos	Extractos de otros frutos
Cáscara	Compostaje para animales	Otros desechos y contenido de fibra
Cáscara	Obtención de fibra	Contenido de fibra
Cáscara	Extracción de polifenoles	Alto contenido de polifenoles
Pulpa	Licores	Publicación sobre vino de mangostán (Xiao <i>et al.</i> 2015)
Pulpa	Helado	Usos de otras frutas
Pulpa	Jugo	Venta de jugos de mangostán en otros países
Pulpa	Mermelada	Usos de otras frutas
Pulpa	En conserva	Usos de mangostán en el libro Mangosteen (Osman y Milan, 2006)
Semilla	Semilla salada	Uso de frutos secos y semillas de otros frutos
Semilla	Semilla confitada	Uso de frutos secos y semillas de otros frutos
Semilla	Mantequilla	Contenido de grasas y textura de la semilla
Semilla y pulpa	Crema exfoliante	Contenido de grasa y sus propiedades antioxidantes

Tabla 6. Conceptos escogidos del análisis de la matriz DOFA.

Parte del fruto	Concepto
-----------------	----------

Cáscara	Pigmento/colorante
	Infusiones
	Extracción de polifenoles
Pulpa	Licores
	Pulpa procesada
Semilla	Almendra tostada salada
	Almendra confitada
	Mantequilla

Es importante resaltar de la Tabla 6 uno de los conceptos de aprovechamiento (pulpa procesada), el cual no se encuentra en la en la lista de la Tabla 5. Esto se debe a que en la discusión generada de la matriz DOFA para la pulpa, al analizar los conceptos de helado, jugo y mermelada, se encontró que una de las amenazas que comparten es la fuerte competencia que habría con empresas ya establecidas de estos productos; de allí se vio la oportunidad del procesamiento de la pulpa como ingrediente para estas industrias, así como para el público en general; siendo incluido como concepto posteriormente.

Tabla 7. Matriz DOFA para extracción de polifenoles.

Extracción de polifenoles	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Posee alta cantidad de polifenoles, que son antioxidantes naturales que ayudan a impedir o retardar las oxidaciones catalíticas mejorando la salud de una persona y el enranciamiento natural en alimentos. Para su extracción se requieren solventes de fácil consecución como lo son el etanol y el agua.	Puede ofrecerse a diferentes empresas de alimentos, tanto para la conservación de productos como para mejorar en contenido de antioxidantes en un alimento o bebida.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
El uso de solventes para su extracción genera aguas que requieren tratamientos.	En los próximos años, la reglamentación puede ser más estricta para el consumo de alimentos con antioxidantes.

El segundo filtro de selección se llevó a cabo mediante la evaluación de criterios mencionada en la metodología. La valoración de cada concepto se realizó en colaboración con los miembros del grupo CICTA y los resultados del taller se muestran en la Tabla 8. Los puntajes para cada criterio (Pt) se obtuvieron mediante la aplicación de la Ecuación (1) y el puntaje total se obtuvo

aplicando la Ecuación (2). Las casillas en gris oscuro resaltan los conceptos con mayor puntaje para cada parte del fruto.

Tabla 8. Resultados de la evaluación de criterios.

<b>Criterio</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>Total</b>
<b>Concepto</b>	<b>P</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	
<i>Pigmento/ colorante</i>	<b>V</b>	5	2	4	4	5	3	3	1	3	2	5	5	3	4	1	1	4	<b>388</b>
	<b>Pt</b>	40	4	24	24	40	18	24	4	18	12	50	40	24	24	8	2	32	
<i>Infusiones</i>	<b>V</b>	4	1	5	5	5	5	3	1	2	5	5	5	4	5	1	1	3	<b>420</b>
	<b>Pt</b>	32	2	30	30	40	30	24	4	12	30	50	40	32	30	8	2	24	
<i>Extracción de polifenoles</i>	<b>V</b>	5	1	5	4	5	5	4	1	2	3	5	4	3	5	1	3	5	<b>422</b>
	<b>Pt</b>	40	2	30	24	40	30	32	4	12	18	50	32	24	30	8	6	40	
<i>Licores</i>	<b>V</b>	5	1	5	4	5	3	2	1	2	2	3	1	5	3	1	5	4	<b>344</b>
	<b>Pt</b>	40	2	30	24	40	18	16	4	12	12	30	8	40	18	8	10	32	
<i>Pulpa procesada</i>	<b>V</b>	3	2	5	5	5	5	4	1	4	5	5	5	2	5	1	1	3	<b>418</b>
	<b>Pt</b>	24	4	30	30	40	30	32	4	24	30	50	40	16	30	8	2	24	
<i>Semilla tostada y confitada</i>	<b>V</b>	5	1	5	4	5	5	4	1	1	5	5	5	4	5	1	1	4	<b>432</b>
	<b>Pt</b>	40	2	30	24	40	30	32	4	6	30	50	40	32	30	8	2	32	
<i>Mantequilla</i>	<b>V</b>	3	5	4	5	5	5	1	2	2	5	3	5	2	5	1	1	4	<b>374</b>
	<b>Pt</b>	24	10	24	30	40	30	8	8	12	30	30	40	16	30	8	2	32	

P=ponderación v=valoración pt=puntaje

En esta tabla se puede observar que los conceptos con mayor puntaje fueron la extracción de polifenoles (cáscara), pulpa procesada (pulpa) y semilla tostada ya sea salada o confitada (semilla). Para la cáscara es posible notar la cercanía entre los puntajes del concepto de infusiones y el de extracción de polifenoles, siendo la mayor diferencia de 15 puntos en el criterio de aporte de valor agregado (17), indicando la importancia del sector al cual es dirigido el producto. En cuanto a la pulpa es notable la diferencia en puntaje final de los dos conceptos, las más grandes se deben a los criterios de legislación (12) y estabilidad del producto (13). Es importante resaltar que la semilla tostada y la confitada se unieron en un solo concepto (mayor puntaje de la semilla), debido a que el proceso de producción sería el mismo, con la diferencia del ingrediente con el que se cubre la semilla (etapa final de procesamiento).

Respecto a los polifenoles, es sabido que han atraído un gran interés por su capacidad antioxidante, que ha sido asociada positivamente en la salud humana. Siendo el mangostino una excelente fuente de polifenoles como quedó demostrado en su caracterización, es razonable emplear la cáscara, el residuo en mayor proporción de la fruta, para extraer estos compuestos. La cadena de producción alimenticia es un sector donde cada vez va aumentando la demanda de polifenoles. Según el centro tecnológico AINIA (2014) la industria ha avanzado en el desarrollo de alimentos enriquecidos con polifenoles, y se sigue trabajando para usarlos como componente bioactivo en prototipos de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos.

