

**CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO ARTESANAL DEL CACAO: UNA  
CONTRIBUCIÓN TEÓRICA PARA LA TRANSFERENCIA SOCIAL DE CONOCIMIENTO  
EN LA VEREDA DE ALTO GUAPAYA, META**

**ANA MARÍA SANDOVAL JIMÉNEZ**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BIOQUÍMICA  
CARRERA DE NUTRICIÓN Y BIOQUÍMICA  
Bogotá D.C 07 DE DICIEMBRE DE 2020

**CAMBIOS FISICOQUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO ARTESANAL DEL CACAO: UNA  
CONTRIBUCIÓN TEÓRICA PARA LA TRANSFERENCIA SOCIAL DE CONOCIMIENTO  
EN LA VEREDA DE ALTO GUAPAYA, META**

ANA MARÍA SANDOVAL JIMÉNEZ

**TRABAJO DE GRADO**

Presentado como requisito parcial para optar al título de

**NUTRICIONISTA DIETISTA**

YURI MILENA CASTILLO QUIROGA  
**DIRECTORA**

MAURICIO ESPINAL RUIZ  
**CODIRECTOR**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BIOQUÍMICA  
CARRERA DE NUTRICIÓN Y BIOQUÍMICA  
Bogotá D.C 07 DE DICIEMBRE DE 2020

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

**CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO ARTESANAL DEL CACAO: UNA  
CONTRIBUCIÓN TEÓRICA PARA LA TRANSFERENCIA SOCIAL DE CONOCIMIENTO  
EN LA VEREDA DE ALTO GUAPAYA, META**

**ANA MARÍA SANDOVAL JIMÉNEZ**

APROBADO



---

**Yuri Milena Castillo Quiroga**  
Nutricionista Dietista, MSc.  
Directora

Mauricio Espinal Ruiz

---

**Mauricio Espinal Ruiz**  
Químico, MSc, PhD.  
Codirector



---

**Andrés Giraldo Toro**  
Ingeniero Agroindustrial, PhD.  
Jurado

**CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO ARTESANAL DEL CACAO: UNA  
CONTRIBUCIÓN TEÓRICA PARA LA TRANSFERENCIA SOCIAL DE CONOCIMIENTO  
EN LA VEREDA DE ALTO GUAPAYA, META**

**ANA MARÍA SANDOVAL JIMÉNEZ**

APROBADO

---

**Concepción Judith Puerta Bula**  
**Bacterióloga, PhD.**  
**Decana académica de facultad**

---

**Luisa Fernanda Tobar Vargas**  
**Nutricionista Dietista, MSc.**  
**Directora de carrera**

## **DEDICATORIA**

A mis papás, por trasmitirme el amor por aprender y sobre todo,  
a no dejarme derrumbar ante las adversidades.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por siempre mostrarme que mis planes no son sus planes y que así está perfecto; por poner acontecimientos en mi vida que hoy me tienen estudiando nutrición.

A los profesores Yuri Castillo y Mauricio Espinal, por darme la oportunidad trabajar en este proyecto y confiar en mis capacidades y sobre todo, porque sin su exigencia no habría sido posible el desarrollo de este trabajo de grado.

A los integrantes del PPU “Alimento, Vida y Hábitat”, especialmente a los profesores Paula Caicedo y Ricardo Rugéles y, a María Camila Díaz, quienes me brindaron su colaboración para el desarrollo del material informativo.

A Daniel Ortiz, por ser la persona que me motivó desde un principio para iniciar este trabajo de grado.

A mi novio, Sebastián, por darme razones a diario para sonreír, por su apoyo incondicional, acompañamiento y motivación durante toda mi carrera.

A mis amigos, Mariana Garzón, Laura Gámez, Valentina Cáceres, Julián Gonzales y Valentina Barón, por enseñarme lo que realmente es una amistad, por creer en mí y darme ánimo cuando más lo he necesitado.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 <i>Cacao (Theobroma cacao L).....</i>	<i>15</i>
2.2 <i>Situación de la producción del cacao en Colombia.....</i>	<i>15</i>
2.3 <i>Procesamiento del grano de cacao.....</i>	<i>16</i>
2.3.1 <i>Operación de fermentación.....</i>	<i>16</i>
2.3.2 <i>Operación de secado.....</i>	<i>16</i>
2.3.3 <i>Operación de tostado.....</i>	<i>16</i>
2.4 <i>Composición química del grano de cacao.....</i>	<i>17</i>
2.5 <i>Importancia de la etapa del tostado en el grano de cacao.....</i>	<i>17</i>
2.6 <i>Conceptualización.....</i>	<i>18</i>
2.6.1 <i>Transferencia de calor.....</i>	<i>18</i>
2.6.2 <i>Reacción de Maillard.....</i>	<i>19</i>
2.6.3 <i>Parámetros fisicoquímicos.....</i>	<i>19</i>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>21</i>
4.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>21</i>
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
5.1 <i>Tipo de estudio.....</i>	<i>22</i>
5.2 <i>Etapas del estudio.....</i>	<i>22</i>
5.2.1 <i>Etapa 1: Descripción de los principales cambios fisicoquímicas del grano de cacao durante el tostado.....</i>	<i>22</i>
5.2.2 <i>Etapa 2: Estrategia de transferencia social del conocimiento.....</i>	<i>24</i>
5.2.2.1 <i>Caracterización de la población.....</i>	<i>24</i>
5.2.2.2 <i>Intención de sentido.....</i>	<i>24</i>
5.2.2.3 <i>Tipo de material informativo.....</i>	<i>24</i>
5.2.2.4 <i>Diseño del material informativo guiado.....</i>	<i>24</i>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
6.1 <i>Descripción de las principales transformaciones fisicoquímicas del grano de cacao durante el tostado.....</i>	<i>25</i>
6.1.1 <i>Efecto del tostado por método convencional sobre las propiedades fisicoquímicas de granos de cacao.....</i>	<i>26</i>
6.1.1.1 <i>Cambios en el contenido de agua, grasa, acidez total y acidez volátil.....</i>	<i>25</i>
6.1.1.2 <i>Cambios del contenido de aminas biogénicas.....</i>	<i>27</i>
6.1.1.3 <i>Cambios de los flavonoles, proantocianidinas.....</i>	<i>28</i>
6.1.1.4 <i>Cambios en la composición química.....</i>	<i>30</i>
6.1.1.5 <i>Factores que afectan el color.....</i>	<i>31</i>

6.1.2 Efecto del tostado por vapor sobrecalentado sobre las propiedades fisicoquímicas de granos de cacao.....	32
6.1.2.1 Cambios en las propiedades antioxidantes fenólicas.....	32
6.1.2.2 Cambios en la humedad, color y textura por método de tostado con vapor sobrecalentado.....	33
6.1.2.3 Cambios en los componentes activos de azúcar, aminoácidos y sabor .....	33
6.2 <i>Estrategia de transferencia social del conocimiento</i> .....	37
6.2.1 Caracterización de la población.....	37
6.2.2 Intención de sentido para la transferencia social de conocimiento .....	37
6.2.3 Tipo de material informativo.....	38
6.2.4 Diseño del material informativo guiado .....	38
6.2.4.1 Contenido de la caja del juego .....	38
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Criterios de Inclusión y exclusión para las fuentes secundarias a consultar .....	23
<b>Tabla 2</b> Cadenas de búsqueda utilizadas para la elaboración de la matriz de la sistematización de la información .....	23
<b>Tabla 3</b> Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de agua, contenido graso, acidez total y volátil, antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones.....	26
<b>Tabla 4</b> Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de aminos biogénicos antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones.....	27
<b>Tabla 5</b> Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de flavonoles y proantocianidinas antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones .....	29
<b>Tabla 6</b> Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de los flavonoles y antocianinas después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones y dependiendo de la variedad. ....	29
<b>Tabla 7</b> Cambios en el contenido de los carbohidratos, lípidos, proteínas y moléculas de alto peso antes y después de ser sometidos los granos de cacao, al proceso de tostado bajo diferentes condiciones y dependiendo de la variedad .....	31
<b>Tabla 8</b> Compendio de resultados correlacionando parámetros fisicoquímicos analizados, variedad de cacao y condiciones del tostado por método convencional. ....	34
<b>Tabla 9</b> Compendio de resultados correlacionando parámetros fisicoquímicos analizados, variedad de cacao y condiciones de tostado por método de vapor sobrecalentado .....	35
<b>Tabla 10</b> Características demográficas de la población de las Veredas Alto y Media Guapaya.....	37
<b>Tabla 11</b> Ficha de validación del juego ¡Avancemos con el cacao! .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Frutos maduros de las variedades forastero, criollo y trinitario .....	15
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Depuración de fuentes secundarias por criterios de inclusión y exclusión.....	52
<b>Anexo 2</b>	Matriz de la sistematización de la información.....	54
<b>Anexo 3</b>	Mapa de empatía.....	57
<b>Anexo 4</b>	Estructura de la pirámide del estado de ánimo.....	60
<b>Anexo 5</b>	Cambios en el contenido total de flavonoles de los granos de cacao durante el tostado por el método de vapor sobrecalentado a diferentes temperaturas (150, 200 y 250 °C) por 10 a 50 minutos.....	61
<b>Anexo 6</b>	Cambios en el contenido de humedad de los granos de cacao durante el tostado por el método de vapor sobrecalentado a diferentes temperaturas.....	62
<b>Anexo 7</b>	Mapa del municipio de Vistahermosa.....	63
<b>Anexo 8</b>	Ocupación de las personas de Alto y Medio Guapaya.....	64
<b>Anexo 9</b>	Estructura del material informativo de tipo pedagógico.....	65
<b>Anexo 10</b>	Prototipo de material informativo de tipo pedagógico.....	66
<b>Anexo 11</b>	Instrucciones y reglas del juego: ¡Avancemos con el cacao!.....	67

## RESUMEN

La asistencia técnica integral dirigida a la comunidad de Alto Guapaya es necesaria para la producción sostenible del cacao pues impulsa el potencial agroindustrial de sus plantaciones. El objetivo de este estudio fue contribuir teóricamente a la transferencia social del conocimiento de los cambios fisicoquímicos durante el proceso de tostado artesanal del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la vereda de Alto Guapaya, Meta. Se llevó a cabo una revisión de la literatura científica con la que se describieron las principales transformaciones fisicoquímicas del grano de cacao durante la etapa del tostado y a partir de lo hallado, se elaboró una propuesta de material informativo como medio de transferencia social del conocimiento a la comunidad en cuestión. A partir de la revisión de 15 artículos científicos se reportó que para obtener las características deseadas del grano de cacao tostado (en cuanto a color, textura, humedad, concentración de aminas biogénicas y compuestos fenólicos), la temperatura de tostado por método convencional debe oscilar entre 110 y 145 °C. Para transmitir estos conocimientos científicos a la comunidad se hizo uso de un material informativo pedagógico basado en un juego popular en la zona, pues posibilita la apropiación del conocimiento debido a que se traslada la información técnica reportada en la literatura a un lenguaje sencillo adaptándose a las condiciones sociodemográficas de la comunidad. Se concluye que la utilización de este tipo de material permite la transferencia de conocimiento en cuanto a los cambios fisicoquímicos en el grano de cacao inducidos por la etapa de tostado a la comunidad actual de la vereda y que además, será una herramienta que podrá implementarse a futuras generaciones fomentando el diálogo y la construcción colectiva del conocimiento en torno a la generación de valor agregado al grano de cacao.

## ABSTRACT

Comprehensive technical assistance directed to the Alto Guapaya community is necessary for the sustainable production of cocoa as it boosts the agro-industrial potential of their plantations. The aim of this study was to contribute theoretically to the social transfer of knowledge of the physicochemical changes during the process of artisanal roasting of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the village of Alto Guapaya, Meta. A review of the scientific literature was carried out with which the main physicochemical transformations of the cocoa bean during the roasting stage were described and based on what was found, a proposal of informative material was developed as a means of social transfer of knowledge to the community in question. From the review of 15 scientific articles, it was reported that to obtain the desired characteristics of the roasted cocoa bean (in terms of color, texture, humidity, concentration of biogenic amines and phenolic compounds), the roasting temperature by conventional method must oscillate between 110 and 145 °C. To transmit this scientific knowledge to the community, a pedagogical information material was used based on a popular game in the area, since it enables the appropriation of knowledge due to the fact that the technical information reported in the literature is transferred to a simple language adapting to the sociodemographic conditions of the community. It is concluded that the use of this type of material allows the transfer of knowledge regarding the physicochemical changes in the cocoa bean induced by the roasting stage to the current community of the village and that it will also be a tool that can be implemented at future generations promoting dialogue and the collective construction of knowledge around the generation of added value to the cocoa bean.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La producción sostenible de cacao se ha incluido como una de las estrategias para la sustitución de cultivos de uso ilícito. Implica llegar a acuerdos con las comunidades involucradas y dotarlas de los elementos técnicos y de conocimiento necesarios para que se realice de manera efectiva y con cumplimiento de condiciones de calidad que garanticen la transición de su subsistencia con base en la ilegalidad, por la incorporación al aparato productivo formal.

Esta investigación llenará, en alguna proporción, el vacío actual del que adolecen las comunidades campesinas cacaoteras de la vereda de Alto Guapaya en el municipio de Vista Hermosa (Meta), por falta de asistencia técnica en relación con el procesamiento del grano de cacao, la cual debería haberse impartido en el marco de las acciones del Programa Nacional Integral de Sustitución de Cultivos de Uso Ilícito (PNIS) y de los acuerdos relacionados suscritos entre las comunidades y el Estado.

Pretender realizar transformaciones sociales que afecten de manera positiva el desarrollo de los individuos y sus comunidades, requiere empoderarlas a través del enriquecimiento del saber popular, a partir de elementos que potencien su capacidad de mejorar los aspectos relacionados con sus ingresos económicos, el acceso a tecnologías efectivas y de fácil implementación sobre la actividad fuente de tales ingresos, la disponibilidad de información o formación sobre estos mismos aspectos, además de la disponibilidad efectiva de condiciones adecuadas a la educación, la salud, la participación social y los demás determinantes sociales del desarrollo, así como la articulación integral de todos los actores involucrados con los procesos de transformación social de estas comunidades. Es claro que el procesamiento artesanal del cacao, como estrategia para el desarrollo de las comunidades rurales afectadas por la dependencia económica de la explotación de los cultivos ilícitos, no puede ser ajeno a estas medidas.

La caracterización de la población objetivo y beneficiaria de esta investigación, se basó en la revisión de la bibliografía disponible en todos los aspectos que abarca, principalmente en los documentos disponibles del Proyecto de Planeación Universitaria (PPU) - Alimento, Vida y Hábitat desarrollado por la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). La producción intelectual, plasmada en la literatura científica validada en relación con los aspectos técnicos del procesamiento del grano de cacao durante la etapa de tostado es inmensa y de por sí, constituyó un reto poder seleccionar la más adecuada al objetivo. Además, la amplia gama de criterios utilizados por los diferentes autores (variedad del cacao, parámetros fisicoquímicos, condiciones del proceso, unidades de medición utilizadas, entre otras), así como la forma de presentación de los resultados por ellos observados, implicó aplicar no solo toda la creatividad posible para consolidarlos en la construcción de este trabajo, sino para obtener conclusiones útiles para el logro de los objetivos propuestos.

Se presentan entonces de manera secuencial, las variaciones de los principales parámetros fisicoquímicos y compuestos contenidos en el grano de cacao durante la etapa de tostado y, las implicaciones que ellas tienen en la calidad esperada de los mismos, tanto para la metodología de tostado convencional como de vapor sobrecalentado, identificando y sugiriendo para el primero (por ser el de uso actualmente en la comunidad objetivo) las condiciones de proceso (temperatura, humedad relativa, tiempo y velocidad de aire) más favorables para la obtención de un producto de calidad. Finalmente, se presenta una herramienta pedagógica para la transferencia social del conocimiento basada en los aspectos demográficos de la población, la cual permite que cada persona adecue su ritmo de aprendizaje según sus habilidades e intereses para su apropiación por parte de la comunidad y por ende, para la transformación de la etapa del tostado en la más productiva posible.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cacao (*Theobroma cacao* L)

*Theobroma cacao* es un árbol originario de las regiones tropicales húmedas de América del Sur y de América Central. Aunque el primer centro de domesticación y cultura en torno al cacao ha sido identificado en Centroamérica, se ha definido que el origen más probable del cacao es la región de las cuencas del Orinoco y Amazonas, en los valles de sus afluentes (Motamayor et al., 2002).

La especie *Theobroma cacao* se clasificó primero en dos subespecies morfogeográficas, *spp. cacao* y *spp. sphaerocarpum* (Cuatrecasas, 1964; Whitkus et al., 1998), correspondientes respectivamente a los dos grupos genéticos principales: criollo y forastero. El grupo genético conocido como cacao trinitario se generó por hibridación entre los individuos forastero y criollo en la isla de Trinidad (Motamayor et al., 2002) (Figura 1).



**Figura 1** Frutos maduros de las variedades forastero, criollo y trinitario

**Fuente:** Adaptado de (Alegría Vargas, 2015).

### 2.2 Situación de la producción del cacao en Colombia

Actualmente, promover el cultivo del cacao se ha convertido en una prioridad del gobierno colombiano, ya que es uno de los cultivos impulsados en el desarrollo de programas destinados a favorecer la paz en las regiones posconflicto y reemplazar cultivos anteriormente utilizados con fines ilícitos como marihuana, amapola y coca (Rodríguez-Medina et al., 2019), como se plantea en el punto 1 (Reforma Rural Integral) del Acuerdo de Paz firmado en 2016.