Actualmente, no hay una regulación clara sobre los polifenoles o los antioxidantes, que se manifieste sobre aspectos del proceso de extracción o cantidades permitidas en diferentes productos. Sin embargo, desde el surgimiento de los denominados alimentos funcionales, se han aunado esfuerzos por establecer un marco legislativo que favorezca a los consumidores, y los proteja de publicidad falsa. En Japón con el sistema FOSHU (alimentos para uso específicos de salud) se regula el proceso de la aprobación de alimentos funcionales; en estados unidos es permitido decir que un producto “reduce el riesgo de padecer enfermedades” bajo la regulación de la administración de alimentos y medicamentos (FDA); en la unión europea mediante la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA) ha avanzado en cuanto las declaraciones de beneficio de un producto, y el reconocimiento de la (-)-epicatequina y el hidroxitirosol como antioxidantes saludables (Cortés, Chiralt y Puente, 2005; Afbia, 2009; Durán y Valenzuela, 2010; EFSA, 2011; EFSA, 2012). En Colombia se encuentran regulados los aditivos en productos alimenticios mediante la Resolución 2606 de 2009, donde se menciona el uso de antioxidantes para prolongar la vida útil de los alimentos, sin ninguna declaración sobre su uso para beneficios en la salud, aunque existe un marco legal donde se reglamenta alimentos con propiedades adicionales para la

salud donde se define el uso de alimentos fortificados, los suplementos dietarios y el rotulado que haga alusión a propiedades curativas y preventivas (Forero, 2016). En cuanto a productos cosméticos no se encuentra una normatividad que condicione el uso de polifenoles o antioxidantes.

En cuanto a la pulpa de mangostán procesada, se conoce que es un proceso sencillo, que no requiere de equipos complejos, o insumos adicionales difíciles de adquirir. Además, otra ventaja es la vida útil de pulpas congeladas que puede llegar a ser de 1 año, resultando beneficioso cuando la producción es escasa (Castro, 2014), y preservan su color, aroma y sabor (Gallo y Hernández, 2008). Las empresas dedicadas a la fabricación de bebidas, mermeladas, helados, yogures y otros productos en base a fruta, pueden ser una demanda potencial para la pulpa de mangostán, además de los consumidores en los hogares. Comprar pulpa de fruta conlleva a ahorrar tiempos en la preparación de la fruta y evita lidiar con los desperdicios de la fruta (SAS, s.f.). Las pulpas de fruta están reguladas por la Resolución colombiana 3929 de 2013, que establece los requisitos sanitarios que se deben cumplir, entre ellos, los fisicoquímicos y microbiológicos. También se deben tener en cuenta las normas de etiquetado y aspectos nutricionales aplicados en el país.

Por último, la semilla siendo el residuo del fruto que está en poca cantidad, es preciso que el producto no requiera de un proceso complejo, ya que será una producción de pequeñas cantidades (la semilla representa menos del 2% del fruto), por lo que la semilla tostada para consumir tipo snack es ideal para su aprovechamiento, por su manufactura sencilla, que al igual que la pulpa requiere pocos insumos y utiliza equipos de fácil operación. El tostado de semillas es un proceso que realza el sabor de éstas (Mora, 2011), aportando un contenido significativo de grasas insaturadas y de fibra que ayuda en la salud de las personas (Medlineplus, 2016). Para su comercialización se debe cumplir con las normas de buenas prácticas de manufactura, etiquetado

de productos y la validez de su información nutricional; no se conocen otras reglamentaciones aplicadas a este tipo de productos.

Es importante mencionar que se realizaron pruebas preliminares para la formulación de productos como la mermelada, yogurt, helado y semillas tostadas en el laboratorio, con buena aceptabilidad por parte de los integrantes del grupo CICTA, quienes degustaron las diferentes muestras.

Se puede deducir que el diseño de productos es un proceso cíclico, donde se pueden presentar replanteamientos para incrementar aspectos positivos y eliminar aquellos negativos, tanto de las ideas llevadas a cabo como de la metodología seguida, haciendo necesario retroceder algunos pasos. Durante este proyecto surgieron modificaciones que fueron mencionadas (pulpa procesada y semilla tostada), evidenciando la flexibilidad y adaptabilidad con la que se llevó a cabo el proceso.

### **2.3. Diseño y discusión preliminar de esquemas de transformación para el desarrollo de las estrategias.**

Se llevó a cabo el diseño básico inicial del proceso de aprovechamiento de mangostán teniendo en cuenta las estrategias seleccionadas anteriormente. De acuerdo con la metodología, el esquema de transformación propuesto tendría la capacidad de procesar desde el 10% hasta el 25% de la producción nacional para el 2015 (Agronet, 2017); lo que sería el equivalente a procesar entre 54,6 y 136,5 toneladas anualmente. Es importante señalar que los datos utilizados para los balances están basados en los resultados experimentales obtenidos a escala laboratorio y las únicas pérdidas tenidas en cuenta son las de pulpa de acuerdo a la caracterización fisicoquímica realizada. El

diagrama de flujo con las etapas se muestra en la Figura 8; a manera de ejemplo se presentan también los flujos de masa para un trimestre de producción con la capacidad mínima (10%).

El proceso está dividido en 6 zonas, para efecto de un mejor entendimiento y discusión de los equipos a utilizar y sus especificaciones; cada una de ellas presenta una base de cálculo de tiempo de procesamiento diferente, debido a que el proceso es por lotes, ya que la cosecha es trimestral y los equipos no trabajan todos los días durante el procesamiento. En la Zona 1 se lleva a cabo una selección preliminar de frutos y su lavado. En la Zona 2 se procede al pretratamiento de la fruta efectuando la separación de la cáscara, la pulpa y la semilla. En la zona 3 se realiza el procesado de la pulpa. En la Zona 4 el procesado de la semilla. En la Zona 5 se hace un pretratamiento de la cáscara para pasar al proceso de extracción, que se realiza en la Zona 6.

Para definir inicialmente la capacidad de procesamiento que deben tener los equipos, se tuvo en cuenta que la cosecha de mangostán se hace 4 veces al año; trimestralmente se procesarían 13,650 ton (10%) y 34,125 ton (25%). Esta cantidad se recibiría repartida en 5 semanas (para evitar el deterioro de la fruta), teniendo en cuenta 6 días de trabajo por semana.

Diariamente, se procesarían entre 455 kg y 1137,5 kg de frutos de mangostán, en las zonas de la 1 a la 5. De esta forma la producción de pulpa y snacks de semilla se llevaría a cabo en estas 5 semanas y se almacenaría. La Zona 6 procesaría cáscara seca y triturada a partir del segundo día del trimestre durante 12 semanas.

En la Zona 1 se hace la recepción de la carga de frutos de mangostán y se realiza una selección descartando aquellos que se encuentran dañados y que representan el 2% en peso. Luego, se procede a la separación del pedúnculo de cada fruto (3% en peso); todo esto de forma manual por el trabajador con ayuda de cuchillos o tijeras gruesas de grado alimenticio.

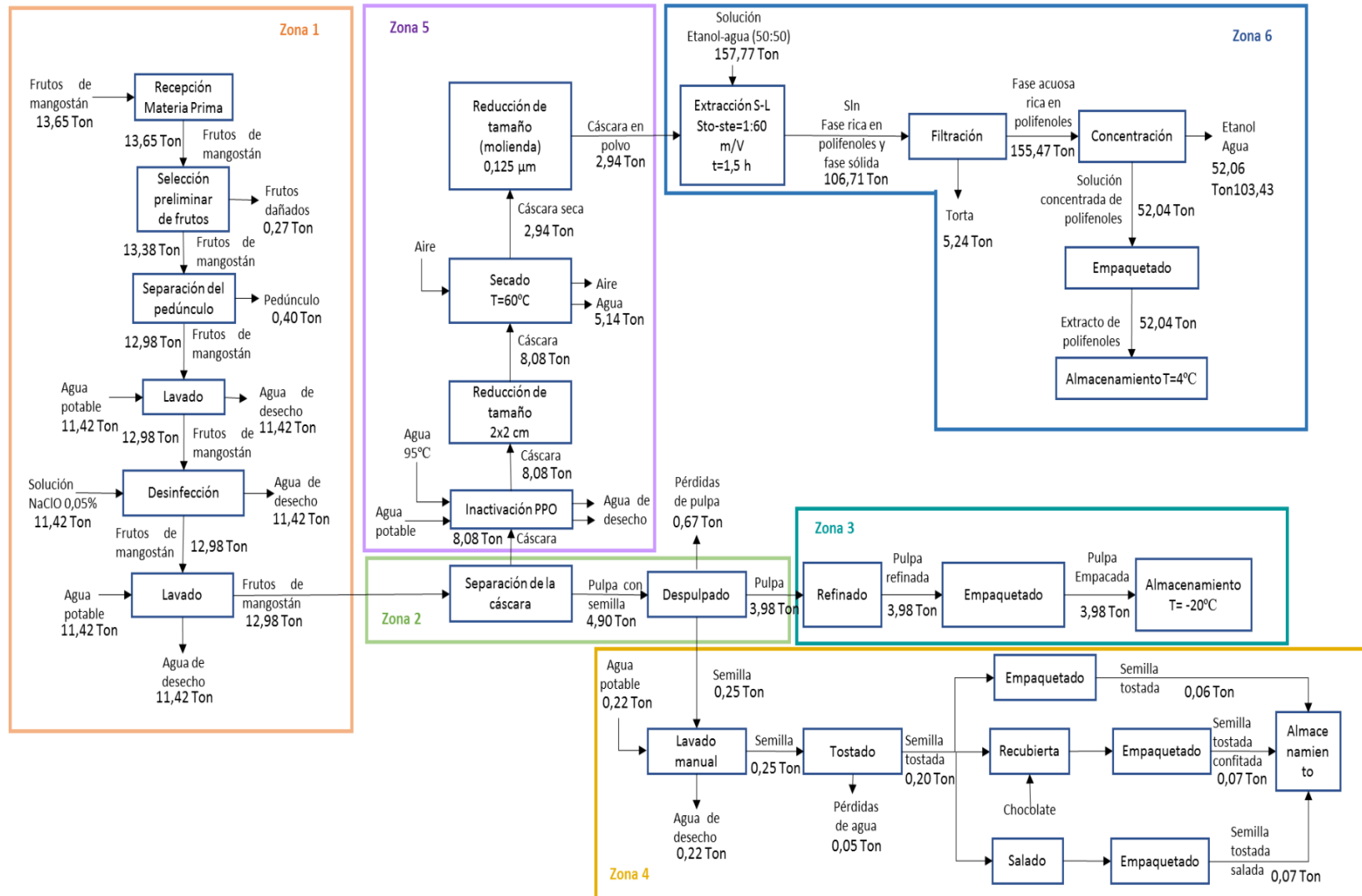


Figura 8. Diagrama de flujo de proceso propuesto con los flujos de masa de un trimestre de producción para la capacidad mínima (10%).

Los frutos son ingresados a la primera etapa de lavado por inmersión usando agua potable para retirar los restos de tierra y suciedad superficial (Figura 9.a). Tanques para este fin se encuentran en el comercio con medidas de 2,23 x 1,73 x 1,02 m (largo x alto x ancho), capaces de procesar hasta 1 ton/h, que cuenta con una banda transportadora inclinada que descarga los frutos (Citalsa, s.f.). Seguido, se llevan a una segunda lavadora por inmersión con solución de hipoclorito de sodio para la desinfección de los frutos; equipo con las mismas dimensiones y capacidad de procesamiento que el anterior; se tiene en cuenta una relación de 0,88 kg de agua/kg de fruta en el primer lavado y desinfectado. Luego, el mangostán es transportado al segundo lavado donde se retira cualquier residuo de desinfectante con agua potable utilizando una lavadora de cepillos (Figura 9.b) con dimensiones de 1,8 x 1,0 x 1,3 m (largo x ancho x alto) que puede procesar una tonelada por hora (Omip, s.f.); se tiene en cuenta una relación de 2,5 kg de agua/kg de fruta.

En la Zona 2 la separación de la cáscara se realizaría manualmente por trabajadores; como ayuda se propone el diseño de una herramienta que haga un corte superficial en el fruto, de tal forma que permita el procesamiento entre 269,2 kg y 673 kg/día. Para la obtención de la pulpa y semilla se procesarían de 163,3 a 408,3 kg/día de pulpa más semilla en una despulpadora (Figura 9.c) cilíndrica horizontal con tamiz interno cilíndrico y palas internas giratorias (Figura 9.d) que hacen girar el fruto y lo presionan contra el tamiz que retira la pulpa sin dañar la semilla. Para esta capacidad de procesamiento se requiere un equipo con dimensiones de 0,7 x 1,0 x 0,5 m de alto, largo y ancho, respectivamente, que puede procesar hasta 500 kg/h (Caval, s.f.).

En la Zona 3 (procesado de pulpa) se requiere procesar un máximo de 331,4 kg/día. Para la etapa de refinado se utilizará la despulpadora mencionada anteriormente con un número de malla del tamiz más pequeño. La pulpa refinada se empaqueta en bolsas para 1 kg de fruta donde se puede utilizar una empaquetadora totalmente automática que llena y sella el empaque (Figura 10.a)

pudiendo procesar hasta 30 bolsas/min con dimensiones aproximadas de 1,05 x 0,85 x 2,10 m (Vanegas, s.f.). Otra opción es que el operario realice el llenado de los empaques con una dosificadora y lo lleve a una selladora; la capacidad de procesamiento dependerá de la habilidad del trabajador. No se debe olvidar que el producto debe llevar fecha de vencimiento; algunas empaquetadoras también hacen el fechado del empaque, de lo contrario se necesita una máquina que lo haga. Después de empacada, la pulpa se lleva a almacenamiento a temperatura de congelación; una primera opción son varios refrigeradores industriales que puedan almacenar 4000 kg aproximadamente (la producción de pulpa de 5 semanas); a futuro y a medida que crezca la producción se agregarían más equipos de refrigeración al proceso. Otra opción es construir un cuarto de enfriamiento con paneles metálicos y puertas herméticas que puede ser expandido cuando sea haga necesario.



Figura 9. Lavadora de pulpa de frutas a) por inmersión y b) de cepillos. c) Despulpadora de fruta cilíndrica con tamiz rotatorio. d) Sistema interno de la despulpadora. Adaptado de Citalsa (s.f), Omip (s.f)., Caval (s.f.), Djgasli (2015).