Durante los últimos diez años, Colombia ha mostrado un importante crecimiento en materia de producción de cacao, pasando de 36.118 toneladas en 2009 a 59.740 en 2019; además, de un aumento significativo en sus exportaciones y una notoria disminución en las importaciones del grano para consumo interno (Fedecacao, 2020). Cabe resaltar que, en el año 2016, The International Cocoa Organization (ICCO), reconoció el cacao colombiano como “cacao fino y de aroma”, con un porcentaje de participación de las exportaciones del 95% (ICCO, 2016).

Es así como las 175.000 hectáreas plantadas, de las cuales 140.000 se encuentran en producción en 422 municipios de 30 departamentos del país, han establecido el ranking de producción nacional de cacao dejando en los cinco primeros lugares a los departamentos de Santander, Antioquia, Arauca, Huila y Tolima, quienes suman el 72% de la producción nacional (Fedecacao, 2020).

La calidad de los productos derivados del cacao depende fuertemente del procesamiento del cacao (Giacometti et al., 2015), el cual está comprendido en las etapas de fermentación, secado, tostado, descascarillado y molienda gruesa.

## **2.3 Procesamiento del grano de cacao**

El procesamiento postcosecha de los granos de cacao consta de tres etapas principales: fermentación, secado y tostado (Hii et al., 2009). Son denominadas principales pues, el manejo incorrecto de las variables específicas de cada etapa afecta la composición y características deseadas en el producto final. A continuación, se describirán las principales características de las tres etapas.

### **2.3.1 Operación de fermentación**

Inicialmente, los granos del cacao se extraen de la mazorca y se someten a fermentación, que generalmente se realiza por medio de cajones de madera individual o tipo escalera durante 5-6 días (Zahouli et al., 2010). Las cantidades y composición de leucina (Leu), alanina, (Ala), fenilalanina (Phe), valina (Val), isoleucina (Ile) y tirosina (Tyr) aumentan durante el proceso de fermentación, así como la concentración de azúcares reductores (glucosa y fructosa), polifenoles (como la epicatequina) y los valores de pH (Giacometti et al., 2015). La presencia de levaduras, bacterias ácido lácticas y ácido acéticas durante el proceso de fermentación, afectan positivamente la concentración de polifenoles y el desarrollo de precursores del sabor como los aminoácidos libres y azúcares, siempre y cuando el periodo de fermentación no exceda de seis (6) días, de lo contrario, esto conlleva al deterioro del producto, pues ocurre una degradación de los compuestos polifenólicos conduciendo a una alta producción de nitrógeno en forma de amoníaco, permitiendo el desarrollo de sabores desagradables (Giacometti et al., 2015). Al finalizar esta primera etapa, los granos de cacao fermentados presentan un contenido de humedad entre el 55 y el 60% *p/p* (Zahouli et al., 2010).

### **2.3.2 Operación de secado**

Posteriormente, es llevado a cabo el proceso de secado de los granos de cacao fermentados por medio de secadores de aire caliente convencionales o secado solar natural, en donde se reduce el contenido de humedad de los granos a menos del 7,5% *p/p* (Zahouli et al., 2010). Esta etapa es considerada crucial pues si el secado ocurre demasiado rápido, afecta la producción excesiva de ácidos orgánicos como el ácido acético, que es perjudicial para el sabor, mientras que un secado demasiado lento da como resultado un pH más bajo, conduciendo a la ausencia del color óptimo esperado para los granos de cacao, así como un mayor crecimiento de mohos (Zahouli et al., 2010).

### **2.3.3 Operación de tostado**

A nivel industrial, la etapa del tostado es generalmente llevada a cabo en una fábrica de procesamiento de productos derivados como el chocolate, debido a que los granos de cacao son sometidos a altas temperaturas, que oscilan entre 110 y 250 ° C, durante intervalos de tiempo que pueden variar desde 30 minutos hasta incluso 2 horas (Zzaman & Yang, 2013). Artesanalmente, el proceso de tostado depende de la experiencia del operador, que se basa en la tradición transmitida generacionalmente y que se apoya en la detección empírica en cambios del olor, color y en los sonidos emitidos por el grano de cacao, entre otros aspectos (Domínguez-Pérez et al., 2019).

Conocer y aplicar las variables que son específicas en el tostado (temperatura, tiempo y velocidad de aire), es importante para promover la reacción de Maillard (Barišić et al., 2019), reacción que hace que la etapa de tostado sea una de las más cruciales durante el procesamiento del cacao, pues se reduce el contenido de componentes indeseables como las aminas biogénicas, polifenoles, entre otros y se producen las propiedades organolépticas características del chocolate, como el aroma y el sabor.

## 2.4 Composición química del grano de cacao

Los granos de cacao son la materia prima para la obtención de varios subproductos (manteca y licor de cacao) y para fabricar nuevos productos alimenticios como el chocolate y los nibs de cacao entre otros. La composición química del grano de cacao antes de tostar (fermentado y seco) ha sido evaluada en sus diferentes variedades, encontrándose que la grasa es el componente mayoritario, con contenidos que oscilan entre 49% y 56% *p/p* (Perea Villamil et al., 2011), seguida de los carbohidratos (32% *p/p*) y las proteínas (12% – 13% *p/p*) (Torres-Moreno et al., 2015). Aproximadamente el 98% de la masa lipídica del cacao está representada por triacilglicérols, especies moleculares hidrofóbicas formadas por la esterificación de tres ácidos grasos con una cadena principal de glicerol (Sirbu, Corno, et al., 2018). Los ácidos grasos constituyentes de estas moléculas están distribuidos en ácido palmítico (24.1–27.1% *p/p*), ácido esteárico (32.9–37.6% *p/p*), ácido oleico (32.7–37.6% *p/p*) y bajas cantidades de ácido linoléico (2.3–3.7% *p/p*) (Sirbu, Grimbs, et al., 2018). Acosta, 2001 y Liendo y colaboradores, 2006, establecieron que la composición en ácidos grasos no presenta variaciones significativas entre cacao tipo criollo, forastero y trinitario, aun cuando la grasa del cacao trinitario presentó el más alto contenido de ácido palmítico (28% *p/p*) y el más bajo de ácido esteárico (33% *p/p*) (Acosta, 2001; Liendo et al., 2006).

La semilla de cacao en la etapa mencionada (previa al tostado) contiene varios de los minerales primordiales en la dieta humana (potasio, magnesio y fósforo) (Chevaux et al., 2001). Adicionalmente, los granos de cacao proporcionan cantidades apreciables de polifenoles, especialmente de flavonoides [catequinas (37 %*p/p*), antocianinas (4 %*p/p*) y proantocianidinas (58 %*p/p*) (Hii et al., 2009)], que son sustancias con un alto potencial antioxidante (Dreosti, 2000; Miller et al., 2006; Wollgast & Anklam, 2000) los flavonoides que modulan tanto la respuesta inflamatoria como la homeostasis vascular (da Oliveira et al., 2011). Los granos de cacao criollo contienen procianidinas, precursores de sabor (tiazoles, oxisoles, terpenos, furanos, aldehídos, ácidos entre otros), azúcares reductores (fructuosa y glucosa) y aminoácidos (leucina, fenilalanina, valina, alanina e isoleucina) que pueden derivar en la producción de pirazinas (un grupo de compuestos aromáticos heterocíclicos). Se encuentran variaciones en el contenido de procianidinas y pirazinas en las variedades de cacao forastero y trinitario (Giacometti et al., 2015).

Xiao-Wei Qin, 2017, caracterizó los compuestos volátiles en semillas de cacao criollo, forastero y trinitario en China. Se perfilaron 53 compuestos usando HS-SPME-GC-MS [microextracción en fase sólida del espacio de cabeza (HS-SPME) con detección por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)] y se encontró que los compuestos volátiles difirieron significativamente entre los grupos criollo, forastero y trinitario. Las diferencias en los compuestos volátiles de los tres grupos morfogénéticos fueron esencialmente cuantitativas, por ejemplo, el contenido de compuestos ácidos (acético, 3-metilbutanóico,  $\alpha$ -etilbutírico y hexanoico) fue significativamente mayor en el cacao trinitario y criollo ( $414.70 \pm 29.45 \mu\text{g kg}^{-1}$  y  $389.17 \pm 29.19 \mu\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente), que en el cacao forastero ( $224.20 \pm 27.40 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). De la misma manera ocurre con el contenido de ácido acético (trinitario  $402.23 \pm 24.55 \mu\text{g kg}^{-1}$ , criollo  $365.80 \pm 33.54 \mu\text{g kg}^{-1}$  y forastero  $180.72 \pm 29.38 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) y de alcoholes siendo el más relevante el 2-pentanol [(trinitario  $57.92 \pm 17.67 \mu\text{g kg}^{-1}$ , criollo  $49.61 \pm 13.92 \mu\text{g kg}^{-1}$  y forastero  $12.06 \pm 2.47 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) (Qin et al., 2017)].

## 2.5 Importancia de la etapa del tostado en el grano de cacao

Dado que el tostado del grano de cacao se realiza a altas temperaturas (110 – 250 °C), los precursores (aminoácidos hidrofóbicos: leucina, alanina, fenilalanina y tirosina (González Muñoz et al., 2012)) que se obtienen por degradación de proteínas durante la fermentación se exponen a varias reacciones químicas, siendo la más importante de estas la reacción de Maillard, que ocurre entre el grupo carbonilo de los azúcares reductores y el grupo amino nucleofílico de aminoácidos (Granvogl et al., 2006). A

través de estas reacciones, el cacao obtiene el aroma y sabor específicos del chocolate (Adeyeye et al., 2010). El sabor desarrollado durante la etapa de tostado se debe a la aparición de cerca de 400 a 500 compuestos, incluyendo tiazoles, fenoles, cetonas, alcoholes, éteres, furanos, ésteres, pirazinas y aldehídos, siendo estos dos últimos los principales compuestos formados durante el tostado del cacao (Zzaman & Yang, 2013). La caramelización ocurre durante el calentamiento de los carbohidratos (especialmente la sacarosa), cuando las altas temperaturas provocan la deshidratación de los azúcares (Barišić et al., 2019). Durante la caramelización, la degradación molecular de los azúcares conduce al desarrollo de compuestos odoríferos característicos del grano, tales como aldehídos y pirazinas. Además, durante el tostado, ocurre la deshidratación de azúcares lo que produce furfural y sus derivados (acrilamida, hidroximetilfurfural y furano) (Gutiérrez, 2017).

Como se mencionó anteriormente, el tostado se realiza a altas temperaturas y, por lo tanto, también afecta significativamente el contenido y la composición de moléculas termolábiles de la semilla del cacao como los polifenoles (Barišić et al., 2019). Estos compuestos son esenciales para el desarrollo del flavor (percepción sensorial de todos los sentidos, el efecto de la vista, el tacto, el oído y olfato, además del gusto, en los alimentos) y del color característico del grano de cacao tostado (Afoakwa et al., 2008). Por lo tanto, el uso de granos de cacao sin tostar o sin un proceso de tostado adecuado para fabricar productos derivados, conducirá a un sabor amargo y astringente desagradable debido a que el contenido polifenólico total en los granos de cacao fermentados secos es de aproximadamente de 6 a 8% *p/p* (Crozier et al., 2011; Lemarcq et al., 2020).

Según Zzaman & Yang, 2013, los cambios en el contenido de humedad y el color del grano de cacao se usan actualmente como estándares de calidad para predecir el “pool” de sustancias generadas durante el tostado y tener, indirectamente, una idea del cambio en el sabor del grano de cacao, una vez finalizada esta etapa. El color también es utilizado para controlar el tostado del grano de cacao debido a que el pigmento marrón se desarrolla a medida que avanza esta etapa (Saklar et al., 2003). Otro parámetro importante de control de calidad para el tostado del cacao es la textura, ya que la temperatura de tostado y el contenido de humedad son factores importantes que afectan este parámetro en cuanto a la dureza y fragilidad del grano (Lin et al., 2000). Durante el tostado del cacao, la textura de la semilla se vuelve más dura (crujiente) y frágil (quebradiza) debido a la pérdida de contenido de humedad (Boge et al., 2009; Vincent, 2004).

## **2.6 Conceptualización de términos**

A continuación, se describen los conceptos principales involucrados con el desarrollo de la investigación, con el fin de unificar criterios en la interpretación de estos.

### **2.6.1 Transferencia de calor**

El calor es definido como la forma de energía que, a una temperatura dada, se transfiere a través de los límites de un sistema a otro que está a una menor temperatura y que sucede en virtud de la diferencia de temperatura entre los dos (Van Wylen et al., 2000).

La transferencia de calor ocurre en los tratamientos térmicos a los que se someten los alimentos, con los objetivos de aumentar su estabilidad, cocinarlos o calentarlos para su consumo (Pérez -Reyes & Sosa -Morales, 2013). Existen tres mecanismos diferentes de transferencia de calor: conducción, convección y radiación (Kern, 1999).

La conducción ocurre entre dos cuerpos en contacto, es el intercambio directo de la energía cinética de las partículas a través del límite entre dos sistemas cuando un objeto está a una temperatura diferente de otro cuerpo o su entorno. La convección, depende del movimiento de la masa de una región del espacio a otra. La convección de calor ocurre cuando el flujo de un fluido (gas o líquido) transporta calor junto con el flujo de materia en el fluido (Connor, 2016). La radiación es el mecanismo que implica la transferencia de energía radiante (electromagnética) de una fuente a un receptor (Pérez -Reyes & Sosa - Morales, 2013).

### **2.6.2 Reacción de Maillard**

La reacción de Maillard, conocida también como pardeamiento no enzimático, es un proceso químico extremadamente complejo y es la reacción entre grupos carbonilo (principalmente azúcares reductores) y los grupos amino nucleofílicos de aminoácidos (péptidos o proteínas) por el efecto de altas temperaturas. Esta reacción comienza con un azúcar reductor que reacciona con una amina primaria, creando una glicosilamina (Feiner, 2016; Oracz & Nebesny, 2019).

Las etapas posteriores implican la deshidratación y fragmentación del azúcar, la degradación de aminoácidos y muchas otras etapas de fragmentación (Lund & Ray, 2017; Van Durme et al., 2016). Estas reacciones son muy complejas y conducen a la formación simultánea o consecutiva de compuestos altamente reactivos de bajo peso molecular, low molecular weight (LMW), como los compuestos  $\alpha$ -dicarbonilo y  $\alpha$ -hidroxicarbonilo, furfurales y, reductonas, entre otros (Lund & Ray, 2017; Oliviero et al., 2009; Van Durme et al., 2016). En la etapa final de la reacción de Maillard, las reacciones de condensación y polimerización de los intermedios altamente reactivos dan como resultado la formación de polímeros de alto peso molecular, high molecular weight (HMW) fluorescentes y marrones que contienen nitrógeno, conocidos como melanoidinas (Lund & Ray, 2017; Van Durme et al., 2016).

### **2.6.3 Parámetros fisicoquímicos**

La medición de la humedad, el color y la textura son indicadores valiosos de la calidad de los granos de cacao tostados. Los cambios en el contenido de humedad y en el color de las semillas se utilizan actualmente como estándares de calidad para determinar el sabor del cacao después del tostado (Zzaman & Yang, 2014).

## **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El cacao (*Theobroma cacao* L) se considera en la actualidad como un cultivo clave en los programas de asistencia social en las zonas rurales de Colombia que antes estaban en situación de conflicto armado, como lo es el Programa Nacional Integral de Sustitución de Cultivos de Uso Ilícito (PNIS), que tiene como objetivo, aliviar la pobreza rural, promover la paz en las regiones y reemplazar los cultivos utilizados con fines ilícitos (Rodríguez-Medina et al., 2019). Además de ser una promisorio materia prima para el desarrollo agroindustrial de las comunidades campesinas en el marco del posconflicto en Colombia, es un alimento de alto interés desde la perspectiva de la nutrición humana, ya que se le considera fuente de ácidos grasos [ácido palmítico, esteárico, oleico (Sirbu, Grimbs, et al., 2018)] benéficos para la salud cardiovascular como también flavonoles monoméricos (catequina y epicatequina) y proantocianidina que muestran efectos antioxidantes sobre la salud del consumidor (Ioannone et al., 2015).

Así, teniendo en cuenta que la erradicación de dichos cultivos es apenas el primer paso en el tránsito hacia la economía legal en las zonas que cubre el PNIS, instituciones como la Fundación Ideas para la Paz, considera que uno de los componentes centrales del PNIS debe ser la asistencia técnica a las comunidades (asesoría tecnológica, administrativa, financiera y psicosocial), elementos que resultan necesarios para avanzar en el desarrollo de proyectos productivos cacaoteros exitosos.

Autores como Garzón & Gélvez, 2018, han insistido en que sin la asistencia técnica integral, no es posible avanzar en la sustitución efectiva de los cultivos de uso ilícito, ya que la falta de acompañamiento limita las posibilidades del desarrollo del campesinado, debido a que el desconocimiento en el manejo del cultivo y del procesamiento postcosecha del grano de cacao, puede ocasionar pérdidas económicas que eventualmente, pueden llevar a retornar a la siembra de cultivos de uso ilícito (marihuana, amapola y hoja de coca), generando así un círculo vicioso de pobreza y violencia.