En la Zona 4 se debe hacer un lavado de las semillas para retirar los restos de pulpa de forma manual por el trabajador, utilizando canastas o recipientes y chorros de agua a presión, para procesar entre 8,5 y 21 kg/día. Posteriormente, se pueden secar a temperatura ambiente en un lugar limpio y protegido de plagas. Luego, se llevan a la etapa de tostado donde se puede utilizar una tostadora de tambor rotatorio a gas (figura 10.b); un tambor con 0,4 m de diámetro y 0,6 m de fondo puede dar una capacidad de 30 kg/carga (“tostadora”, s.f.) Con un tiempo de tostado de 15 min. La producción semanal es destinada a un tipo de snack (recubierto con chocolate, salado o

natural). Para la producción de la semilla recubierta con chocolate se recomienda una grageadora (Figura 10.c), la cual consiste en un tambor que gira a bajas revoluciones y el chocolate se agrega manualmente ya derretido; la máquina permite que las semillas se recubran al rodar dentro del tambor y una corriente de aire es ingresada para enfriar las grageas cubiertas; para un lote de 30 kg se requiere un tambor de 30 cm de diámetro (Termoformados Osorno, s.f.). Es importante mencionar que la cobertura puede ser confitada, en cuyo caso el proceso es diferente pero igualmente sencillo de realizar. El salado de la semilla tostada puede hacerse en la misma tostadora (de tambor rotatorio) agregando previamente la sal, dejando calentar por unos pocos minutos, para posteriormente ingresar las semillas. El empaque de los snacks puede ser hecho por una empacadora automática que dosifica, empaca, sella y fecha el producto que puede rendir 15 a 20 bolsas/min (Vanegas, s.f.); como segunda opción es posible que el trabajador se encargue de realizar el llenado y pesado del empaque, y se realice el sellado con una máquina selladora. Igualmente, se necesita realizar el fechado del empaque con una máquina adicional.



Figura 10. a) Empacadora automática de líquidos, b) Tostadora de granos y c) Grageadora de chocolate pequeña. Adaptado de Comek (s.f.), Bendig (s.f.), Twirlo (s.f.).

En la Zona 5 se comienza con la desactivación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) de la cáscara de mangostán; para esto, se sumerge en agua a 95°C (temperaturas más altas degradan los polifenoles) por 5 min, seguido por un choque térmico con agua. Se sumerge la cáscara en un

tanque rectangular horizontal con canastillas, pasado este tiempo se retiran y enfrían rápidamente utilizando agua a temperatura ambiente; se realizarían varias cargas/día para procesar entre 269 y 673 kg/día. Para retirar el exceso de agua antes de la siguiente etapa se puede utilizar aire comprimido aplicado sobre el material que se encuentra dentro de las canastillas. Seguido a esto se ingresa la cáscara a una picadora-trituradora (Figura 11.a). Este tipo de equipos para procesar 800 kg/h pueden llegar a medir 1,2 m de altura (Penagos, s.f.). Se lleva lo producido a la etapa de secado donde sería posible usar un secador rotatorio de tambor con capacidad de 1 m<sup>3</sup>, que tendría dimensiones de 1,2 x 1,15 m (diámetro x largo) (Penagos, s.f.). Otra elección posible es utilizar un cuarto de secado que permita el ingreso de 300 kg/día de cáscara, aproximadamente. La cáscara seca se lleva a trituración utilizando la misma trituradora para picado pero con una criba más pequeña.

En la Zona 6 (extracción de polifenoles) la cáscara triturada debe ser puesta en contacto con una solución de etanol-agua 50:50 v/v durante 1,5 h a una proporción 1:60 m/v (material seco/solución). Para esto se utilizaría un tanque mezclador con calentamiento, por lo que una marmita con mezclador también sería una opción. Para procesar entre 70 y 112 kg/día se requerirían dos marmitas (Figura 11.b) con capacidad de 0,6 m<sup>3</sup> que hagan 3 y 5 cargas/día, respectivamente; puede ser automatizada con control de tiempos y temperatura, y su calentamiento se puede dar por gas o vapor. El extracto obtenido (entre 3,9 y 6,1 m<sup>3</sup>/día) se lleva a filtrado para separar la fase acuosa rica en polifenoles. Para esto es posible utilizar un filtro prensa (Figura 11.c); uno pequeño de 0,44 x 0,65 x 0,65 m (ancho x alto x largo) puede llegar a procesar 4,5 m<sup>3</sup>/h, y puede ser de cierre manual o hidráulico (Corel, 2017). Seguidamente, el filtrado obtenido (entre 3,7 y 6,0 m<sup>3</sup>), teniendo en cuenta que la torta sale con un 50% de humedad, se lleva a la etapa de concentración donde se utilizaría un evaporador de película descendente (Figura 11.d), que es ideal

para procesar soluciones que contienen compuestos sensibles a la temperatura. Con un evaporador de aproximadamente 7 m de alto y 25 tubos de intercambio de calor, es posible procesar de 1200 l/h de extracto de polifenoles clarificado en un tiempo comprendido entre 3 y 5 h, para llevarlo a un factor de concentración volumétrica de 3 (Ardila y Ramírez, 2016). La solución concentrada pasa a ser empacada con una envasadora totalmente automática, o manualmente con ayuda de una dosificadora. Cabe mencionar que hacer el empaque manual en cada línea de producción puede implicar variación en los contenidos netos del producto empacado. Finalmente, el producto es almacenado en una zona refrigerada y protegida de la luz.



Figura 11. a) Picadora trituradora, b) marmita a gas, c) filtro prensa, y d) evaporador de película descendente. Adaptado de Penagos (s.f.), Mic (s.f), Bilfinger (s.f.), Ardila y Ramírez (2016).

Es importante resaltar que este es un estudio exploratorio sobre los principales equipos requeridos para llevar a cabo las estrategias de aprovechamiento, mostrando la existencia de la tecnología necesaria, con el requisito de que se puede adquirir con proveedores nacionales, y la presencia de retos de diseño de equipos económicos que faciliten el trabajo a los operarios, ya que el proceso se visionó como una idea de emprendimiento a escala de microempresa, buscando oportunidades de financiación externas, para realizarse en zonas rurales cerca a los cultivos de mangostán, evitando altos costos de transporte, y aprovechando la frescura de la fruta cosechada y la mano de obra campesina en las etapas de lavado y despulpado.

### 3. Conclusiones

Fue posible obtener por primera vez una caracterización fisicoquímica completa del mangostán. Se encontró que el rendimiento de pulpa, semilla y cáscara se mantiene (30,65; 1,96 y 62,24%, respectivamente), independiente del tamaño del fruto. El mangostán contiene más del 50% en peso de agua (82% para pulpa, 63% en la cáscara, 67% en la semilla). La semilla es una fuente significativa de grasa con un 36% de contenido, conformada por ácidos grasos saturados e insaturados en una proporción 60/40, respectivamente. La cáscara representa la mayor fuente de fibra (27%) en el fruto, y de polifenoles (108,28 mg EAG/g) comparado con otros alimentos que se consideran fuente de éstos. Con esto, se obtienen las características más importantes de cada parte del fruto de mangostán, complementando la información que existe en la bibliografía.

La metodología seguida basada en el diseño de productos resultó ser una forma efectiva para determinar la mejor forma de aprovechamiento de mangostán. Se logró identificar una estrategia de aprovechamiento para cada parte del fruto (cáscara, pulpa y semilla), teniendo como base su caracterización fisicoquímica e información bibliográfica relacionada. Para la pulpa sobresalió la estrategia de procesarla para un mercado objetivo representado por empresas que elaboran productos a base de pulpa (como helados, yogures, mermeladas y otros) como público en general. La extracción de polifenoles para la cáscara es una opción atractiva para la industria alimenticia y cosmética que por ahora no presenta restricciones de tipo legal en Colombia, generando una solución al mayor residuo del mangostán. Y finalmente, la producción de snacks con la semilla ya sea confitada, salada o sólo tostada, conlleva un procesado sencillo, ideal para el aprovechamiento por su poca cantidad.