En este sentido, de conformidad con las políticas públicas nacionales, se destaca que en el año 2017 fue firmado el acuerdo colectivo para la sustitución voluntaria y concertada de cultivos de uso ilícito del PNIS, por parte de actores sociales como representantes del gobierno y de las instituciones a nivel nacional, departamental y municipal, así como campesinos productores pertenecientes a asociaciones, como ASOAGROGUAPAYA en la vereda Alto Guapaya (compuesta por 79 familias) vinculados a la problemática de la economía ilegal en el municipio de Vistahermosa, departamento del Meta. Con la firma de dicho acuerdo, se esperaba como resultado el empoderamiento de los campesinos productores de cacao como agentes de reconciliación y el fortalecimiento de su capacidad para la generación de ingresos a través del establecimiento de un proyecto sostenible y de comercialización de cacao, propiciando alternativas económicas legales (ACDI/VOCA, 2018). Sin embargo, dichos resultados no han sido alcanzados por la falta de asistencia técnica por parte del PNIS, razón por la cual no se ha podido avanzar de una manera eficiente.

Los habitantes de estos territorios fueron víctimas del conflicto armado desde inicios de la década de los setenta con presencia de grupos armados, paramilitares y fuerza pública, estableciendo dinámicas violentas lo cual ocasionó desplazamiento forzado, persecuciones y asesinatos en la población civil (Javeriana, 2019c). Sumado a los problemas coyunturales del conflicto, se inició en las veredas la siembra de cultivos de uso ilícito, por ejemplo, marihuana para la década de los setenta y coca para los ochenta, el cual se posicionó como un cultivo permanente, siendo comercializada como pasta de coca procesada, convirtiéndose en la principal fuente de ingresos de las familias campesinas de esta región (Javeriana, 2019c).

El déficit de asistencia técnica mencionado anteriormente se ve reflejado, por ejemplo, en el vacío de conocimiento de las familias cacaoteras de la comunidad perteneciente a la vereda Alto Guapaya, Meta, en el procesamiento del grano de cacao (cultivo y transformación del cacao en nuevos productos alimenticios con valor agregado) (Javeriana, 2019a). Estas familias cacaoteras, aun siendo parte del PNIS y buscando generar nuevas alternativas para abandonar el negocio de los cultivos de uso ilícito, no han recibido el acompañamiento técnico suficiente por parte del estado colombiano para desarrollar adecuadamente el potencial agroindustrial de sus plantaciones de cacao. De esta forma, la comunidad ha optado principalmente por la venta del cacao como materia prima (grano seco y fermentado con los recursos disponibles) (Javeriana, 2019b), siendo realmente escasas las iniciativas de procesamiento, que además, en la actualidad se desarrollan empíricamente, dando como resultado productos transformados sin un flujo de producción continuo que asegure competitividad en términos del mercado y con oportunidades de mejora en aspectos obligatorios de calidad fisicoquímica, sensorial, microbiológica e higiénico-sanitaria, de acuerdo con la Resolución 1511 de 2011 (Ministerio de la Protección Social, 2011).

Es importante resaltar que gran parte del éxito del proceso de sustitución de cultivos de uso ilícito por cacao, está influida directamente por el aseguramiento de la calidad del grano a lo largo de su transformación, desde la cosecha, específicamente en etapas cruciales como la fermentación, el secado y el tostado, además de las etapas de descascarillado y la molienda gruesa.

El tostado es una etapa del procesamiento que induce importantes cambios físicos, químicos, estructurales y sensoriales tales como el desarrollo del sabor, color y textura, característicos de los granos que se utilizarán posteriormente para la obtención del licor de cacao (Zzaman & Yang, 2014). El tostado de los granos de cacao fermentados y secos se lleva a cabo principalmente con dos propósitos: la eliminación de compuestos no deseados con bajas presiones de vapor, como el ácido acético (Oliviero et al., 2009) y el desarrollo de características sensoriales únicas como el sabor, aroma y la textura (Tan & Kerr, 2018). Sin embargo, el manejo incorrecto de las variables como temperatura, velocidad de aire y tiempo de exposición durante esta etapa del procesamiento, conduce a la obtención de sabores y texturas desagradables, como puede ser el sabor a quemado, además de una textura blanda (Diab et al., 2014) y consecuentemente, a la pérdida del cacao producido.

Empíricamente, el operador tostador del cacao debe adoptar un enfoque artesanal al ajustar la temperatura y el tiempo de tostado, mientras observa los cambios de color y escucha el sonido crujiente del grano para así asegurar la calidad y homogeneidad de los granos de cacao tostados (Domínguez-Pérez et al., 2019). Estas habilidades para estimar el punto ideal de tostado del cacao, solo se adquieren a través de la experiencia, lo cual es problemático porque centrar esta operación unitaria tan trascendental en los sentidos del operario, no permite estandarizar el proceso y pone en riesgo la obtención de productos derivados del cacao con características o parámetros consistentes y reproducibles (Robbins & Fryer, 2003).

Por lo tanto, para evitar el deterioro en las propiedades organolépticas del cacao tostado antes mencionadas, es necesario conocer las variables de las transformaciones de la etapa del tostado y analizar los diferentes cambios en los parámetros fisicoquímicos descriptores de esta etapa (pH, acidez, color, humedad, sabor y olor, entre otros). Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, este trabajo pretende contribuir por medio de una herramienta (material informativo), a la transferencia social del conocimiento reportado en literatura científica de los cambios fisicoquímicos durante el tostado artesanal del cacao en la vereda de Alto Guapaya, brindándoles como prioridad, la asistencia técnica de la que históricamente han carecido. Para ello, se espera responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo transferir el conocimiento científico de los cambios de un parámetro fisicoquímico asociado al proceso de tostado artesanal del cacao a una comunidad campesina de la vereda de Alto Guapaya, Meta?

#### **4. OBJETIVOS**

##### **4.1 Objetivo general**

Contribuir teóricamente a la transferencia social del conocimiento de los cambios fisicoquímicos durante el proceso de tostado artesanal del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la vereda de Alto Guapaya, Meta.

##### **4.2 Objetivos específicos**

- Describir las principales transformaciones fisicoquímicas del grano de cacao durante la etapa del tostado, a través de una revisión de la literatura científica.

- Proponer un material informativo acerca de los cambios fisicoquímicos durante el proceso de tostado del cacao, como medio de transferencia social del conocimiento a una comunidad productora en la vereda Alto Guapaya, Meta.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

La siguiente investigación se enmarca en el desarrollo del Proyecto de Planeación Universitaria (PPU) vigente “Alimento, Vida y Hábitat” el cual cuenta con el apoyo de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana, haciendo especial énfasis en la contribución al desarrollo agroindustrial de la Asociación de Campesinos de Guapaya (ASOAGROGUAPAYA), en la vereda Alto Guapaya del municipio Vistahermosa, Meta.

### **5.1 Tipo de estudio**

El presente trabajo corresponde a una revisión de la literatura científica con un enfoque teórico-descriptivo.

### **5.2 Etapas del estudio**

Esta investigación se dividió en dos etapas. La primera etapa consistió en la búsqueda de información a partir de una revisión de la literatura científica para describir los principales cambios fisicoquímicos del grano de cacao durante la etapa del tostado. La segunda etapa consistió en la elaboración de una propuesta de material informativo acerca del procesamiento integral de la semilla del cacao (con especial énfasis en la etapa del tostado) para la transferencia social del conocimiento científico en la comunidad cacaotera de la vereda Alto Guapaya, Meta.

#### **5.2.1 Etapa 1: Descripción de los principales cambios fisicoquímicas del grano de cacao durante el tostado.**

Se realizó una revisión de la literatura científica acerca de los procedimientos existentes, actualizados y efectivos responsables de los cambios de los principales parámetros fisicoquímicos del grano de cacao durante la etapa del tostado, empleando artículos científicos y libros provenientes de fuentes de información bibliográfica tales como Scopus y EBSCOhost de la Pontificia Universidad Javeriana, con una ventana de tiempo de publicación entre los años 2000 y 2020. La búsqueda se efectuó teniendo en cuenta los criterios expuestos en la Tabla No. 1, hallando 30 artículos potencialmente relevantes, sin embargo sólo el 50% de estos (n = 15) cumplía con la totalidad de los criterios de inclusión y exclusión (ver Anexo 1).

Se construyó una matriz de la sistematización de la información (ver Anexo 2) para la organización, categorización y análisis de la información recolectada. En dicha matriz se incluyeron variables como año de publicación, autor, título de la revista, título del estudio, abstract, objetivo del estudio, palabras clave del autor, tipo de cacao empleado, velocidad de aire empleado y temperatura con el fin de analizar los artículos seleccionados.

**Tabla 1** Criterios de Inclusión y exclusión para las fuentes secundarias a consultar

A) Criterios de inclusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Publicaciones indexadas en inglés o español.</li> <li>ii. Estudios con fecha de publicación entre los años 2000 y 2020.</li> <li>iii. Artículos que en su título, resumen o palabras claves contenga alguna(s) de la(s) palabras clave con las cuales se realizará la búsqueda.</li> <li>iv. Revisión de las bibliografías reportadas por los artículos seleccionados.</li> </ul>
B) Criterios de exclusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Publicaciones en las cuales se haya analizado variedad de cacao que no corresponda a Suramérica.</li> <li>ii. Artículos que no estén publicados en revistas cuya línea de investigación sea ciencia y tecnología de alimentos.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla No. 2, se presentan 9 cadenas de búsqueda que fueron utilizadas para la elaboración de la matriz. En cada base de datos se limitó la búsqueda de las publicaciones entre los años 2000 – 2020 y se filtró por palabras clave en inglés como “variety of cocoa”, “cocoa bean”, “fermentation”, “drying”, “roasting”, “convective” y “superheated steam”.

**Tabla 2** Cadenas de búsqueda utilizadas para la elaboración de la matriz de la sistematización de la información.

Base de datos	No. Consulta	Cadena de búsqueda
Scopus	1	TITLE-ABS-KEY (“variety of cocoa” AND “theobroma cacao”)
	2	TITLE-ABS-KEY (protein* AND fat AND carboh*drates AND “cocoa bean*”)
	3	TITLE-ABS-KEY (“nutritional composition” AND “fatty acids profile” AND “cocoa bean*”)
	4	TITLE-ABS-KEY (origin AND cacao) AND (LIMIT-TO (PREFNAMEAUID, “Motamayor,”)
EBSCOhost	1	(“composition of cocoa”)
	2	TITLE (cacao or “theobroma cacao L” or cocoa) AND AB (fermentation)
	3	TITLE (cacao or “theobroma cacao L” or cocoa) AND AB (dry*)
	4	TITLE (cacao or “theobroma cacao L” or cocoa) AND AB (roast*)
	5	TITLE (cacao or “theobroma cacao L” or cocoa) AND AB (roast* or convective or “superheat* steam”)

**Fuente:** Elaboración propia.

La búsqueda de información se realizó hasta el 28 de octubre del presente año. Los artículos incluidos en el presente trabajo de grado se guardaron en el gestor de administración y referencia de documentos Mendeley Desktop versión 1.19.4. A partir de los hallazgos en la literatura científica se describieron las principales transformaciones fisicoquímicas del grano de cacao asociadas a la variación de la temperatura, el tiempo y la humedad relativa durante el tostado. La información fue categorizada según el método de tostado utilizado (convencional o por vapor sobrecalentado) y los parámetros fisicoquímicos.

## **5.2.2 Etapa 2: Estrategia de transferencia social del conocimiento**

### **5.2.2.1 Caracterización de la población**

Con base en el mapa de empatía propuesto por Dave Gray en 2017 (ver Anexo 3), se caracterizó la población seleccionando las siguientes preguntas: ¿quiénes son?, ¿en qué condiciones están? y, ¿cómo viven? (la comunidad cacaotera de la vereda Alto Guapaya) a través de fuentes secundarias, tomando como referencia el informe de (Javeriana, 2019c), en el cual se presentan los resultados obtenidos principalmente de las líneas de procesos productivos, nutrición y procesamiento de alimentos, durante el periodo comprendido desde el 22 de octubre al 10 de noviembre de 2019 en las comunidades beneficiarias de la organización de agricultores de Guapaya (ASOAGROGUAPAYA) específicamente, en las veredas de Alto Guapaya y Guapaya Medio.

El mapa de empatía propuesto por Dave Gray en 2017 (ver Anexo 3) (Gray, 2017) es una herramienta, que como su nombre lo indica, permite tomar la perspectiva del otro, en este caso de la comunidad cacaotera de Alto Guapaya y de esta manera sistematizar a quién va dirigido el material informativo: qué ven, dicen, hacen, escuchan, piensan y sienten (Gray, 2017) sobre un tema en concreto, en este caso, sobre el tostado de cacao.

### **5.2.2.2 Intención de sentido**

Una vez realizada la búsqueda de información secundaria, se construyó la intención de sentido, entendida como el propósito comunicativo del material informativo (Leal Molina et al., 2016), a partir de la respuesta a las preguntas: ¿qué se quiere generar en la población objetivo?, ¿por cuál medio se puede lograr?, ¿cuál/es tema/s se abordarán?

### **5.2.2.3 Tipo de material informativo**

La estrategia de socialización de resultados busca recopilar, socializar y entregar los resultados de la investigación a la comunidad. Permite la devolución y apropiación de conocimientos que surgen a raíz de las investigaciones y acciones desarrolladas por el Proyecto de Planeación Universitaria (PPU) “Alimento, Vida y Hábitat” en la vereda Alto Guapaya, Meta, a través de la elaboración de propuestas teóricas, pedagógicas y gráficas (Javeriana, 2020).

En este sentido, en conjunto con el PPU se está desarrollando una caja de herramientas la cual contiene materiales de tipo técnico conceptual, pedagógico (juegos, cartillas, rotafolios, entre otros), práctico y de apropiación comunitaria, elementos que resultan indispensables para la apropiación social del conocimiento pues se caracterizan por ser elementos físicos, visibles, de fácil divulgación, que recolectan información y permiten la devolución a la comunidad, la cual será entregada a la comunidad como parte de la estrategia de socialización.

Se determinó que para mejorar los resultados a largo plazo, los actores involucrados en la participación, a través uso del material informativo, deben ser personas con conocimiento previo empírico y personas que deseen involucrarse por primera vez en el procesamiento del cacao, con el fin de establecer diálogos y compartir saberes.

### **5.2.2.4 Diseño del material informativo guiado**

A partir de la información obtenida de fuentes secundarias, se diseñó un material informativo de tipo pedagógico haciendo uso de la herramienta Adobe Illustrator versión 25.0. (licencia académica Adobe Illustrator 2021). Como guía para el desarrollo de este material, se usó como base el juego de mesa “serpientes y escaleras”, pues permitía mostrar las etapas del procesamiento de una manera secuencial.

El tablero de juego se distribuyó en 64 casillas: las etapas de cosecha, fermentación, secado y molienda comprendían 8 casillas cada una, mientras que las 32 casillas restantes correspondían a la etapa del tostado. Se reemplazaron las tradicionales serpientes y escaleras por flechas rojas y verdes y se añadieron cuatro símbolos los cuales se intercalaron entre las casillas, permitiendo espacios de diálogo entre los jugadores por medio de cartas informativas, de anécdotas, retos y de avance.

La información contenida en las cartas informativas describía las acciones a realizar por parte de la comunidad cacaotera de la vereda Alto Guapaya, para realizar el procesamiento del cacao, enfatizando en la etapa del tostado a través de un lenguaje sencillo y gráfico. La información contenida en las cartas de anécdotas permitía a los jugadores compartir sus vivencias en relación con el procesamiento del cacao y así, identificar las posibles falencias y aciertos en el proceso. Las cartas de retos se incorporaron a la actividad con el fin de generar intercambios sociales, divertidos y agradables entre los participantes. Las cartas de avance contienen la información puntual y clave que corresponde a cada una de las etapas del procesamiento del grano de cacao.

Se realizó la validación técnica del material con un grupo focal de seis personas seleccionadas al azar, con y sin conocimiento previo acerca del procesamiento del cacao, realizándoles presentación de los objetivos y dinámica del juego, a quienes se les solicitó dialogar sobre la pertinencia del material con posterioridad a su uso y se recibió retroalimentación con la cual se realizaron los ajustes pertinentes.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 Descripción de las principales transformaciones fisicoquímicas del grano de cacao durante el tostado**

Para obtener los productos derivados del cacao, el grano debe ser sometido a diversos procesos tecnológicos dentro de los cuales la etapa de tostado es una de las etapas clave (W. Krysiak, 2011). La influencia de las altas temperaturas en los granos contribuye a múltiples cambios físicos y químicos, detallados más adelante en este documento, que alteran significativamente sus propiedades físicas químicas y organolépticas, por ejemplo, el color, composición nutricional y el sabor respectivamente. El tostado a través de las reacciones fisicoquímicas que se realizan en el grano de cacao produce como resultado el aroma característico del cacao, la pérdida de agua (deshidratación), ácidos volátiles y taninos (precursores de la astringencia y el sabor amargo), así como la intensificación del color marrón del grano y la garantía de su inocuidad microbiológica (W. Krysiak, 2011).

Dentro de las principales transformaciones fisicoquímicas durante el tostado (por método convencional o por vapor sobrecalentado) se encuentran: cambios en el contenido de agua y grasa, acidez total y volátil (W. Krysiak, 2011), cambios en las propiedades antioxidantes fenólicas (Zzaman et al., 2014), cambios en la humedad, color y textura (Zzaman & Yang, 2014), cambio del contenido de aminas biogénicas (Oracz & Nebesny, 2014), cambio en los flavonoles, proantocianidinas y actividad antioxidante (Ioannone et al., 2015), cambios en el perfil y los niveles de flavan-3-oles, antocianinas y flavonoides (Oracz et al., 2015), cambios en los componentes activos de azúcar, aminoácidos y sabor (Zzaman et al., 2017), cambios en la composición química (Oracz & Nebesny, 2019), cambios inducidos con respecto a la “mood pyramid” (Lemarcq et al., 2020) y finalmente, factores que afectan el color (Wieslawa Krysiak et al., 2013). A continuación, se describirá el detalle de los cambios producidos en cada uno de los parámetros anteriormente mencionados:

## 6.1.1 Efecto del tostado por método convencional sobre las propiedades fisicoquímicas de granos de cacao

### 6.1.1.1 Cambios en el contenido de agua, grasa, acidez total y acidez volátil

En términos de lograr la mayor pérdida de acidez total y volátil con el método convencional, las mejores condiciones de tostado son una temperatura de 135 °C, una velocidad de aire de 1 m/s y una humedad relativa (RH) de 0.4% (CT1) (W. Krysiak, 2011). Sin embargo, utilizar estos parámetros (condición de tostado 1, CT1) en el proceso de tostado causan una elevada transferencia de grasa del grano a la cáscara a un nivel de 5,0%, lo cual no es algo deseable debido a razones tecnológicas y económicas, dado que, la pérdida de grasa del grano por transferencia a la cáscara disminuye las características deseables en productos derivados como el chocolate. No obstante, la mayor pérdida de este componente (grasa) se observó cuando los granos se tostaron a una temperatura de 140 °C, con una velocidad de aire 0,5 m/s y una humedad relativa de 0.35% (condición de tostado 2, CT2), pero al utilizar estos parámetros se obtuvieron niveles comparativamente altos de acidez total ( $11,77 \text{ }^{\circ}\text{n/dm} \pm 0,40 \text{ } \%/p/p$ ) y volátil ( $0,08 \text{ } \%$  ácido  $\pm 0,003 \text{ } \%/p/p$ ), en relación con los resultados obtenidos cuando se aplica las condiciones de temperatura, velocidad del aire y humedad relativa ya establecidas como las mejores condiciones de tostado, CT1. ( $9,67\% \pm 0,5$  y  $0,07\% \pm 0,003$ , contenido de acidez total y volátil respectivamente), lo que tampoco es beneficioso (W. Krysiak, 2011).

**Tabla 3** Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de agua, contenido graso, acidez total y volátil, antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones.

Parámetros fisicoquímicos		CC	CT1	CT2	TM
Contenido de agua (%)	Grano entero	5,20 ± 0,03	2,01 ± 0,02	1,97 ± 0,07	2,02 ± 0,06
	Grano	4,55 ± 0,05	1,97 ± 0,04	1,90 ± 0,05	1,78 ± 0,02
	Cáscara	12,40 ± 0,06	4,94 ± 0,06	4,91 ± 0,07	5,76 ± 0,4
Acidez total ( $^{\circ}\text{n/dm}$ )	Grano	14,59 ± 0,70	9,67 ± 0,5	11,77 ± 0,4	7,79 ± 0,7
Acidez volátil (% ácido acético/dm)	Grano	0,12 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Contenido de grasa (%/dm)	Grano	59,04 ± 0,08	56,20 ± 0,05	54,28 ± 0,08	58,3 ± 0,05

**Nota:**

T: temperatura (°C)

v: velocidad de aire (m/s)

RH: humedad relativa (%)

dm: dry mass (masa seca)

$^{\circ}\text{n/dm}$ : 1 M NaOH por 100 g de producto [Polish Standard PN-A-88024 de 1979 (Krełowska –Kulas M, 1993)].

CC: cacao crudo fermentado y seco

CT: cacao tostado; CT1: T = 135 °C, v = 1,0 m/s, RH = 0,4% por 35 min; CT2: T = 140 °C, v = 0,5 m/s, RH = 0,35% por 10 min.

TM: tostado por microondas = potencia 700 W, frecuencia 2450 MHz y tiempo 12,5 min.

**Fuente:** Adaptado de (W. Krysiak, 2011).

El tostado de los granos utilizando microondas TM (tostado por microondas), (potencia de = 700 W,

frecuencia de 2450 MHz y tiempo de 12,5 min) permitió obtener un grano más tostado con las propiedades fisicoquímicas estudiadas más favorables se obtuvieron los niveles más bajos de acidez volátil y total, así como el mayor contenido de grasa en el grano (debido a la transferencia de la grasa a la cáscara, la volatilización del ácido acético y la evaporación del agua) Tabla 3 (W. Krysiak, 2011).

#### 6.1.1.2 Cambios del contenido de aminas biogénicas

Los granos de cacao son la fuente de varios compuestos bioactivos, incluyendo las aminas biogénicas. Estas, son compuestos orgánicos nitrogenados básicos formados principalmente por descarboxilación de aminoácidos o por aminación y transaminación de aldehídos y cetonas, dentro de las cuales se encuentran la histamina, serotonina, dopamina, feniletilamina, tiramina y triptamina (Álvarez González & Fernández, 2020). De éstas, la histamina posee la mayor actividad biológica. Tras la ingesta, en las personas sanas se produce una detoxificación rápida a través de las monoamino-oxidasas y las diamino-oxidasas en los enterocitos. Sin embargo, cuando concentraciones altas de AB son consumidas o cuando las personas tienen reducida su capacidad de detoxificación, puede provocar intoxicaciones que desencadenen procesos toxicológicos como náuseas, dolores de cabeza, taquicardia, etc.

**Tabla 4** Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de aminas biogénicas antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones

Amina biogénica (mg/kg peso seco libre de grasa)	Variedad de cacao	CC <sup>A</sup>	CT1	CT2
Contenido total	Forastero	2,66 ± 0,14	4.42 ± 0.06	8.03 ± 0.05
	Trinitario	5,21 ± 0,13	8.64 ± 0.07	19.47 ± 0.12
2-Feniletilamina	Forastero	-	1.67 ± 0.04	3.45 ± 0.04
	Trinitario	-	3.32 ± 0.04	8.78 ± 0.05
Tiramina	Forastero	-	1.01 ± 0.05	1.85 ± 0.02
	Trinitario	-	2.14 ± 0.04	3.65 ± 0.07
Triptamina	Forastero	-	0.88 ± 0.02	1.34 ± 0.03
	Trinitario	-	1.04 ± 0.02	4.01 ± 0.05
Serotonina	Forastero	-	0.76 ± 0.02	1.36 ± 0.02
	Trinitario	-	1.65 ± 0.06	2.42 ± 0.05
Dopamina	Forastero	-	0.09 ± 0.01	0.21 ± 0.03
	Trinitario	-	0.49 ± 0.01	0.69 ± 0.02

**Nota:**

T: temperatura (°C)

RH: humedad relativa (%)

CC: cacao crudo fermentado y seco

CT: cacao tostado; CT1: T = 110 °C, RH = 0,3%; CT2: T = 150 °C, RH = 5,0%.

<sup>A</sup> El contenido de las aminas biogénicas estudiadas, no se encuentra disponible en la literatura revisada para el cacao crudo.

Los granos de cacao se tostaron durante los tiempos predeterminados necesarios para lograr aproximadamente un 2% de contenido de humedad en todo el grano.

**Fuente:** Adaptado de (Oracz & Nebesny, 2014)

Las condiciones de tostado como la temperatura y la humedad relativa del aire afectan significativamente la concentración de aminas biogénicas (Oracz & Nebesny, 2014). Los granos de cacao de las variedades

forastero y trinitario (de Brasil y Venezuela, respectivamente) contienen tiramina, 2-feniletilamina, triptamina, serotonina y dopamina, entre otras. La 2-feniletilamina fue predominante (1,67 – 8,78 mg/kg peso seco libre de grasa) en los granos de cacao tostados (Oracz & Nebesny, 2014).

Se encontró que los contenidos de 2-feniletilamina, tiramina, triptamina, serotonina y dopamina aumentaron significativamente con el incremento de la temperatura del aire (de 110 a 150 °C). Sin embargo, la magnitud de estos cambios depende en gran medida de la variedad del cacao y de la humedad del aire de tostado (0,3–5,0%) donde el contenido total de aminas biogénicas aumenta significativamente en la variedad de cacao trinitario particularmente en relación con la 2 feniletilamina.

El mayor contenido de estas aminas se observó en las muestras tostadas a 150 °C mientras que el menor contenido se encontró en las muestras tostadas a 110 °C (Oracz & Nebesny, 2014), por lo cual se deduce que para evitar los efectos nocivos de las aminas biogénicas en el organismo (afectación vascular reflejada en un incremento de la presión arterial), se debe mantener como límite esta última temperatura (110 °C) en la etapa del tostado. (ver Tabla No. 4)

Elucidar las concentraciones de aminas biogénicas en muestras de cacao crudo y tostado, proporcionará una estimación más precisa de la ingesta dietética de aminas biogénicas de productos derivados del cacao y puede ser útil para mitigar los riesgos ya mencionados en la salud del consumidor (Oracz & Nebesny, 2014).

#### **6.1.1.3 Cambios de los flavonoles y proantocianidinas**

El consumo de cacao y productos derivados como el chocolate, tiene efectos positivos para la salud de los seres humanos, asociados con actividad antiinflamatoria y anti aterosclerótica, modulación de la función inmune y la presión arterial, así como activación plaquetaria (Ioannone et al., 2015). Estos efectos sobre la salud están asociados con la presencia de polifenoles, entre los que se encuentran flavonoles monoméricos (catequina y epicatequina), así como procianidinas oligoméricas y poliméricas o proantocianidina, que muestran efectos antioxidantes (Ioannone et al., 2015).

Las proantocianidinas son el componente fenólico más abundante, varían en tamaño desde monómeros hasta polímeros de cadena larga (Ortega et al., 2010) y exhiben varias propiedades biológicas, asociadas principalmente con la actividad antioxidante (Othman et al., 2007), como la capacidad de eliminar radicales superóxidos y radicales hidroxilo, reducir los radicales peroxilo de lípidos e inhibir la peroxidación de lípidos.

Las diferentes condiciones de procesamiento aplicadas durante el tostado causan diferencias importantes en los contenidos de flavonoides, proantocianidina y la actividad antioxidante. En particular, el tostado a alta temperatura y tiempo corto (145 °C durante 18 minutos) conserva mejor el contenido de polifenoles en comparación con una baja temperatura y un mayor tiempo (125 °C y 62 min) (Ioannone et al., 2015) como se muestra en la Tabla No. 5. Además, la variedad del grano (forastero de Brasil y trinitario de Venezuela) de cacao también ha demostrado tener una influencia en cuanto al cambio en el contenido de los flavonoles y antocianinas (Oracz et al., 2015), lo cual se demuestra en la Tabla No. 6. Se evidencia que, el tostado en particular a alta temperatura (150 °C), afecta los contenidos de flavonoles y antocianinas disminuyéndolos en comparación con lo que se observa al someterlos a temperaturas menores (110 °C) (Oracz et al., 2015). La humedad relativa es el otro factor inherente al proceso de tostado que condiciona los cambios de estos componentes. Los niveles de epicatequina, catequina y ambas antocianinas fueron significativamente menores cuando la humedad relativa del aire alcanzó un 5,0 %.

En general, estos resultados indican que las condiciones de procesamiento disminuyen los niveles de los

flavan-3-ols individuales y antocianinas de los granos de cacao según su variedad y confirman que el tostado a temperaturas más bajas (110 °C) con aire húmedo (RH = 5,0 %), permite preservar estos compuestos beneficiosos durante este proceso (Oracz et al., 2015), lo cual es ideal.

**Tabla 5** Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de flavonoles y proantocianidinas antes y después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones

<b>Componentes (mg g<sup>-1</sup> peso seco)</b>	<b>CC</b>	<b>CT1</b>	<b>CT2</b>	<b>CT3</b>
Epicatequina	1,12	0,39	0,24	0,32
Catequina	1,34	0,84	0,55	0,84
Epigallocatequina	0,00	0,58	0,54	1,09
Galocatequina	0,00	1,14	1,26	1,76
Proantocianidina	3,76	2,12	2,60	2,82

**Nota:**

T: temperatura (°C)

RH: humedad relativa (%)

v: velocidad de aire (m/s)

t: tiempo (min)

CC: cacao crudo fermentado y seco

CT: cacao tostado; CT1: T = 125 °C, RH = 0,4 %; v = 1 m/s, t = 62 min; CT2: T = 135 °C, RH = 0,4 %; v = 1 m/s, t = 30 min; CT3: T = 145 °C, RH = 0,4 %; v = 1 m/s, t = 18 min.

**Fuente:** Adaptado de (Ioannone et al., 2015)

**Tabla 6** Cambios en el grano de cacao en relación con el contenido de los flavonoles y antocianinas después de ser sometidos al proceso de tostado bajo diferentes condiciones y dependiendo de la variedad.

<b>Componentes (mg/g peso seco libre de grasa)</b>	<b>Variedad de cacao</b>	<b>CC</b>	<b>CT1</b>	<b>CT2</b>
Contenido total de Antocianinas	Forastero	-	15,11 ± 0,034	10,53 ± 0,29
	Trinitario	-	11,97 ± 0,27	7,11 ± 0,28
Epicatequina	Forastero	-	8,71 ± 0,12	5,70 ± 0,12
	Trinitario	-	5,96 ± 0,11	3,23 ± 0,12
Catequina	Forastero	-	0,54 ± 0,04	1,05 ± 0,03
	Trinitario	-	0,49 ± 0,03	0,99 ± 0,03
Procianidina B2	Forastero	-	3,37 ± 0,09	2,23 ± 0,07
	Trinitario	-	3,59 ± 0,09	2,16 ± 0,09
Procianidina C1	Forastero	-	2,49 ± 0,08	1,55 ± 0,06
	Trinitario	-	1,94 ± 0,02	0,73 ± 0,03

**Nota:**

T: temperatura (°C)

RH: humedad relativa (%)

v: velocidad de aire (m/s) constante para todas las condiciones de 1.

CC: cacao crudo (no hay datos disponibles para su análisis)

CT: cacao tostado; CT1: T = 110 °C, RH = 0,3%; CT2: T = 150 °C, RH = 5,0%.

Los granos de cacao se tostaron durante los tiempos predeterminados necesarios para lograr aproximadamente un 2% de contenido de humedad en todo el grano.

**Fuente:** Adaptado de (Oracz et al., 2015).(Oracz & Nebesny, 2014)

Es necesario un tratamiento de tostado bajo condiciones adecuadas (110 °C y RH de 5,0%) para

desarrollar el sabor único del cacao, su contenido graso y también para la eliminación de ácidos volátiles, pero, por otro lado, las condiciones de tostado a altas temperaturas (150 °C) dan como resultado niveles reducidos de polifenoles y aminas biogénicas, lo que finalmente resulta en la pérdida de los aromas deseados afrutados y florales (Lemarcq et al., 2020).

La influencia del cacao sobre el estado de ánimo y la cognición desde una perspectiva molecular es poco investigada (Lemarcq et al., 2020). El concepto de la pirámide del estado de ánimo (mood pyramid) para el cacao, hace referencia a la presencia de compuestos bioactivos que pueden modificar el estado de ánimo del consumidor. Esta pirámide consta de tres niveles (ver Anexo 4) de fitonutrientes de diferentes clases y, así como un nivel que comprende las propiedades sensoriales (sabor, textura, aroma) típicas del cacao (Tuentner et al., 2018).

La pirámide está estructurada de la siguiente manera: la base de la pirámide encierra los efectos más generales de los flavonoles (nivel 1), los otros niveles de la pirámide incluyen las metilxantinas más específicas del cacao (nivel 2) y alcaloides menores como el salsolinol (nivel 3), estando este último presente en menor grado (Lemarcq et al., 2020). Por último, el nivel superior representa las propiedades sensoriales únicas del cacao (nivel 4), ya que presumiblemente, el estado de ánimo y la cognición no solo se ven afectados por acciones farmacológicas, sino también por el sabor (Lemarcq et al., 2020).

Tostar granos de cacao fermentados y secos a 130 °C por 30 minutos no afecta significativamente el nivel de epicatequina, procianidina B2 y metilxantinas. Además, los posibles compuestos que mejoran el estado de ánimo, como la triptamina, la serotonina (aminas biogénicas) y el salsolinol (alcaloide simple de tetrahidroisoquinolina), aumentaron significativamente al tostar a 130 °C durante 30 minutos. La selección de las condiciones adecuadas de tiempo y temperatura de un tratamiento de tostado podría tener un efecto positivo en los compuestos que potencialmente contribuyen al estado de ánimo del consumidor (Lemarcq et al., 2020).

#### **6.1.1.4 Cambios en la composición química**

La composición química de los granos de cacao con posterioridad al proceso de tostado presenta diferencias dependiendo de la variedad del grano y las condiciones del proceso. El componente graso se encuentra en mayor proporción en la variedad criollo, tanto en el grano sin tostar (59,54 g/100g) como, en el grano tostado (58,35 g/100g, 58,82 g/100g) dependiendo de la condición del proceso (variación en temperatura, humedad relativa, flujo del aire y tiempo) (Oracz & Nebesny, 2019). La proteína se encuentra en mayor cantidad en la variedad forastero, tanto en los granos sin tostar como en los granos tostados en las diferentes condiciones (CC: 17,44 g/100g, CT1: 16,69 g/100g CT2: 16,79 g/100g, CT3: 13,64 g/100g y CT4: 13,87 g/100g respectivamente) (Oracz & Nebesny, 2019). Finalmente, con respecto a los carbohidratos, se obtuvo que la variedad con mayor contenido en cualquiera de las condiciones es el cacao criollo, observándose una mayor pérdida en la variedad forastero con relación a la de trinitario, como se muestra en la Tabla No. 7.