Se diseñaron los esquemas de transformación para las estrategias de aprovechamiento de cada una de las partes del mangostán, teniendo en cuenta las etapas necesarias para llevar a cabo el proceso propuesto. Del análisis se encontró que es posible realizar procesos de transformación alrededor del cultivo de mangostán desde el punto de vista técnico al exponer la disponibilidad de tecnología, ya sea por una alta oferta de referencias de los diferentes equipos, así como la posibilidad de diseñar y construir algunos de ellos en el país, para el procesamiento de la fruta después de su cosecha, desde su pretratamiento en la zona de lavado y despulpe, hasta las diferentes líneas de producción trabajadas en este proyecto. El análisis consideró abarcar entre el 10% y el 25% de la producción nacional reportada para el año 2015 de 546 ton/año, para producir pulpa procesada (entre 15,9 y 39,8 ton/año), snacks de semilla (0,78 y 1,96 ton/año) y extracto polifenólico (69 y 172,7 ton/año).

Con este trabajo se logró proponer esquemas de transformación para el aprovechamiento integral del fruto de mangostán, teniendo en cuenta la caracterización fisicoquímica realizada en el laboratorio CICTA, y la información bibliográfica para el diseño y desarrollo de productos. Además, se encontró que el proceso presentado tiene oportunidades de llevarse a cabo de la mano con empresas colombianas fabricantes y distribuidoras de maquinaria.

#### **4. Recomendaciones**

Realizar análisis de contenido de vitaminas y de antocianinas, para conocer más a fondo las propiedades del mangostán, buscando aumentar las ventajas de este fruto.

Se recomienda llevar a cabo un estudio para encontrar las formulaciones más adecuadas para productos como mermelada, jugos, yogurt y helado, que permita soportar la aplicación de los productos obtenidos de este proceso.

Se recomienda complementar los estudios de factibilidad a un nivel más detallado para desarrollar las estrategias propuestas como una idea de emprendimiento.

### Referencias bibliográficas

- (2012). *Alcaldía de San Sebastián de Mariquita*. Recuperado Noviembre 2016, a partir de <http://www.sansebastiandemariquita-tolima.gov.co/noticias.shtml?apc=ccx-1-&x=1364449>
- Ardila Ayala, A., & Ramírez Ramírez, A. (2016). *Propuesta de un esquema de producción de jarabes de glucosa clarificados a partir de almidón de yuca* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Ardila Anaya, A., & Ramírez Ramírez, A. (2016). *Estructura de soporte para un evaporador de película descendente al vacío*.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Obtención y Evaluación de la Estabilidad de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) en Bebidas. *Información Tecnológica*, 25(3), 43-52. doi:10.4067/s0718-07642014000300007
- Bendig. *Tostadora TD-10*. Recuperado a partir de <http://www.bendig.co.cr/tostadoras.php>
- Bilfinger. *Filtro-prensa de viga lateral automática de alta presión KE*. Recuperado a partir de <http://www.directindustry.es/prod/bilfinger-water-technologies-srl/product-31503-320536.html>
- Campos Chiste, R., Guerreiro de Faria, L., Santos Lopes, A., & Andrade Mattietto, R. (2009). Características físicas e físico-química da casca de mangostão em três períodos da safra. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 31(2), 416-422. doi:10.1590/S0100-29452009000200015

Carreño Toledo, O., & Rojas Correa, L. (2014). *Determinación y Ajuste de parámetros cinéticos de la extracción de polifenoles totales a partir de la cáscara de cacao* (Tesis de pregrado).

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Castañeda Sánchez, A., & Guerrero Beltrán, J. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos*, 9, 25-33. Recuperado a partir de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>

Castro Rodríguez, T. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta productora y comercializadora de pulpa de fruta en el municipio de Venecia Cundinamarca*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Caval. *cavaldotaciones. cavaldotaciones*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.cavaldotaciones.com.co/inventory>

Caval. *Despulpadora de fruta*. Recuperado a partir de <http://www.cavaldotaciones.com.co/inventory>

Centro Tecnológico AINIA. (2013). *¿Están de moda los alimentos con polifenoles?*. *Ainia.es*. Recuperado Septiembre 2017, a partir de <http://www.ainia.es/noticias/seguridad-alimentaria/estan-de-moda-los-alimentos-con-polifenoles/>

Chin, Y., & Kinghorn, A. (2008). Structural Characterization, Biological Effects, and Synthetic Studies on Xanthonenes from Mangosteen (*Garcinia mangostana*), a Popular Botanical Dietary Supplement. *Mini-Reviews In Organic Chemistry*, 5(4), 355-364. doi:10.2174/157019308786242223

Citalsa. *Lavadora de frutas por inmersión citalsa LIA1 - Pulpas - Agroindustria. Citalsa.com.*

Recuperado Septiembre 2017, a partir de <http://citalsa.com/agroindustria/pulpas/lavadora-de-frutas-por-inmersion-citalsa-lia1>

Citalsa. *Lavadora de frutas por inmersión citalsa LIA1.* Recuperado a partir de

<http://citalsa.com/agroindustria/pulpas/lavadora-de-frutas-por-inmersion-citalsa-lia1>

Comek. *Empacadora automática de líquidos.* Recuperado a partir de

<http://www.comek.com.co/index.php/productos/equipos-para-sellado-y-empaque/empacadora-automatica-de-liquidos-1-000-.html>

Corel. (2017). *Filtros prensas con placas plásticas* (p. 3). Corel y CIA S.A. Recuperado a partir

de [http://www.corel.com.co/documentacion/DURAPOL/Catalogo\\_FILTROS\\_PRENSA.pdf](http://www.corel.com.co/documentacion/DURAPOL/Catalogo_FILTROS_PRENSA.pdf)

Cortés R., M., Chiralt B., A., & Puente D., L. (2005). Alimentos funcionales: una historia con

mucho presente y futuro. *Vitae*, 12(1), 5-14. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815869001>

Djgasli. (2015). *Ensamble y funcionamiento de una máquina despulpadora.* Recuperado a partir

de <https://www.youtube.com/watch?v=HBB4wR18cmk>

Du, C., & Francis, F. (1977). Anthocyanins of mangosteen, *Garcinia mangostana*. *Journal Of Food*

*Science*, 42(6), 1667-1668. doi:10.1111/j.1365-2621.1977.tb08452.x

Duque, A., Giraldo, G., & Quintero, V. (2011). Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado

de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Temas Agrarios*, 6(1), 75-83. doi:10.21897/rta.v16i1.686

Durán C, R., & Valenzuela B, A. (2010). LA EXPERIENCIA JAPONESA CON LOS ALIMENTOS FOSHU: ¿LOS VERDADEROS ALIMENTOS FUNCIONALES?. *Revista Chilena De Nutrición*, 37(2), 224-233. doi:10.4067/s0717-75182010000200012

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865), maintenance of normal blood HDL cholesterol concentrations (ID 1639), mainte. *EFSA Journal*, 9(4), 2033. doi:10.2903/j.efsa.2011.2033

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2012). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to cocoa flavanols and maintenance of normal endothelium-dependent vasodilation pursuant to Article 13(5) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 10(7), 2809. doi:10.2903/j.efsa.2012.2809

El Tiempo. (2006). *Mariquita es la tierra del mangostino, la exótica fruta de los dioses*. *El Tiempo*. Recuperado Septiembre 2016, a partir de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3273981>

Escalante, M., Santos, I., Rojas, L., & Lárez Velásquez, C. (2017). Aprovechamiento de desechos orgánicos: 1. Extracción y caracterización del aceite de semillas de naranja colectadas en expendios ambulantes de jugos. *Avances En Química*, 7(3), 181-186. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93325703004>

*Estadísticas Inicio*. (2017). *Agro.net.gov.co*. Recuperado 3 Octubre 2017, a partir de <http://www.agro.net.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

Forero, M. (2016). *Marco Legal - Regulación de los Alimentos Funcionales*. *Alimentosfuncionalesan.blogspot.com.co*. Recuperado Septiembre 2017, a partir de <http://alimentosfuncionalesan.blogspot.com.co/2016/08/marco-legal-regulacion-de-los-alimentos.html>

Gamboa Bandri, M. (2009). *Aprovechamiento de Los Residuos Obtenidos del Proceso de Despulpado Del Mango (Mangifera Indica L.), De Las Variedades Smith, Tommy Atkins, Haden Y Bocado como Materias Primas para La Obtención De Pectinas* (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela.