El tostado del cacao a 150 °C y humedad relativa de 0,3% muestra una mayor formación de las moléculas de alto peso molecular HMW (melanoidina principalmente, entre otras) derivadas de la reacción de Maillard. Estas reacciones finalizan con la formación de polímeros de alto peso molecular, conocidos como melanoidinas, que son responsables del color café característico y la textura de los granos de cacao tostados.

De esta manera, se concluye que el contenido total de carbohidratos y proteínas en las tres variedades de cacao disminuye gradualmente a medida que la temperatura de tostado aumentó de 110 a 150 °C en un 0,3–19,9% y un 3,7–27,1% del contenido inicial, respectivamente (Oracz & Nebesny, 2019). Se presentó una ligera disminución del contenido de lípidos en todos los granos de cacao analizados sometidos a

procesamiento térmico a 110 °C, comparada con la del grano sin procesar. A lo anterior se adiciona que, en la generación de melanoidina, molécula de alto peso molecular responsable del color característico y la textura de los granos de cacao tostados, su concentración ideal es alcanzada bajo condiciones de tostado de 150 °C y humedad relativa de 0,3%.

**Tabla 7** Cambios en el contenido de los carbohidratos, lípidos, proteínas y moléculas de alto peso antes y después de ser sometidos los granos de cacao, al proceso de tostado bajo diferentes condiciones y dependiendo de la variedad

Componente (g/100g en base seca)	Variedad de cacao	CC	CT1	CT2	CT3	CT4
Carbohidratos	Criollo	6,70 ± 0,04	6,63 ± 0,02	6,68 ± 0,03	5,85 ± 0,02	5,79 ± 0,01
	Forastero	5,56 ± 0,02	5,34 ± 0,03	5,37 ± 0,01	4,65 ± 0,01	4,68 ± 0,03
	Trinitario	6,52 ± 0,03	6,35 ± 0,02	6,37 ± 0,01	5,25 ± 0,03	5,22 ± 0,02
Lípidos	Criollo	59,54 ± 0,11	58,35 ± 0,14	57,97 ± 0,14	58,43 ± 0,11	58,82 ± 0,10
	Forastero	58,92 ± 0,12	57,80 ± 0,13	58,50 ± 0,17	57,61 ± 0,12	57,87 ± 0,11
	Trinitario	57,80 ± 0,14	56,47 ± 0,11	57,73 ± 0,12	56,23 ± 0,12	56,08 ± 0,13
Proteína	Criollo	16,49 ± 0,10	14,71 ± 0,11	14,78 ± 0,09	12,02 ± 0,10	12,05 ± 0,09
	Forastero	17,44 ± 0,11	16,69 ± 0,10	16,79 ± 0,12	13,64 ± 0,12	13,87 ± 0,10
	Trinitario	16,16 ± 0,09	14,95 ± 0,10	15,03 ± 0,13	13,65 ± 0,08	13,69 ± 0,11
Moléculas de alto peso (HMW)	Criollo	5,91 ± 0,02	5,45 ± 0,03	5,43 ± 0,03	6,04 ± 0,01	5,99 ± 0,03
	Forastero	5,58 ± 0,01	5,32 ± 0,03	5,30 ± 0,02	5,71 ± 0,02	5,68 ± 0,03
	Trinitario	5,35 ± 0,01	5,17 ± 0,02	5,14 ± 0,03	5,46 ± 0,03	5,42 ± 0,02

**Nota:**

HMW: Moléculas de alto peso molecular

T: temperatura (°C)

RH: humedad relativa (%)

v: velocidad de aire forzado sin circulación

CC: cacao crudo fermentado y seco

CT: cacao tostado; CT1: T = 110 °C, RH = 0,3%; CT2: T = 110 °C, RH = 5,0%; CT3: T = 150 °C, RH = 0,3%; CT4: T = 150 °C, RH = 5,0%.

Los granos de cacao se tostaron durante los tiempos predeterminados necesarios para lograr aproximadamente un 2% de contenido de humedad en todo el grano.

**Fuente:** Adaptado de (Oracz & Nebesny, 2019).

**6.1.1.5 Factores que afectan el color**

El proceso de tostado contribuye a cambios en el color del grano de manera que favorece la aparición del color marrón desde el violeta generado por el proceso de fermentación, como consecuencia de las transformaciones de las antocianinas relacionadas con los cambios en la acidez y la formación de sustancias coloreadas como la melanoidina, resultado de la reacción de Maillard (Wieslawa Krysiak et al., 2013). La velocidad del velocidad de aire no determina directamente la velocidad de la reacción de Maillard, en relación con el pardeamiento de los granos de cacao, pero sí afecta la velocidad de calentamiento y evaporación del agua contenida en los mismos (Wieslawa Krysiak et al., 2013).

Las condiciones de tostado como la temperatura mayor a 135 °C, es decir entre 140 – 150 °C y humedad relativa constante entre 0,3 y 0,8%, garantizan un nivel adecuado de pardeamiento en los granos de cacao, independientemente de la velocidad de flujo (1,0 m/s) (Wieslawa Krysiak et al., 2013).

### **6.1.2 Efecto del tostado por vapor sobrecalentado sobre las propiedades fisicoquímicas de granos de cacao**

En los últimos años, la aplicación del vapor sobrecalentado (en la industria alimentaria ha tenido éxito como un nuevo método de tostado. El vapor sobrecalentado actúa como un gas seco caliente (Zzaman et al., 2014). Con su utilización para el tostado, los productos (en este caso, el grano de cacao) no se oxidan porque el aire en el sistema es reemplazado por el vapor sobrecalentado y por lo tanto, las muestras se pueden calentar o secar en ambientes libres de oxígeno (Zzaman et al., 2014).

El método de tostado convencional, por convección, se usa comúnmente para tostar granos de cacao a diferentes temperaturas, las cuales van desde 110 hasta 250 °C y el tiempo varía de 60 a 120 min. Es importante resaltar que el método de tostado convencional tiene ciertas desventajas frente al tostado por vapor sobrecalentado debido a las formas tradicionales de transferencia de calor y energía; el tostado por vapor sobrecalentado es un proceso energéticamente eficiente en comparación con el que usa aire caliente (convencional), debido a la posible reutilización del calor latente de evaporación como medio de secado (Zzaman & Yang, 2014). Adicionalmente, el método de tostado convencional puede producir sabor a quemado, color indeseable, presencia de acrilamidas y pérdida de propiedades antioxidantes de los granos de cacao que se destruyen durante el calentamiento prolongado (Zzaman et al., 2017).

#### **6.1.2.1 Cambios en las propiedades antioxidantes fenólicas**

Recientemente, se ha prestado mucha atención a la investigación de polifenoles debido a la actividad antioxidante y otros efectos benéficos sobre la salud humana, como en la prevención y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cáncer y actividades antimicrobianas (Zzaman et al., 2014).

El contenido de polifenoles en los granos de cacao (principalmente catequinas, epicatequinas y proantocianidinas) depende del método utilizado para la etapa del tostado. Aproximadamente, el 70% de los compuestos fenólicos y la mayoría de las propiedades antioxidantes ya mencionadas, del grano de cacao se destruyen durante el tostado convencional debido al calentamiento prolongado (temperatura menor a 145 °C y tiempo mayor de 18 minutos, ver Tabla No.5) (Zzaman et al., 2014). Zzaman en 2014, examinó el cambio del contenido total de flavonoles en los granos de cacao durante el método de vapor sobrecalentado en diferentes temperaturas (150, 200 y 250°C) y tiempos (10 a 50 minutos, con intervalos de 10 minutos), comparándolo con el método de tostado convencional, encontrándose una disminución de dicho compuesto en relación con el tiempo (ver anexo 5). Durante su estudio, encontró que el contenido total de fenoles disminuyó gradualmente durante el tostado con vapor sobrecalentado con el aumento del tiempo y la temperatura. Las mayores pérdidas de polifenoles total se encontraron a 250 °C durante 50 minutos, mientras que la menor pérdida fue a 150 °C durante 10 minutos (Zzaman et al., 2014). Estas variaciones, por tanto, se encuentran en el rango de 24,57% a 2,88%, respectivamente, con el método de tostado con vapor sobrecalentado, en relación con el contenido de polifenoles.

Se puede decir, por lo tanto, que existe relación inversamente proporcional entre el tiempo y la temperatura y el contenido de flavonoles y que, las disminuciones de los compuestos polifenólicos en los granos de cacao, están estrictamente correlacionadas con la oxidación y la degradación térmica de estos compuestos (Zzaman et al., 2014). Por lo tanto, el método de tostado usando vapor sobrecalentado puede mejorar la calidad de los granos de cacao como materia prima, ya que se alcanzan las características óptimas del tostado en menos tiempo (10 minutos en comparación con 62 minutos del tostado convencional, ver Tabla No. 5), permitiendo la conservación de las propiedades antioxidantes y fenoles totales.

### **6.1.2.2 Cambios en la humedad, color y textura por método de tostado con vapor sobrecalentado**

El uso de métodos como el vapor sobrecalentado afectó favorablemente las propiedades físicas (humedad, color y textura) de los granos de cacao. En primer lugar, el contenido de humedad de los granos de cacao se redujo a medida que aumentaron el tiempo y las temperaturas (ver Anexo 6), lo cual se considera favorable, pues es necesario que este parámetro esté disminuido para que la reacción de Maillard tome lugar, pues esta reacción desempeña un rol muy importante en la formación del color y sabor durante el tostado (Ziegleder, 1991).

El color es un parámetro importante utilizado en la industria de alimentos donde este atributo está relacionado con los controles de calidad. Las operaciones de tostado se controlan sobre la base de la formación de color porque el pigmento marrón se desarrolla a medida que avanza el proceso de tostado y caramelización durante esta etapa (Saklar et al., 2003). La luminosidad (o brillo) de los granos de cacao inicialmente aumentó y luego disminuyó durante el proceso de tostado a diferentes temperaturas (Zzaman & Yang, 2014). La escala de medición del color se basa en la clasificación L\*, a\* y b\* donde L\* corresponde al espectro entre claro y oscuro, a\* abarca el del rango verde a rojo y b\* el rango de azul a amarillo. La mayor variación para el criterio L\* (11 a 40), se presentó con temperatura de 150°C y 50 minutos de exposición, para a\*, la mayor variación se presentó cuando la temperatura fue de 250°C (3 a 19) y se presentó también a los 50 minutos, observándose un comportamiento similar para b\* (3 a 22) (Zzaman & Yang, 2014), sin embargo, este estudio no especifica la variedad de cacao utilizada para las mediciones mencionadas.

En relación con la textura (dureza y fragilidad), se observan variaciones independientes de la temperatura a la que se someten (150 – 250 °C), pero sí relacionadas con el tiempo de exposición (desde 0 minutos hasta 50 minutos, con intervalos de 10 minutos) disminuyendo desde 13 N hasta 4 N para el caso de la dureza, donde N representa el pico máximo de la primera compresión, así como una disminución de 9,5 N a 4,0 N en la fragilidad, donde N representa el primer pico de la primera compresión (Zzaman & Yang, 2014).

De esta forma, el tostado con vapor sobrecalentado como nuevo método, podrá ser más apropiado y flexible que los métodos convencionales, porque se conservan mejor las características deseables del cacao en términos de color y textura. Este método requiere menos tiempo para lograr las características óptimas de tostado, mientras que el método tradicional toma más tiempo (ver Tabla 10), lo cual puede contribuir a la pérdida de aroma y al aumento del sabor amargo del grano de cacao.

### **6.1.2.3 Cambios en los componentes activos de azúcar, aminoácidos y sabor**

La concentración inicial (6,41 g/kg) de azúcares reductores totales del grano de cacao fermentado seco sin tostar, se redujo en un 64,61%, 77,22% y 82,52% con el aumento de la temperatura de tostado a 150, 200 y 250 °C durante 50 minutos, respectivamente. Los aminoácidos hidrofóbicos (alanina, leucina, isoleucina, valina, prolina, fenilalanina, triptófano y la metionina) se redujeron desde su concentración inicial (5,87 g/kg) en el grano crudo, hasta un 29,21%, 36,41% y 48,87% con el aumento de temperatura de tostado a 150, 200 y 250 °C durante 50 minutos respectivamente (Zzaman et al., 2017).

Las condiciones de tostado, como la temperatura y el tiempo, son variables significativas que afectaron la formación de compuestos involucrados en generación del aroma (ésteres) en los granos de cacao sometidos a tostado con vapor sobrecalentado. La concentración deseable de pirazinas (compuestos activos del sabor) se obtuvo bajo las condiciones de tostado de 200 °C durante 10 minutos (29,6 mg/kg en comparación con 0,21 g/kg del grano de cacao sin tostar) (Zzaman et al., 2017); nuevamente se anota, que el estudio no especifica la variedad utilizada en el análisis. El contenido de pirazinas aumentó cuando se presentó la disminución en la concentración de azúcares reductores y aminoácidos libres, como evidencia de que la reacción de Maillard ocurrió (Zzaman et al., 2017). La aplicación de este método, tostado con vapor sobrecalentado, logró características de sabor deseables en un período corto, aunque las temperaturas requeridas son altas en comparación con el tostado convencional (Zzaman et al., 2017). La calidad de los granos de cacao se puede mejorar utilizando este método durante el proceso de tostado (Zzaman et al., 2017). Se presenta un compendio de resultados correlacionando parámetros fisicoquímicos analizados, variedad de cacao y condiciones del tostado por método de tostado por vapor sobrecalentado (Tabla 10) y por método convencional (Tabla 11). Se resalta que con relación a los parámetros fisicoquímicos estudiados (n = 13) según el método convencional, el 54% no contempló la variedad de cacao mientras que el 46% sí lo hizo (el 100% estudió las variedades trinitario y forastero, mientras que el 67% analizó la variedad criollo) y con relación al método por vapor sobrecalentado el 100% de los parámetros analizados no tuvo en cuenta la variedad del cacao.

Por un lado, en el método por vapor sobrecalentado la condición óptima de tostado en términos de temperatura es de 250 °C, mientras que para el método convencional las temperatura más utilizadas corresponden a 135 y 150 °C (31% cada una), seguido de 110 y 145 °C (15% cada una) y finalmente 140 °C (8%).

**Tabla 8** Compendio de resultados correlacionando parámetros fisicoquímicos analizados, variedad de cacao y condiciones de tostado por método de vapor sobrecalentado.

Autor	Parámetro fisicoquímico	Variedad del cacao	TOSTADO POR VAPOR SOBRECALENTADO			
			Analizado		Condición Ideal	Valor Ideal
			SI	NO		
(Zzaman & Yang, 2014)	Contenido de agua (%)	No específica	X		T = 200 °C, t = 20 min	2,00
(Zzaman et al., 2014)	Contenido de flavonoles (mg g-1 peso seco)	No específica	X		T = 150 °C, t = 10 min	-
(Zzaman & Yang, 2014)	Parámetro L*, a* y b*	No específica	X		L*: T = 150 °C, t = 50 min a*: T = 250 °C, t = 50 min b*: T = 250 °C, t = 50 min	- - -
(Zzaman & Yang, 2014)	Textura (dureza y fragilidad)	No específica	X		T ≤ 250 °C, t < 50 min	-
(Zzaman et al., 2017)	Contenido de pirazinas (mg kg)	No específica	X		T = 200 °C, t = 10 min	29,6

T: temperatura (°C)

t: tiempo (minutos)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9** Compendio de resultados correlacionando parámetros fisicoquímicos analizados, variedad de cacao y condiciones del tostado por método convencional.

Autor	Parámetro fisicoquímico	Variedad del cacao	TOSTADO CONVENCIONAL			
			Analizado		Condición Ideal	Valor Ideal
			SI	NO		
(W. Krysiak, 2011)	Contenido de agua (%)	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 135 °C, v = 1 m/s, RH = 0,4%	2,01 ± 0,02
(W. Krysiak, 2011)	Contenido de grasa	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 135 °C, v = 1m/s, RH = 0,4%	56,20 ± 0,05
(W. Krysiak, 2011)	Acidez total (°n/dm)	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 135 °C, v = 1m/s, RH = 0,4%	9,67 ± 0,5
(W. Krysiak, 2011)	Acidez volátil (% ácido acético/dm)	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 135 °C, v = 1m/s, RH = 0,4%	0,07 ± 0,003
(Oracz & Nebesny, 2014)	Aminas biogénicas (mg/kg peso seco libre de grasa)	Trinitario	X		T = 110 °C, RH = 0,3%	4.42 ± 0.06
		Criollo		X	-	-
		Forastero	X		T = 110 °C, RH = 0,3%	4.42 ± 0.06
		No especifica	-	-	-	-
(Ioannone et al., 2015)	Contenido de flavonoles (mg/g-1 peso seco)	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 145 °C, RH = 0,4 %; v = 1 m/s, t = 18 min	0,84
(Ioannone et al., 2015)	Contenido de proantocianidinas (mg/g-1 peso seco)	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No especifica	X		T = 145 °C, RH = 0,4 %; v = 1 m/s, t = 18 min	2,82

Continuación Tabla 9.