Gallo Herrera, A., & Hernandez Martin, N. (2008). *Diseño de un plan de negocios para la creación de una empresa productora de pulpa de guanábana tipo exportación en la región de La Mesa Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle.

Gómez Palau, M. (2011). *Propuesta de aprovechamiento integral del fruto de mangostino (Garcinia mangosta Linn)* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.

González Remedi, P. (2010). *Desarrollo y evaluación de una pasta untable para el aprovechamiento de semillas de zapallo (Cucurbita máxima)* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Gorinstein, S., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., & Vearasilp, S. et al. (2011). Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits. *Food Research International*, 44(7), 2222-2232. doi:10.1016/j.foodres.2010.10.009

*Interior del fruto de mangostino*. Recuperado a partir de <http://elmangostino.com/>

Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. (2017). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* (Tesis de especialista). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Liu, Z., Antalek, M., Nguyen, L., Li, X., Tian, X., Le, A., & Zi, X. (2013). The Effect of Gartanin, a Naturally Occurring Xanthone in Mangosteen Juice, on the mTOR Pathway, Autophagy, Apoptosis, and the Growth of Human Urinary Bladder Cancer Cell Lines. *Nutrition And Cancer*, 65(sup1), 68-77. doi:10.1080/01635581.2013.785011

Mahabusarakam, W., Wiriyachitra, P., & Taylor, W. (1987). Chemical Constituents of *Garcinia mangostana*. *Journal Of Natural Products*, 50(3), 474-478. doi:10.1021/np50051a021

*Mangostinos*. Recuperado a partir de <http://www.lacasamorett.com/foxygallery/mangostino.html>

MedlinePlus. (2016). *Explicación de las grasas en la alimentación: MedlinePlus enciclopedia médica*. *Medlineplus.gov*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000104.htm>

MIC. *Marmita volteo 300 litros*. Recuperado a partir de [http://www.maquincent.com/wp-content/uploads/2015/10/Marmita-volteo-300-litros\\_bak.jpg](http://www.maquincent.com/wp-content/uploads/2015/10/Marmita-volteo-300-litros_bak.jpg)

Mora, Y. (2011). *Propiedades del sésamo tostado*. VIX. Recuperado Septiembre 2017, a partir de <https://www.vix.com/es/imj/salud/2011/03/06/propiedades-del-sesamo-tostado>

Morton, J. (1987). *Fruits of Warm Climates* (1st ed.). University of Michigan: Curtis F. Dowling. Recuperado a partir de [http://www.pssurvival.com/ps/plants/Crops\\_Fruits\\_Of\\_Warm\\_Climates\\_2004.pdf](http://www.pssurvival.com/ps/plants/Crops_Fruits_Of_Warm_Climates_2004.pdf)

- Murillo Méndez, C. (2016). *Caracterización fisicoquímica e implementación de un método analítico por cromatografía líquida para evaluar la calidad en mieles del nororiente colombiano* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Nivia, A., Castro, H., Parada, F., Rodríguez, I., & Restrepo, P. (2007). Aprovechamiento integral de la guayaba (*psidium guajava* L.): i. obtención de extractos a partir de semillas utilizando como solvente co2 supercrítico. *Scientia Et Technica*, 1(33), 79-82. doi:10.22517/23447214.5819
- Omip. *Lavadora Cepilladora* | Omip. *Omip.net*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.omip.net/es/Lavadora-Cepilladora>
- Omip. *Lavadora cepilladora*. Recuperado a partir de <http://www.omip.net/es/Lavadora-Cepilladora>
- Osman, M., & Milan, A. (2006). *Mangosteen Garcinia mangostana L.*. University of Southampton, Southampton, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops.
- Pabón, H., Martínez, Á., Figueroa Casas, A., Lopera, M., & Homez, J. et al. (2009). *Guía ambiental hortifrutícola de Colombia* (p. 13). Bogotá. Recuperado a partir de [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_30\\_guiaambiental.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiaambiental.pdf)
- Pardo Ibáñez, S., Picón Villamil, Y., & Sassón Beltrán, M. (2016). *Oportunidades comerciales para productores y exportadores colombianos de mangostanes y mangos en los Países Bajos a partir del Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea* (Pregrado). Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Penagos. *Secadora rotativa para café SG 1 – Penagos Hermanos. Penagos.com*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.penagos.com/producto/secadora-rotativa-para-cafe-sg-1/>

Penagos. *Triturador picador TP – 8 R – Penagos Hermanos. Penagos.com*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.penagos.com/producto/triturador-picador-tp-8-r/>

Penagos. *Secadora Rotativa SG2*. Recuperado a partir de [http://www.insergewhs.pe/secadora\\_rotativa\\_sg2.html](http://www.insergewhs.pe/secadora_rotativa_sg2.html)

Penagos. *Triturador picador TP – 8 R*. Recuperado a partir de <http://www.penagos.com/producto/triturador-picador-tp-8-r/>

Perea Villamil, J., Cadena Cala, T., & Herrera Ardila, J. (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Salud UIS*, 41(2), 128-134. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-08072009000200003&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-08072009000200003&script=sci_abstract&tlng=es)

Perea, J., Ramírez, O., & Villamizar, A. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 9(1), 35-42. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612011000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000100005)

Pérez-Jiménez, F., Ros, E., Solá, R., Godás, G., Pérez-Heras, A., & Serra, M. et al. (2006). Consejos para ayudar a controlar el colesterol con una alimentación saludable. *Clínica E Investigación En Arteriosclerosis*, 18(3), 104-110. doi:10.1016/s0214-9168(06)73670-1

Ramírez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1), 71-75. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/339/33917727011/>

Rosso Cerón, A., & Toro Uribe, S. (2011). *Optimización de las condiciones de extracción sólido-líquido de polifenoles a partir de la almendra de mango hilacha (Mangifera indica. Var. Magdalena River) y ajuste de sus parámetros cinéticos* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Salgado, P. (2009). *Proteínas de girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

SAS. *Pulpa de fruta congelada*. SAS. Recuperado Septiembre 2017, a partir de <https://www.alimentossas.com/pulpa-de-fruta-congelada>

Termoformados Osorno. *Máquinas para termoformado - venta de maquinas termoformadoras*. *Empaquesytermoformados.com*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://empaquesytermoformados.com/maquinas-para-termoformado.html>

Tomás Barberán, F. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alimentación, Nutrición Y Salud*, 10(2), 41-53. Recuperado a partir de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/18042/3/lecturaPDF.pdf>

*Tostadora Para Cafe, mani, cacao, arroz Chino*. *Articulo.mercadolibre.com.co*. Recuperado Octubre 2017, a partir de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453552134-tostadora-para-cafemanicacaoarroz-chino-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453552134-tostadora-para-cafemanicacaoarroz-chino-_JM)

Twirlo. *Grageadora de chocolate*. Recuperado a partir de <http://www.pastaline.it/products/twirlo/?lang=es>

Vanegas, I. *Empacadoras*. *Industriasjjeon.com*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.industriasjjeon.com/envasadoras-semiautomaticas-para-liquidos.html>

Vanegas, I. *Empacadoras selladoras automáticas para granos, alimento para mascotas, maní y otros*. *Industriasjjeon.com*. Recuperado Octubre 2017, a partir de <http://www.industriasjjeon.com/empacadoras-selladoras-semiautomaticas-para-granos-y-dulces.html>

Williams, J. (2006). *Mangosteen Garcinia mangostana L.* Southampton, UK: University of Southampton.