Autor	Parámetro físico-químico	Variedad del cacao	TOSTADO CONVENCIONAL			
			Analizado		Condición Ideal	Valor Ideal
			SI	NO		
(Oracz et al., 2015)	Contenido total de antocianinas (mg/g peso seco libre de grasa)	Trinitario	X		T = 110 °C, RH = 0,3%	11,97 ± 0,27
		Criollo		X	-	-
		Forastero	X		T = 110 °C, RH = 0,3%	15,11 ± 0,034
		No específica	-	-	-	-
(Oracz & Nebesny, 2019)	Contenido de carbohidratos (g/100g base seca)	Trinitario	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	5,25 ± 0,03
		Criollo	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	5,85 ± 0,02
		Forastero	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	4,65 ± 0,01
		No específica		-	-	-
(Oracz & Nebesny, 2019)	Contenido de grasas (g/100g base seca)	Trinitario	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	56,23 ± 0,12
		Criollo	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	58,43 ± 0,11
		Forastero	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	57,61 ± 0,12
		No específica		-	-	-
(Oracz & Nebesny, 2019)	Contenido de proteína (g/100g base seca)	Trinitario	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	13,65 ± 0,08
		Criollo	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	12,02 ± 0,10
		Forastero	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	13,64 ± 0,12
		No específica		-	-	-
(Oracz & Nebesny, 2019)	Contenido de HMW (g/100g base seca)	Trinitario	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	5,46 ± 0,03
		Criollo	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	6,04 ± 0,01
		Forastero	X		T = 150 °C, RH = 0,3%	5,71 ± 0,02
		No específica		-	-	-
(Wieslawa Krysiak et al., 2013)	Contenido de melanoidina	Trinitario		X	-	-
		Criollo		X	-	-
		Forastero		X	-	-
		No específica	X		T = 140 °C, RH = 0,3%, v = 1 m/s	-

T: temperatura (°C)

v: flujo de aire (m s-1)

RH: humedad relativa (%)

T: tiempo (min)

dm: dry mass (masa seca)

°n/dm: 1 M NaOH por 100 g de producto [Polish Standard PN-A-88024 de 1979 (Krełowska –Kułas M, 1993)].

HMW: Moléculas de alto peso molecular

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Estrategia de transferencia social del conocimiento

### 6.2.1 Caracterización de la población

Las veredas de Alto y Medio Guapaya, se encuentran aproximadamente a 25 km del centro poblado de Vistahermosa (ver Anexo 7), con una cifra cercana a los 390 habitantes (Javeriana, 2019c). Dentro de estas veredas, se encuentran aproximadamente 14 familias (2,5 personas/familia en promedio) que se dedican a tostar el cacao de manera artesanal, basadas en la experiencia y el saber popular transmitido a través de las generaciones, es decir, sin estandarización de variables como el tiempo, temperatura, instrumentos de medición, tecnología y sin la medición de los resultados obtenidos en las etapas previas a esta etapa (fermentación y secado).

Estas veredas no cuentan con los servicios públicos domiciliarios (acueducto, alcantarillado, aseo, energía, gas combustible y telefonía), su suministro de agua proviene principalmente de nacimientos de la montaña y se destaca que sólo cuentan con un centro educativo el cual ofrece servicios desde kínder hasta primaria (Javeriana, 2019c).

Demográficamente se evaluaron 27 familias de las veredas Alto y Medio Guapaya (n=69 personas) de las cuales, a nivel geográfico, 57 personas se encontraban en Alto Guapaya y 12 en Medio Guapaya; el 47% fueron hombres y 52% mujeres (Javeriana, 2019c) (ver Tabla No. 8).

Con respecto al nivel educativo, el informe de Javeriana (2019b) reportó que el 27% de la población evaluada no culminó los estudios de primaria básica, el 8,2% nunca ha estudiado en un colegio, el 14% ha terminado el bachillerato y únicamente el 11,6% ha continuado su formación ya sea técnica, tecnológica o profesional. Esto se ve directamente relacionado con la tasa de analfabetismo de los adultos y adolescentes, pues el 8% de las personas que fueron evaluadas no saben leer y escribir, el 9% no sabe leer y el 13% no sabe escribir (Javeriana, 2019c).

Con relación al nivel de ingresos económicos mensuales, se reporta que el 69% de los adultos recibe menos de 1 salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV), el 10% recibe entre 1 y 2 SMMLV y el 21% de los adultos no tienen ingresos, lo cual puede ser un factor para el acceso de los alimentos (Javeriana, 2019c). La mayoría de las personas evaluadas (32%) se ocupan en labores del campo, bien sea en su propiedad o como jornalero en otras propiedades (ver Anexo 8).

**Tabla 10** Características demográficas de la población de las Veredas Alto y Media Guapaya

Grupo etáreo	Cantidad Hombres	Hombres (%)	Cantidad Mujeres	Mujeres (%)	Total	Total (%)
< de 5 años	2	2,9	6	8,7	8	11,6
5 a 17 años	6	8,7	11	15,9	17	24,6
18 a 64 años	24	34,8	19	27,5	43	62,3
> 65 años	1	1,4	0	0,0	1	1,4

Fuente: Adaptado de (Javeriana, 2019c).

### 6.2.2 Intención de sentido para la transferencia social de conocimiento

Generar motivación hacia el cambio de la práctica en el manejo del tostado del grano en la comunidad cacaotera, por medio de un material informativo de tipo pedagógico acerca de las adecuadas prácticas durante las etapas del procesamiento del grano de cacao, haciendo énfasis en la etapa del tostado.

### **6.2.3 Tipo de material informativo**

La presente investigación permitió la construcción de un prototipo de material informativo tipo pedagógico incluido en la caja de herramientas, mencionada en la sección 5.2.2.3, pues permite espacios de interacción de la comunidad con la publicación, es decir, el material informativo.

### **6.2.4 Diseño del material informativo guiado**

El juego de mesa llamado ¡Avancemos con el cacao!, está estructurado de manera que integra las etapas de cosecha, fermentación, secado, tostado y molienda gruesa (ver Anexo 9), haciendo énfasis en la etapa de tostado. Dentro de la caja del juego se encuentra el siguiente contenido: la bienvenida, reglas del juego, tablero, fichas, tarjetas informativas y tarjetas de anécdotas.

Esta estructura fue llevada a un prototipo (ver Anexo 10) que, de aprobarse, se entregará a la comunidad de la vereda Alto Guapaya, Meta.

#### **6.2.4.1 Contenido de la caja del juego**

##### **Bienvenida**

Esta sección es crucial, pues pone en contexto a los participantes, explicándoles la importancia de conocer y poner en práctica las variables determinantes durante el procesamiento del cacao, haciendo énfasis en la etapa del tostado. A continuación, se muestra el producto:

“Bienvenidos a ¡Avancemos con el cacao!, su juego de mesa para el mejoramiento del proceso de tostado del cacao.

A través de este juego, con su participación y la de otras personas de la comunidad, se compartirán conocimientos, experiencias e ideas novedosas relacionadas con el procesamiento del cacao y, en especial de la etapa de tostado. Independientemente de las veces que lo juegue, siempre aprenderá, porque permanentemente estamos acumulando conocimiento.

Lo invitamos a disfrutarlo.”

##### **Instrucciones del juego**

Inicialmente, se organizarán hasta 6 parejas compuestas por una persona que haya tostado cacao de manera empírica y otra persona de la comunidad que desee conocer o empezar el procesamiento o en sí, la etapa de tostado del cacao. Una de las personas seleccionadas por el grupo, lee las instrucciones y reglas del juego (ver Anexo 10) en voz alta. Posteriormente, se comparten y resuelven las inquietudes sobre las mismas si las hay. Finalmente, se inicia el juego de acuerdo con las indicaciones dadas:

**Número de jugadores:** se deben organizar en parejas, mínimo dos y máximo seis. Las parejas están compuestas por una persona perteneciente a una familia con vocación cacaotera y otra persona que quisiera empezar a procesar el cacao (ver Anexo 11).

**Se necesita:** un tablero de juego, una ficha de diferente color para cada par de jugadores, un dado, lápiz y papel (ver Anexo 10).

**Reglas del juego** (ver Anexo 10).

**a.** Para comenzar, todas las parejas deben tirar una vez el dado. La pareja que saque más puntuación será la primera en empezar la partida. Continuará el que esté a su izquierda y así sucesivamente.

**b.** El juego consiste en mover la ficha desde la casilla 1 hasta la 64. Deben avanzar tantos puestos como puntos salgan al tirar el dado.

**c.** Pero ¡cuidado!, si caen en el inicio de una flecha roja deben bajar hasta su cola. Las flechas rojas sólo bajan, nunca suben.

**d.** Pero pueden tener suerte. Si caen en una casilla que señale el inicio de una flecha verde, sube hasta el final de

la escalera. Tomen la carta marcada con el símbolo (!) y el número de la casilla y léela en voz alta. Las flechas verdes sólo suben, nunca bajan.

**e.** Encontrarán también estos símbolos **XY** en algunas casillas: esto significa que deberán tomar una carta marcada con dicho símbolo y responder a la pregunta, después seleccionarán a un jugador de otro equipo para que también la responda.

**f.** Al llegar a una casilla con el símbolo **Z**, debe tomar la carta con el mismo símbolo y leer la instrucción. En el papel, escriban el nombre de su equipo y anote la puntuación que obtuvo. ¡¡La idea es no sumar muchos puntos!!

**f.** Gana la pareja que al llegar a la meta (número 64), haya tenido menos penalizaciones.

### **Contenido de las tarjetas informativas**

En las tarjetas informativas se registra textual y gráficamente información relevante de cada una de las etapas de procesamiento del grano de cacao, haciendo énfasis en la etapa del tostado como se muestra a continuación:

#### Etapa de cosecha:

- La cosecha debe hacerse cuando se detecte la presencia de varios frutos con un grado de madurez aproximadamente igual y cuando dentro de la mazorca, los granos estén con la baba de color blanco cremoso.

#### Etapa de fermentación:

- La fermentación puede hacerse en sacos de yute, pero se recomienda hacerlo en cajas de madera, pues este material mantiene el calor. Puede tapar estas cajas con los mismos sacos o con hojas de plátano.

- Para verificar que está haciendo bien la etapa de fermentación, debe revisar durante las primeras 12 a 24 horas que la temperatura esté entre 35 a 40 °C. Los siguientes 5 días, la temperatura no debe bajar de 50 °C.

- Para verificar que está haciendo bien la etapa de fermentación, debe revisar después de 2 días (48 horas) que la baba haya pasado de ser blanca cremosa a un tono violeta.

#### Etapa de secado:

- El secado al sol debe durar 3 días en total. Cada 24 horas debe “rastrillar” el cacao con el fin de que no se peguen entre sí, que queden sueltos.

- Esparza el cacao en una superficie limpia, puede dejar como máximo una capa de 10 cm de grosor. Revise que no haya fuentes de contaminación, por ejemplo, que no pasen mascotas u otros animales sobre el extendido del cacao.

- Para verificar que está haciendo bien la etapa de secado, todos los días a la misma hora, debe mirar el color del grano. Recuerde que al finalizar la fermentación, la baba debe tornar de color. Con el paso de los días con el secado, el color se pone más oscuro.

#### Etapa de tostado:

- El aroma característico del cacao proviene del contenido final de un compuesto químico del grano, el cual pueden disminuir si no aplica correctamente la temperatura y el tiempo de tostado.

- No es deseable que el grano presente acidez después del tostado, lo cual se evita aplicando la temperatura correcta.

- El manejo no controlado de la etapa de tostado, especialmente de la temperatura y humedad, puede llevar a la producción de sustancias nocivas para la salud.

- El manejo adecuado del grano de cacao durante el proceso de tostado tiene efectos positivos, a través del consumo de derivados como el chocolate en la salud de las personas, los cuales pueden proteger el sistema circulatorio, por ejemplo.

- La variedad de cacao influye en las características del grano de cacao durante el proceso de tostado

¿Conoce la o las variedades de cacao que se cultivan en su región?

- ¿Sabía que el cacao contiene sustancias que pueden influir positivamente en el estado de ánimo del consumidor de los productos derivados?

- El color del grano cacao después del tostado es una de las características más importantes a la hora ~~de~~

comercializarlo pues es un parámetro relacionado directamente con la calidad.

- En la etapa del tostado se reduce el contenido de la humedad y se producen las propiedades características deseables, por ejemplo, el aroma y sabor.
- ¿Sabía que el uso de granos de cacao sin tostar para fabricar productos derivados conducirá a un sabor amargo desagradable?, por lo tanto, realizar adecuadamente esta etapa le dará reconocimiento y ventaja entre otras personas que procesen cacao.
- ¿Sabía que existen otros métodos de tostado no convencionales como el uso de vapor sobrecalentado? Si es así, ¿conoce alguna de sus características?

#### Etapa de molienda gruesa:

- Una vez tostados los granos de cacao se les quita la testa o cascarilla para dejar el grano al desnudo. La molienda, se puede hacer manualmente, dando como resultado que los granos se vuelvan trozos pequeños, también llamados nibs.

#### **Contenido de las tarjetas anécdotas**

- Cuénteles a sus compañeros qué entiende por “fermentación” del grano de cacao.
- Cuénteles a sus compañeros qué entiende por “secado” del grano de cacao.
- Cuénteles a sus compañeros qué entiende por “tostado” del grano de cacao.
- ¿Por cuánto tiempo (minutos, horas, días, semanas) creen que debe fermentarse el grano de cacao? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Por cuánto tiempo (minutos, horas, días, semanas) creen que debe secarse el grano de cacao? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Por cuánto tiempo (minutos, horas, días, semanas) creen que debe tostarse el grano de cacao? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿A qué temperatura cree que debe tostarse el grano de cacao? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Cómo sabe que ya ha terminado el tostado del grano de cacao? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Alguna vez se le ha quemado el cacao durante el tostado? ¿Cómo se ve, a qué sabe? ¿Qué hace con él? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Qué medios utilizan para estimar que la temperatura de tostado es la adecuada? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- ¿Alguna vez se ha pasado en tiempo de fermentación del grano de cacao? ¿Cómo se ve?, ¿a qué sabe?, ¿A qué huele? ¿Qué hace con el grano? Comparta su respuesta y pregúntele a su compañero de la derecha.
- Durante la cosecha ¿cómo elige los granos que va a procesar? ¿qué tiene en cuenta?
- De la cantidad de cacao que cosecha, ¿cuánto cacao llega al final de cada una de las etapas? ¿Ha identificado las posibles causas de las pérdidas?

#### **Contenido de las tarjetas retos**

- Diga 5 alimentos que empiecen por la letra F en 20 segundos.
- De atrás para adelante, diga las etapas del procesamiento del grano de cacao.
- Haga una copla que tenga la palabra cacao.
- Diga 5 alimentos que empiecen por la letra R en 20 segundos.
- Diga por lo menos 3 productos derivados del cacao.
- ¿Cuál es el color de la pulpa de cacao antes del proceso de fermentación?
- ¿Cuál es el día internacional del cacao y el chocolate?
- Diga 5 animales que empiecen por la letra R en 20 segundos.
- ¿Cuáles alimentos son los que aportan más nutrientes para el crecimiento de los niños?
- Diga 5 productos que están creciendo en la huerta comunitaria.
- Diga cómo se hace el compost.

- Diga 5 países que usted cree que consumen más productos derivados del cacao.

### Contenido de las tarjetas avance

- La cosecha se debe realizar cuando las mazorcas están en buenas condiciones de madurez, esto se puede apreciar por los colores que presentan, pues las de color verde se tornan amarillas, las de color rojo se tornan anaranjadas y otras cambian a amarillo anaranjado fuerte o pálido.

- La fermentación debe durar 6 días en total. Cada 2 días (48 horas) se deben hacer los volteos (en total 3), es decir, remover, llevar la masa de un lado a otro con el fin que le entre oxígeno al cacao y disminuir la acidez.

- Para verificar que está haciendo bien la etapa de secado, debe escucharse al final de la etapa (tercer día) un crujido debido a la entrada de oxígeno al grano. Esto también le indicará que la humedad del grano se encuentra dentro de los parámetros para seguir con la etapa de tostado.

- El tostado es la operación tecnológica más importante en el procesamiento del cacao en grano. El grado de cambios internos del grano de cacao depende de la temperatura aplicada durante el proceso. Tostar a 110 °C durante 40 minutos produce un sabor y aroma deseable y menor sabor agrio.

### Fichas de verificación

Este componente de la caja del juego es sumamente importante, pues permite hacer una retroalimentación del aprendizaje del juego para los participantes y además, conocer la pertinencia de efectuar ajustes al juego para una mayor comprensión. A continuación (Tabla 9) se muestra la estructura de la ficha mencionada:

<b>Tabla 11</b> Ficha de validación del juego ¡Avancemos con el cacao!					
Por favor responda las siguientes preguntas. Marque una X sobre el número que más se adapte a su respuesta, donde 1 es la puntuación más baja y 5 la más alta.					
a. ¿Fue fácil entender las reglas del juego?	1	2	3	4	5
b. ¿Logró captar su atención el juego?	1	2	3	4	5
c. ¿Qué tanto aprendió del procesamiento del cacao?	1	2	3	4	5
d. ¿Le parece útil la información para ser aplicada en el procesamiento del cacao?	1	2	3	4	5
e. ¿Volvería a jugarlo y lo recomendaría?	1	2	3	4	5

**Tabla 11. Ficha de validación del juego. Fuente: Elaboración propia.**

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se seleccionaron dos metodologías de tostado (convencional y vapor sobrecalentado) y para cada una, se obtuvo la información reportada en la bibliografía sobre los cambios físicos, químicos y organolépticos del grano de cacao con las variables de temperatura, tiempo, humedad relativa y velocidad del aire, por ser estas las más frecuentemente analizadas al interior de los diferentes artículos. Es importante mencionar que la variedad del cacao influye en los resultados obtenidos en los estudios, pero la misma no fue incluida en todos ellos (ver Tablas 10 y 11).