Xiao, Z., Liu, J., Chen, F., Wang, L., Niu, Y., Feng, T., & Zhu, J. (2014). Comparison of aroma-active volatiles and their sensory characteristics of mangosteen wines prepared by *Saccharomyces cerevisiae* with GC-olfactometry and principal component analysis. *Natural Product Research*, 29(7), 656-662. doi:10.1080/14786419.2014.981185

Yepes, S., Montoya Naranjo, L., & Orozco Sánchez, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales—frutas—en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional De Agronomía*, 61(1), 4422-4431. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a18v61n1.pdf?>

Yoshimura, M., Ninomiya, K., Tagashira, Y., Maejima, K., Yoshida, T., & Amakura, Y. (2015). Polyphenolic Constituents of the Pericarp of Mangosteen (*Garcinia mangostana*L.). *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 63(35), 7670-7674. doi:10.1021/acs.jafc.5b01771

## Apéndice

### Apéndice A. Matriz DOFA de los conceptos

#### Cáscara

<b>Pigmento/colorante/antioxidante (extracto concentrado)</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Alto contenido de antocianinas 45,80 mg/100 g. Capacidad antioxidante alta. Solubles en agua. Alternativa para los colorantes artificiales, especialmente en la industria de alimentos. Para su extracción se requieren tanques, tanques mezcladores, molinos y secador, los cuales se pueden conseguir en el país.	Existen empresas colombianas en la industria de los colorantes y pigmentos que podrían interesarse en el proceso. Información amplia para la extracción y estabilización de las antocianinas. Las antocianinas son utilizadas como colorante/pigmento, pero de fuentes diferentes al mangostino. Como colorante está exento de certificación de la fda. Según la leather food research, a mediados de la próxima década, el valor del mercado mundial de colorantes tendrá un aumento del 10% (de 2005 a 2009 creció alrededor del 67%)
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
A medida que aumenta el ph se degradan más fácilmente, su estabilidad decae. (ph=1 forma más estable de antocianinas, color rojo; 2<ph<4 estable, de color azul; 5<ph<6 se vuelven inestables; ph>7 degradan rápidamente por oxidación con el aire). Requiere insumos especiales para su extracción. El proceso puede generar desechos contaminantes que requieran tratamientos costosos.	Limitada cantidad de cultivos de mangostino. Normas y reglamentos que limiten el uso de antocianinas en las diferentes industrias. Costos aplicados por el gobierno para desechos producidos en el proceso.
<b>Condimento</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Alto contenido de cáscara (representa aprox. El 71% de la fruta en peso). Aporta valor nutricional.	
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
No se sabe que sabor aporta a las comidas. Desconocimiento de la fórmula del condimento. Poco valor agregado.	Puede acarrear una difícil introducción en el mercado de las especias. No se conoce si el consumidor lo acepte.
<b>Infusiones</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
De fácil preparación. Se necesitan pocos insumos. Por el lado de la pulpa, se obtiene un buen sabor. Para su proceso a pequeña escala se requiere una etapa de secado, posteriormente una etapa de molienda o corte y luego el empaquetamiento del producto, que requieren equipos que se pueden comprar en Colombia. Agudelo (2011) presenta el planteamiento de una empresa de infusiones con cultivos	Hoy en día sobresale el consumo de productos naturales que sean saludables. La industria de té ha crecido respecto a la variedad de productos. Empresas como Jaibel, Hindú y Tisanas reportan buenos crecimientos en sus ingresos en el 2011 (Universidad del Rosario).

propios que obtiene un margen de ganancia del 50% para el primer año.	
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
No se conoce el sabor de la cáscara en infusiones. Se necesita conservar el producto para su duración y no se conoce el comportamiento de la cáscara en el tiempo.	Las mismas empresas que reportan altos ingresos representan gran competencia en el área de té e infusiones, algunas con cultivos propios. Todas las bebidas pueden ser un sustituto de este producto.
<b>Compostaje para abono</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
El proceso de compostaje es bastante común para aplicarlo a residuos orgánicos. El alto porcentaje de agua ayuda a su descomposición.	Es una opción para el procesamiento de residuos que se obtengan del proceso principal.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Requiere la disponibilidad de un terreno amplio, no cercano a zonas pobladas. El terreno requiere unas condiciones de infraestructura, equipos y ambiente para la sobrevivencia de los microorganismos que convierten la fibra en compost. Aporta el mínimo valor de retorno.	No sería opción como la producción principal de negocio. Por lo general los compostajes orgánicos los realizan las mismas empresas para tratar sus residuos e implementarlo en sus propios cultivos.
<b>Separar la fibra</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
La mayor cantidad de fibra se encuentra en la cáscara de la fruta, que representa un 60% de un fruto de mangostán.	Proceso secundario que puede aplicarse a residuos del proceso primario. Se podría usar como ingrediente para aumentar el contenido de fibra en un producto alimentario. Organizaciones promueven el consumo de fibra, lo que podría hacer que en los próximos años aumente la demanda de esta.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
El uso de solventes para su extracción genera aguas que requieren tratamientos costosos. Como proceso secundario en una empresa requiere la adquisición de más equipos y espacio.	
<b>Extracción de polifenoles</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Posee una alta cantidad de polifenoles, que son antioxidantes naturales que ayudan a impedir o retardar las oxidaciones catalíticas y el enranciamiento natural en alimentos.	Puede ofrecerse a diferentes empresas de alimentos, tanto para la conservación de productos o para mejorar en contenido de antioxidantes en un alimento o bebida.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
El uso de solventes para su extracción genera aguas que requieren tratamientos costosos.	las restricciones podrían llegar a ponerse fuertes para el consumo de alimentos con antioxidantes en los próximos años.