Por un lado, en relación con el tostado convencional, se analizaron los cambios en el contenido de agua, grasa, acidez total y acidez volátil. El contenido de agua en el grano de cacao crudo (fermentado y seco) es de 5,20%, presentando una disminución similar (1,97% a 2,01%) en relación las temperaturas usadas para el tostado (140 y 135 °C, respectivamente) (W. Krysiak, 2011), considerándose como parámetro óptimo para el contenido de

agua el 2,01% *p/p* pues, se espera que al finalizar la etapa de tostado, este parámetro se encuentre alrededor de 2% *p/p* (Oracz & Nebesny, 2014). El contenido de grasa en el grano de cacao crudo es de 59,04 %*p/p* en masa seca, el cual cuando es sometido a la etapa de tostado bajo condiciones de temperatura de 135 °C, desciende a 56,20%*p/p*, siendo esta la condición ideal pues, al usar temperaturas mayores la cantidad del componente graso disminuye lo cual no es deseable pues en los productos derivados como el chocolate, este compuesto es responsable del sabor y debe encontrarse en altas cantidades (W. Krysiak, 2011).

La condición óptima de acidez total y acidez volátil, se obtiene al usar la misma (135 °C) que se aplicó para obtener las de agua y contenido de grasa, pues temperaturas mayores inducen a un incremento en el contenido de estos parámetros (acidez total y volátil) lo cual no es deseable.

Bajo este mismo método de tostado (convencional), se analizó también el contenido de aminas biogénicas, en donde se determinó que la concentración de estos compuestos se ve afectada en función de la temperatura y la humedad relativa, además de la variedad del grano de cacao. En el grano de cacao crudo tipo forastero, el contenido total aminas biogénicas es de 2,66 mg/kg, el cual aumenta con la temperatura (4,42 mg/kg a 110 °C y 8,03 mg/kg a 150 °C), mientras en el cacao crudo de tipo trinitario, el contenido total es de 5,21 mg/kg, reflejando el impacto en el incremento a raíz el procesamiento térmico (8,64 mg/kg a 110 °C y 19,47 mg/kg a 150 °C) (Oracz & Nebesny, 2014). Considerando los efectos adversos que producen las altas concentraciones de aminas biogénicas en el organismo, se considera como la condición ideal de tostado la aplicación de una temperatura de 110 °C y humedad relativa de 0,3%.

Es favorable que el contenido de flavonoles (epicatequina y catequina) disminuya lo menos posible durante el tostado por método convencional, por sus efectos benéficos en el organismo (actividad antiinflamatoria, anti-aterosclerótica, modulación de la función inmune y presión arterial y activación plaquetaria). Esto se obtiene con temperatura de 145 °C durante 18 minutos (Ioannone et al., 2015). Las proantocianidinas y antocianinas son las responsables de los efectos antioxidantes, razón por la cual también es conveniente mantener su concentración lo cual se obtiene bajo la misma condición de tostado.

Sumado a esto, la variedad del grano (forastero de Brasil y trinitario de Venezuela) de cacao también ha demostrado tener una influencia en cuanto al cambio en el contenido de los flavonoles y antocianinas (Oracz et al., 2015). El contenido total en la variedad forastero tostado bajo condiciones de T = 110 °C, RH = 0,3%, aumentó (15,11 mg/g) respecto a la variedad de trinitario bajo las mismas condiciones (11,97 mg/g), mientras que cuando las condiciones de tostado fueron T = 150 °C, RH = 5,0%, disminuyeron ambos en comparación con la primera condición (10,53 mg/g y 7,11 mg/g, para la variedad de forastero y trinitario respectivamente) (Oracz et al., 2015).

La epicatequina, metilxantinas y salsolinol, además de las propiedades sensoriales del grano de cacao tostado por método convencional, se han relacionado con el cambio de estado de ánimo en el consumidor (Tuentner et al., 2018). Tostar granos de cacao fermentados y secos a 130 °C por 30 minutos, no afecta la concentración de epicatequina, procianidina B2 y metilxantinas, siendo esto benéfico para el consumidor. Además, los posibles compuestos que mejoran el estado de ánimo, como la triptamina, la serotonina (aminas biogénicas) y el salsolinol (alcaloide simple de tetrahidroisoquinolina), aumentaron al tostar a 130 °C durante 30 minutos (Lemarcq et al., 2020), lo cual también es considerado ideal.

En relación con la variación de la composición tras la etapa del tostado en cuanto a lípidos, proteínas y carbohidratos, se reporta en la literatura científica revisada la importancia que tiene su interacción en las propiedades organolépticas del grano relacionadas con el color y textura (dureza y fragilidad). En este sentido, el contenido total de carbohidratos y proteínas en las tres variedades del cacao disminuyó gradualmente a medida que la temperatura de tostado aumentaba (de 110 a 150 °C) en un 0,3 – 19,9% y un 3,7 – 21,7% del contenido inicial, respectivamente. Se determina que al tostar el cacao de manera convencional a 150 °C con

humedad relativa de 0,3%, se produce una mayor formación de moléculas HMW derivadas de la reacción de Maillard, la melanoidina, responsable del color café característico y la textura de los granos de cacao (Oracz & Nebesny, 2019). Para profundizar en el conocimiento de los factores que afectan el color del grano de cacao durante el método de tostado convencional, se buscó en la literatura científica información relacionada sobre las condiciones de tostado a las que se debe someter el grano de cacao para lograr un nivel adecuado de pardeamiento, confirmándose que tostar a temperaturas mayores a 135 °C, es decir 140 – 150 °C y humedad relativa constante entre 0,3 y 0,8%, garantiza obtener el tono deseado del grano de cacao (Wieslawa Krysiak et al., 2013).

Por otro lado, en relación con el tostado por vapor sobrecalentado, se analizó su impacto en las propiedades antioxidantes fenólicas, estableciendo que aproximadamente el 70% de los compuestos fenólicos y la mayoría de las propiedades antioxidantes del grano de cacao, se destruyen durante el tostado convencional debido al calentamiento prolongado [temperatura menor a 145 °C y tiempo mayor de 18 minutos (Ioannone et al., 20)], mientras que, por el método de vapor sobrecalentado, la menor pérdida fue a 150 °C durante 10 min (Zzaman et al., 2014), sin embargo, no reportó el valor cuantitativo ideal de los flavonoles.

Bajo este mismo método de tostado (uso de vapor sobrecalentado), se analizaron los cambios respecto a la humedad, color y textura. En relación con el parámetro de la humedad, se confirmó lo observado por el método convencional, es decir, a medida que aumenta el tiempo y la temperatura, su contenido se redujo (Zzaman & Yang, 2014), encontrándose que la condición ideal bajo este método de tostado es el uso de una temperatura de 200 °C y un tiempo de 20 minutos. En la evaluación de los aspectos relacionados con el color, se observaron tres parámetros ( $L^*$  correspondiente al espectro entre claro y oscuro,  $a^*$  al de verde a rojo y,  $b^*$  al de azul a amarillo). Se encontró un comportamiento individual en relación con la exposición a la temperatura y el tiempo, de tal forma que la mayor variación para el criterio  $L^*$  (11 a 40), se presentó con una temperatura de 150°C y 50 minutos de exposición, para  $a^*$ , la mayor variación se presentó cuando la temperatura fue de 250°C (3 a 19) y se presentó también a los 50 minutos, observándose un comportamiento similar para  $b^*$  (3 a 22) (Zzaman & Yang, 2014). La textura (dureza y fragilidad), varía en función de la temperatura, disminuyendo para los dos (13N – 4N y 9,5N – 4N, respectivamente) (Zzaman & Yang, 2014).

Las variaciones en el sabor bajo las condiciones de tostado por método de vapor sobrecalentado, están relacionadas con la concentración de los productos derivados de la reacción de Maillard, como la pirazina, en relación con el aumento de la temperatura, aunque en un menor tiempo comparado con el método tostado convencional (Zzaman et al., 2017).

El método de tostado con vapor sobrecalentado logra las condiciones de tostado óptimas en poco tiempo, por lo tanto, la calidad de los granos de cacao se puede mejorar utilizando este método durante el proceso de tostado (Zzaman et al., 2017). Sin embargo, este método (vapor sobrecalentado) por ahora no puede ser llevado a la práctica debido a la distancia entre la realidad actual de la comunidad de la vereda de Alto Guapaya y los recursos requeridos para su implementación.

Para la elaboración de la estrategia de transferencia social de conocimiento, se caracterizó a la población beneficiaria, en este caso, la comunidad de la vereda de Alto Guapaya en el municipio de Vista hermosa. Se encontró que alrededor del 9% de la población total de las veredas (390 personas en Alto y Medio Guapaya), tiene vocación cacaotera enfocada en la etapa del tostado del grano de cacao, lo cual puede ser beneficioso para la futura implementación del material informativo propuesto.

Sumado a esto, se encontró que sólo el 11,6% de la población ha continuado su formación ya sea técnica, tecnológica o profesional y que el 8% no sabe leer

ni escribir (Javeriana, 2019c), lo cual implica la necesidad de trasladar el contenido técnico resultado de la revisión de la literatura a un material informativo ameno, útil y de fácil comprensión para la comunidad.

Teniendo en cuenta la información sobre la caracterización de la población, este trabajo de grado participó en la construcción de un prototipo de material informativo tipo pedagógico incluido en la caja de herramientas del PPU, pues permite espacios de interacción de la comunidad con el material informativo. El material informativo, es todo recurso que informa, comunica y con el cual se adquieren conocimientos que permiten ampliar o precisar los que poseen sobre un tema determinado (Herrera Peña et al., 2005).

Seleccionar un material informativo de tipo pedagógico, permite a los participantes revisar o repetir el contenido tantas veces como les sea necesario debido a su perdurabilidad. Además, permite que cada persona adecue su ritmo de aprendizaje según sus habilidades e intereses, ya que su uso no exige de un equipo diferente al propio material informativo, lo cual permite que sea usado en cualquier lugar.

## **8. CONCLUSIONES**

El presente trabajo analiza los resultados obtenidos por diferentes autores sobre dos métodos de tostado de cacao: convencional y por vapor sobrecalentado. Teniendo en cuenta que los diferentes estudios aplican diferentes metodologías, condiciones para el tostado (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, tiempo y variedad de cacao) y analizan parámetros diversos, se concluyó:

- Para obtener las características deseadas del grano de cacao tostado (en cuanto a color, textura, humedad, concentración de aminos biogénicos y compuestos fenólicos), la literatura reporta que la temperatura de tostado por método convencional debe oscilar entre 110 y 145 °C. Sin embargo, para dejar un aporte en concreto a la comunidad de la vereda de Alto Guapaya, es necesario realizar verificaciones experimentales de acuerdo con la variedad de cacao con que se cuenta en la zona dado que la composición varía y esto determina directamente el comportamiento de las propiedades termofísicas del grano, por ejemplo, la humedad condiciona la conductividad.
- La literatura reporta que el tiempo de tostado por método convencional estará determinado en función de la humedad, es decir, hasta que el contenido final de agua sea del 2%. Sin embargo, en relación con el método de tostado por vapor sobrecalentado se reportaron tiempos menores (10 min) de proceso debido a las altas temperaturas utilizadas (150 a 250 °C) ayudando a que esta etapa pueda ser más eficiente en términos de producción.
- En relación con el material informativo de tipo pedagógico se concluye que la utilización de este tipo de material permite la transferencia de conocimiento a la comunidad actual de la vereda de Alto Guapaya y que además, será una herramienta que podrá implementarse a futuras generaciones debido a su perdurabilidad. Sumado a esto, el material informativo posibilita la apropiación del conocimiento debido a que se trasladó la información técnica reportada en la literatura a un lenguaje sencillo adaptándose a las condiciones sociodemográficas de la comunidad permitiendo que cada persona adecue su ritmo de aprendizaje según sus habilidades e intereses y que la información sea reproducible pudiendo desarrollar adecuadamente el potencial agroindustrial de sus plantaciones de cacao.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se sugieren las siguientes recomendaciones:

Al momento de implementar el material informativo para la apropiación social del conocimiento desarrollado en este trabajo, se profundice más en las etapas previas al tostado con el fin de contribuir integralmente a la transferencia social de conocimiento sobre el procesamiento del grano de cacao. De la misma manera, se sugiere validar directamente el material informativo con la comunidad y de ser necesario, proceder a los posibles ajustes para aplicaciones futuras.

Contribuir al desarrollo tecnológico de la comunidad mediante acompañamiento técnico para la construcción de la infraestructura básica para el procesamiento del cacao, con base en los parámetros y condiciones identificados a través de esta investigación como ideales para la obtención de granos de cacao procesados.

Se recomienda que se caracterice la variedad de cacao con la que la comunidad cuenta, con el fin de transmitir información acorde a su realidad. De la misma manera, tener conocimiento de las condiciones y metodologías empleadas por parte de la comunidad de Alto Guapaya para el desarrollo de las etapas previas del tostado, pues el manejo incorrecto de variables determinantes en dichas etapas condiciona la etapa del tostado y por ende, la calidad de los productos derivados.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- ACDI/VOCA. (2018). *El cacao como alternativa de reconciliación – ACDI/VOCA*.  
<http://www.acdivoca.org.co/el-cacao-como-alternativa-de-reconciliacion/>
- Acosta, R. (2001). *Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de cumboto, aragua*. Agronomía Tropical. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2003000200002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000200002)
- Adeyeye, E. I., Akinyeye, R. O., Ogunlade, I., Olaofe, O., & Boluwade, J. O. (2010). Effect of farm and industrial processing on the amino acid profile of cocoa beans. *Food Chemistry*, 118(2), 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.127>
- Administrative Boundaries SIGOT-IGAC, E. (2016). *Municipio de Vistahermosa, Departamento de Meta*. [https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/vistahermosa\\_meta\\_a3.pdf](https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/vistahermosa_meta_a3.pdf)
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–857. <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Alegría Vargas, E. A. (2015). *Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao (Theobroma cacao)*. Escuela Politécnica Nacional.
- Álvarez González, M. A., & Fernández, M. (2020). *Las aminos biógenas en los alimentos*. Agrocsic. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/57711/1/IPLA\\_AGROCSIC\\_2.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/57711/1/IPLA_AGROCSIC_2.pdf)
- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., Šubarić, D., Jokić, S., & Babić, J. (2019). The chemistry behind chocolate production. In *Molecules* (Vol. 24, Issue 17). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules24173163>
- Boge, E. L., Boylston, T. D., & Wilson, L. A. (2009). Effect of cultivar and roasting method on composition of roasted soybeans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(5), 821–826. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3519>
- Carvajal Gómez, J. P. (2019). *Narrativas autobiográficas como aproximación a la memoria de territorios impactados por el conflicto*.
- Chevaux, K. A., Jackson, L., Elena Villar, M., Mundt, J. A., Commisso, J. F., Adamson, G. E., McCullough, M. M., Schmitz, H. H., & Hollenberg, N. K. (2001). Proximate, mineral and procyanidin content of certain foods and beverages consumed by the Kuna Amerinds of Panama. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(6), 553–563. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1027>
- Connor, N. (2016). *Qué es la conducción - convección - radiación - definición*. <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-conduccion-conveccion-radiacion-definicion/>
- Crozier, S. J., Preston, A. G., Hurst, J. W., Payne, M. J., Mann, J., Hainly, L., & Miller, D. L. (2011). Cacao seeds are a “Super Fruit”: A comparative analysis of various fruit powders and products. *Chemistry Central Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-5>

- Cuatrecasas, J. (1964). *Cacao and Its Allies, a Taxonomic Revision of the Genus <I>Theobroma</I>*. <http://repository.si.edu/xmlui/handle/10088/27110>
- da Oliveira, C. S., Maciel, L. F., Miranda, M. S., & da Bispo, E. S. (2011). Phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in different cocoa samples from organic and conventional cultivation. *British Food Journal*, 113(9), 1094–1102. <https://doi.org/10.1108/00070701111174550>
- Diab, J., Hertz-Schünemann, R., Streibel, T., & Zimmermann, R. (2014). Online measurement of volatile organic compounds released during roasting of cocoa beans. *Food Research International*, 63, 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.047>
- Domínguez-Pérez, L. A., Concepción-Brindis, I., Lagunes-Gálvez, L. M., Barajas-Fernández, J., Márquez-Rocha, F. J., & García-Alamilla, P. (2019). Kinetic studies and moisture diffusivity during cocoa bean roasting. *Processes*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/pr7100770>
- Dreosti, I. E. (2000). Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. *Nutrition*, 16(7–8), 692–694. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00304-X](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00304-X)
- Fedecacao. (2020). *BOLETÍN DE PRENSA - Así quedó el ranking de producción de cacao en Colombia*. Bogotá. <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-04-23-20-00-33/1193-boletin-de-prensa-asi-queda-el-ranking-de-produccion-de-cacao-en-colombia>
- Feiner, G. (2016). Definitions. In *Salami* (pp. 39–55). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809598-0.00003-2>
- Giacometti, J., Jolić, S. M., & Josić, D. (2015). Cocoa Processing and Impact on Composition. In *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 605–612). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00073-1>
- González Muñoz, Y., Pérez, E., & Palomino, C. (2012). Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate. *Actualización En Nutrición*, 13(4). [https://www.researchgate.net/publication/236606348\\_Factores\\_que\\_inciden\\_en\\_la\\_calidad\\_sensorial\\_del\\_chocolate](https://www.researchgate.net/publication/236606348_Factores_que_inciden_en_la_calidad_sensorial_del_chocolate)
- Granvogl, M., Bugan, S., & Schieberle, P. (2006). Formation of amines and aldehydes from parent amino acids during thermal processing of cocoa and model systems: New insights into pathways of the strecker reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1730–1739. <https://doi.org/10.1021/jf0525939>
- Gray, D. (2017). *Updated Empathy Map Canvas*. XPLANE. <https://medium.com/the-xplane-collection/updated-empathy-map-canvas-46df22df3c8a>
- Gutiérrez, T. J. (2017). State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), 1313–1344. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12301>
- Herrera Peña, G., Carrera, J., Alvarado, R., Quan Mack, L. E., Castañeda, S. T., Rodríguez, B., Grajeda Godínez, K., Valle de Asturias, I., Kachler Solares, L., Arce Fallas, O., Quan, L., Muñoz de Alegría, R., & Quiñonez, L. (2005). *Material informativo para el programa de servicio comunitario y salud para la asociación de ayuda de niños Katori*.
- Hii, C. L., Law, C. L., Sharif, S., Misnawi, & Cloke, M. (2009). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(4), 702–722. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103303306>