**Pulpa**

<b>Vino, licor</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Características organolépticas agradables, algunos lo consideran exótico. Sería un sabor innovador en el mercado de los vinos en Colombia. Los equipos para su producción a pequeña escala se pueden comprar en el país. El color de la cáscara puede ayudar a darle el color morado de los vinos si se desea. Se pueden establecer condiciones para obtener un sabor único que no pueda ser copiado por otra empresa. El requerimiento de tiempos de fermentación disminuye el riesgo por la disponibilidad de materia prima en meses específicos.	Colombia aumentó un 254% el consumo de vinos entre el 2010 y el 2013 según Dinero, la mayoría se suple con importaciones, aun así, el sector ha crecido un 7% en promedio en los últimos 5 años, y en el 2016 creció un 10%. Los vinos constituyen una bebida alcohólica con un nivel bajo de contrabando al contrario de licores con más de 20° de contenido alcohólico. Las cervezas artesanales con nuevos sabores han tenido gran aceptación; según Dinero los consumidores están cambiando preferencias en busca de nuevas alternativas y sabores apoyado por un crecimiento en la cultura culinaria sofisticada impactando en el sector de las bebidas.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Requiere trabajar con microorganismos. Largo tiempo de proceso. Se deben controlar las condiciones del proceso fermentativo para evitar cambios y daños en el producto. Se requiere catadores para la valoración de la bebida. Al no poseer cultivos propios se hace difícil controlar las condiciones de la materia prima al hacer la cosecha.	El sector de vinos posee un margen de ganancia mayor al 15% (para vinos económicos), que se reduce por el precio actual del kilo de mangostán, lo que encarecería el producto. En el sector de cervezas han caído las ventas debido al aumento del IVA. Existen empresas grandes establecidas de bebidas alcohólicas que podrían sacar a la venta un producto con el mismo sabor aventajando en publicidad y precio. Además, las empresas pequeñas son las más propensas al aumento en los precios de las bebidas alcohólicas.
<b>Helado</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Buenas características organolépticas de la pulpa según los consumidores. Es un producto hecho con sabor de fruta natural. De fácil manufactura e implementación. Para su proceso se requieren equipos simples como tanques.	Existen variados sabores de helados, cada vez crean nuevos sabores. Las personas son abiertas a probar nuevos sabores de helados. Según la revista de Dinero el sector de los helados tuvo un crecimiento del 4,2 % entre 2010 y 2015 en Colombia.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Se debe asegurar la duración del producto en el tiempo, para esto se requieren insumos como estabilizantes y conservantes. Se requiere de energía para mantener las temperaturas bajas en algunos de los equipos utilizados y al momento de transportar.	La producción depende también de los costos de la leche. El precio del mangostán influye negativamente, ya que los helados no poseen una gran margen de ganancia, y esto encarecería mucho el producto. Para su sostenimiento se debe pensar en la producción de otros sabores ya que es un sector con productos muy variados.
<b>Jugo</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Buen sabor de la pulpa. Es un producto de fácil manufactura que no requiere equipos complejos.	Se ha estudiado la creación de fórmulas para producir jugos que contengan mangostán tratando de maximizar su tiempo de conservación.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Problemas en el tiempo de conservación. Requiere refrigeración en el proceso como su transporte.	Existen patentes para diferentes jugos con propiedades nutraceuticas que contienen mangostán que otros podrían usar para crear un producto similar.
<b>Mermelada</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
El producto es de fácil manufactura. No requiere equipos complejos. El sabor de la fruta es resaltado en todo el mundo.	El mercado de las mermeladas se amplía a la utilización de variedad de frutas. El consumidor valora cada vez más los alimentos

Las mermeladas se conservan por más tiempo. El proceso requiere equipos simples disponibles en Colombia.	más naturales, con características nutricionales y aspectos de presentación.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
No se conoce el contenido de pectina de la pulpa de mangostán.	Hay empresas importantes con producción industrial con capacidad de producción tradicional que pueden llegar a copiar el producto. Existe alta cantidad de empresas pequeñas que producen mermeladas artesanales.
<b>En conserva</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Buen sabor de la pulpa. Fácil preparación en corto tiempo sin equipos complejos o difíciles de conseguir. No requiere refrigeración.	
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Puede llegar a cambiar significativamente el sabor de la fruta. Se requieren conservantes. Requiere vacío para su empaquetamiento. La simplicidad del procesado hace que sea fácil de copiar.	Empresas grandes pueden llegar a copiar el producto. Existe alta cantidad de empresas pequeñas que producen mermeladas artesanales.

### Semilla

<b>Semilla tostada comestible (snack)</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Fácil preparación. Requiere pocos equipos e insumos. Equipos encontrados nacionalmente.	Ha aumentado el consumo de frutos secos con un promedio de crecimiento anual del 8% en Colombia. Se estima que en solo maní y nueces se venden cerca de 70 millones de peso al año. El negocio de los snacks pasó de 1,2 billones en el 2008 a 1,9 billones de pesos en el 2013.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Fácil copiabilidad	por su sencilla producción cualquier empresa interesada puede apropiarse de la idea.
<b>Semilla confitado comestible (snack)</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Fácil preparación. Requiere pocos equipos e insumos. Equipos encontrados nacionalmente.	Ha aumentado el consumo de frutos secos con un promedio de crecimiento anual del 8% en Colombia. Se estima que en solo maní y nueces se venden cerca de 70 millones de peso al año. El negocio de los snacks pasó de 1,2 billones en el 2008 a 1,9 billones de pesos en el 2013.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Fácil copiabilidad	por su sencilla producción cualquier empresa interesada puede apropiarse de la idea.
<b>Mantequilla</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Posee tanto grasas saturadas como insaturadas, similar a la mantequilla de maní. El contenido de grasas es significativo	Se incursionaría en los sabores de las mantequillas.

con un 36% de la semilla en peso. La semilla posee una alta capacidad antioxidante que influye en la salud de la persona.	
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Es un alimento alto en calorías.	No se sabe cómo será su aceptación por lo que el proceso de su comercialización sería complicado. Podría causar alergia a personas alérgicas a leguminosas, así como la mantequilla de maní.

**Dos o más partes**

<b>Shampoo</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Se pueden hacer mezclas con otros ingredientes buenos para el cabello. Algunos artículos reviews mencionan contenido de vitaminas en el mangostán. Amplia información para la producción de shampoo a diferentes escalas.	Crece el interés de los hombres por el cuidado del cabello, lo que ha incrementado la demanda de productos cosméticos para el cabello.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Requiere otros insumos para su producción, su estabilización y conservación. No se conocen los efectos que pueda llegar a causar en el cabello.	Existen grandes y medianas empresas constituidas fuertemente en el mercado de los shampoos, con amplia variedad de productos, que pueden hacer fuerte competencia en este producto. Desconfianza por parte del consumidor al adquirir el producto.
<b>Extracto de mangostán para cosméticos</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Se puede obtener de todo el fruto y aplicar en variados productos cosméticos como jabones, cremas, tratamientos de cabello. Para el proceso de extracción se requieren equipos como tanques que pueden conseguirse nacionalmente al igual que los insumos.	Hay un mercado grande; las personas actualmente están más interesadas en productos naturales para el cuidado personal. Se estima un crecimiento del 7,7% entre el 2015 y el 2020 en la industria cosmética. Es posible producirlo para ofrecerlo a grandes empresas de productos cosméticos con un catálogo amplio en productos.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
El proceso requeriría de tratamiento de agua más costoso al utilizar solventes para la extracción. Deben utilizarse insumos que no impliquen daños o representen toxicidad en el ser humano.	Con los recursos adecuados, es posible copiar el producto. Incluso las empresas grandes que estarían interesadas podrían llegar a producirlo para sí mismos.
<b>Crema o exfoliante para cuerpo y rostro</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Alto porcentaje de aceite. Contenido de vitaminas. Contenido de $\alpha$ -mangostán que tiene actividad antiacné	El sector de cosméticos ha aumentado el consumo nacional que llevó a proyectar un crecimiento del 4% en el sector en el año 2016.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Se requiere la formulación con otros insumos como vitaminas.	posible desconfianza por el consumidor a adquirir el producto.