- ICCO, I. C. O. (2016). *ICCO Panel recognizes 23 countries as fine and flavour cocoa exporters*. Londres. <https://www.icco.org/about-us/icco-news/319-icco-panel-recognizes-23-countries-as-fine-and-flavour-cocoa-exporters.html>
- Ioannone, F., Di Mattia, C. D., De Gregorio, M., Sergi, M., Serafini, M., & Sacchetti, G. (2015). Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (*Theobroma cacao* L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chemistry*, 174, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.019>
- Javeriana, P. U. (2019a). *Proyecto de Planeación Universitaria: Fortalecimiento de los Procesos Productivos, Seguridad Alimentaria y Nutricional y Habitabilidad de el Espacio Territorial de Capacitación y Reincorporación de Charras, San José del Guaviare*.
- Javeriana, P. U. (2019b). *Proyecto de Planeación Universitaria: Fortalecimiento de los procesos productivos, seguridad alimentaria y nutricional y habitabilidad de las comunidades de Asoagroguapaya en Vistahermosa, Meta. Actividades desarrolladas en Abril*.
- Javeriana, P. U. (2019c). *Proyecto de Planeación Universitaria: Fortalecimiento de los procesos productivos, seguridad alimentaria y nutricional y habitabilidad de las comunidades de ASOAGROGUAPAYA en Vistahermosa - Meta*.
- Javeriana, P. U. (2020). *Estrategia de socialización de resultados: Proyecto de planeación universitaria "Alimento, Vida y Hábitat", y, Proyecto de planeación universitaria "Proyecto javeriano de paz y reconciliación"*.
- Kern, D. . (1999). *Procesos de transferencia de calor*. (CECSA).
- Krelowska –Kulas M. (1993). *Determination of quality of food products*. 272–274.
- Krysiak, W. (2011). Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas y Aceites*, 62(4), 467–478. <https://doi.org/10.3989/gya.114910>
- Krysiak, Wiesława, Adamski, R., & Zyzelewicz, D. (2013). Factors Affecting the Color of Roasted Cocoa Bean. *Journal of Food Quality*, 36(1), 21–31. <https://doi.org/10.1111/jfq.12009>
- Leal Molina, L. P., Camargo, C., Fernando, C., Carlos, V. /, & Mosquera, A. (2016). *Módulo contenido digitales: Relatos digitales en clave de paz*. [https://mincultura.gov.co/areas/comunicaciones/fortalecimientodelaradiocomunitariaypublica/diplomadoseñalesdepaz/documents/modulo\\_contenidodigital.pdf](https://mincultura.gov.co/areas/comunicaciones/fortalecimientodelaradiocomunitariaypublica/diplomadoseñalesdepaz/documents/modulo_contenidodigital.pdf)
- Lemarcq, V., Tuentner, E., Bondarenko, A., Van de Walle, D., De Vuyst, L., Pieters, L., Sioriki, E., & Dewettinck, K. (2020). Roasting-induced changes in cocoa beans with respect to the mood pyramid. *Food Chemistry*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127467>
- Liendo, R., Padilla, F., & Quintana, A. (2006). *Characterization of cocoa butter extracted from hybrid cultivars of Theobroma cacao L. Venezuela*. Food Research of Technology. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222000000200015&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222000000200015&script=sci_abstract&tlng=en)
- Lin, S., Huff, H. E., & Hsieh, F. (2000). Texture and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture. *Journal of Food Science*, 65(2), 264–269. <https://tmu.pure.elsevier.com/en/publications/texture-and-chemical-characteristics-of-soy-protein-meat-analog-e>

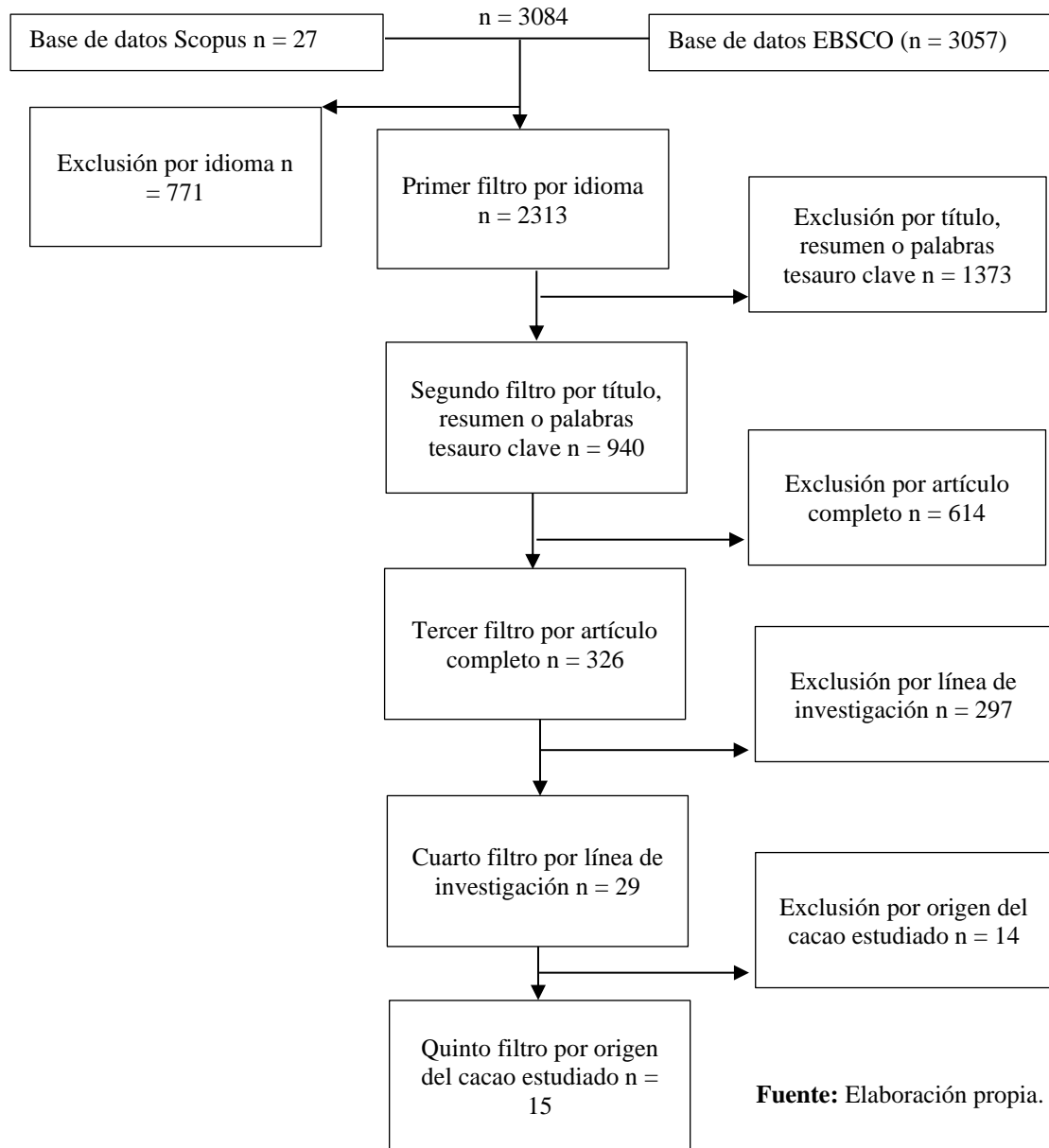
- Lund, M. N., & Ray, C. A. (2017). Control of Maillard Reactions in Foods: Strategies and Chemical Mechanisms. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 65, Issue 23, pp. 4537–4552). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00882>
- Miller, K. B., Stuart, D. A., Smith, N. L., Lee, C. Y., Mchale, N. L., Flanagan, J. A., Boxin, O. U., & Hurst, W. J. (2006). Antioxidant activity and polyphenol and procyanidin contents of selected commercially available cocoa-containing and chocolate products in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4062–4068. <https://doi.org/10.1021/jf060290o>
- Ministerio de la Protección Social. (2011). *Resolución 1511*. [https://icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minproteccion\\_1511\\_2011.htm#:~:text=Por la cual se establece,exporte en el territorio nacional.](https://icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minproteccion_1511_2011.htm#:~:text=Por la cual se establece,exporte en el territorio nacional.)
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>
- Oliviero, T., Capuano, E., Cämmerer, B., & Fogliano, V. (2009). Influence of roasting on the antioxidant activity and HMF formation of a cocoa bean model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 147–152. <https://doi.org/10.1021/jf802250j>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2014). Influence of roasting conditions on the biogenic amine content in cocoa beans of different Theobroma cacao cultivars. *Food Research International*, 55, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.032>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2016). Antioxidant Properties of Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.): Influence of Cultivar and Roasting Conditions. *International Journal of Food Properties*, 19(6), 1242–1258. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1071840>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2019). Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from cocoa beans of different *Theobroma cacao* L. groups. *European Food Research and Technology*, 245(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3144-y>
- Oracz, J., Nebesny, E., & Żyżelewicz, D. (2015). Changes in the flavan-3-ols, anthocyanins, and flavanols composition of cocoa beans of different *Theobroma cacao* L. groups affected by roasting conditions. *European Food Research and Technology*, 241(5), 663–681. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2494-y>
- Ortega, N., Romero, M. P., Macià, A., Reguant, J., Anglès, N., Morelló, J. R., & Motilva, M. J. (2010). Comparative study of UPLC-MS/MS and HPLC-MS/MS to determine procyanidins and alkaloids in cocoa samples. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(3), 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.10.005>
- Othman, A., Ismail, A., Abdul Ghani, N., & Adenan, I. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry*, 100(4), 1523–1530. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.021>
- Perea Villamil, J. A., Ramirez, O. L., & Villamizar, A. R. (2011). *Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano*. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial. <https://web-b-ebshost-com.ezproxy.javeriana.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=1cc0060b-2c8c-460e-b943-8e3f5ee325a3%40pdc-v-sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=62393994>
- Pérez -Reyes, M. E., & Sosa -Morales, M. E. (2013). *Mecanismos de transferencia de calor que ocurren en tratamientos térmicos de alimentos*.

- Qin, X. W., Lai, J. X., Tan, L. H., Hao, C. Y., Li, F. P., He, S. Z., & Song, Y. H. (2017). Characterization of volatile compounds in Criollo, Forastero, and Trinitario cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.) in China. *International Journal of Food Properties*, 20(10), 2261–2275. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1236270>
- Robbins, P. T., & Fryer, P. J. (2003). The spouted-bed roasting of barley: Development of a predictive model for moisture and temperature. *Journal of Food Engineering*, 59(2–3), 199–208. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00459-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00459-4)
- Rodriguez-Medina, C., Arana, A. C., Sounigo, O., Argout, X., Alvarado, G. A., & Yockteng, R. (2019). Cacao breeding in Colombia, past, present and future. In *Breeding Science* (Vol. 69, Issue 3, pp. 373–382). Japanese Society of Breeding. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19011>
- Saklar, S., Urgan, S., & Katnas, S. (2003). Microstructural changes in hazelnuts during roasting. *Food Research International*, 36(1), 19–23. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00103-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00103-5)
- Sirbu, D., Corno, M., Ullrich, M. S., & Kuhnert, N. (2018). Characterization of triacylglycerols in unfermented cocoa beans by HPLC-ESI mass spectrometry. *Food Chemistry*, 254, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.194>
- Sirbu, D., Grimbs, A., Corno, M., Ullrich, M. S., & Kuhnert, N. (2018). Variation of triacylglycerol profiles in unfermented and dried fermented cocoa beans of different origins. *Food Research International*, 111, 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.025>
- Tan, J., & Kerr, W. L. (2018). Determining degree of roasting in cocoa beans by artificial neural network (ANN)-based electronic nose system and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(10), 3851–3859. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8901>
- Torres-Moreno, M., Torrecasana, E., Salas-Salvadó, J., & Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry*, 166, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.141>
- Tuenter, E., Foubert, K., & Pieters, L. (2018). Mood Components in Cocoa and Chocolate: The Mood Pyramid. In *Planta Medica* (Vol. 84, Issues 12–13, pp. 839–844). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/a-0588-5534>
- Van Durme, J., Ingels, I., & De Winne, A. (2016). Inline roasting hyphenated with gas chromatography-mass spectrometry as an innovative approach for assessment of cocoa fermentation quality and aroma formation potential. *Food Chemistry*, 205, 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.004>
- Van Wylen, G. ., Sonntag, R. ., & Borgnakke, C. (2000). *Fundamentos de termodinámica*. (Limusa, S.).
- Vincent, J. F. V. (2004). Application of fracture mechanics to the texture of food. *Engineering Failure Analysis*, 11(5), 695–704. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2003.11.003>

- Whitkus, R., De La Cruz, M., Mota-Bravo, L., & Gómez-Pompa, A. (1998). Genetic diversity and relationships of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern Mexico. *Theoretical and Applied Genetics*, 96(5), 621–627. <https://doi.org/10.1007/s001220050780>
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6), 423–447. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00068-5)
- Zahouli, G. I. B., Guehi, S. T., Fae, A., Ban-Koffi, L., & Nemlin, J. (2010). Effect of Drying Methods on the Chemical Quality Traits of Cocoa Raw Material. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(4), 184–190. [https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/zahouli2010postharvestdrying219kb.pdf](https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/zahouli2010postharvestdrying219kb.pdf)
- Ziegleder, G. (1991). Composition of flavor extracts of raw and roasted cocoas. *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung*, 192(6), 521–525. <https://doi.org/10.1007/BF01202506>
- Zzaman, W., Bhat, R., & Yang, T. A. (2014). Effect of superheated steam roasting on the phenolic antioxidant properties of cocoa beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1932–1938. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12166>
- Zzaman, W., Bhat, R., Yang, T. A., & Easa, A. M. (2017). Influences of superheated steam roasting on changes in sugar, amino acid and flavour active components of cocoa bean (*Theobroma cacao*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(13), 4429–4437. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8302>
- Zzaman, W., & Yang, T. A. (2013). Effect of Superheated Steam and Convection Roasting on Changes in Physical Properties of Cocoa Bean (*Theobroma cacao*). *Food Science and Technology Research*, 19(2), 181–186. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.181>
- Zzaman, W., & Yang, T. A. (2014). Moisture, color and texture changes in cocoa beans during superheated steam roasting. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1364–1370. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12098>

## 11. ANEXOS

**Anexo 1** Depuración de fuentes secundarias por criterios de inclusión y exclusión.



**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez realizada la búsqueda y selección de la información se obtuvo una muestra de 3084 artículos de los cuales 940 correspondían a la etapa de tostado del grano de cacao. A partir de este resultado se filtró la selección de acuerdo con la disponibilidad en línea de los artículos y con relación a la línea de investigación de las revistas donde fueron publicados, para un total de 29 artículos. Finalmente la búsqueda fue filtrada a partir del origen del cacao, es decir, de la zona geográfica de dónde provenía para realizar los experimentos, esto con el fin de aproximar los resultados de este trabajo de grado a la comunidad de la vereda de Alto Guapaya. Del total de estos artículos ( $n = 15$ ), el 53% estudió a la variedad forastero, seguido por la variedad trinitario (35%) y finalmente la variedad criollo (12%). Cabe resaltar que del total de los 15 artículos seleccionados, 8 reportaron resultados cuantitativos, razón por la cual fueron tenidos en cuenta en las tablas 8 y 9. Los 7 artículos restantes al dar información de tipo cualitativa fueron utilizados con el fin de comprender, estudiar y analizar los cambios fisicoquímicos en el grano de cacao tras la etapa de tostado.

## Anexo 2 Matriz de la sistematización de la información.

Categoría	Subcategoría	Año	Autores	Revista	Título	Abstract	Objetivo	Palabras clave del autor	Tipo de cacao empleado	Flujo de aire empleado	Temperatura empleada
Tipos de cacao	Cacao	2002	Motamayor, J. C. Ristenucci, A. M. Lopez, P. A. Ortiz, C. F. Moreno, A. Lanaud, C.	Heredity	Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas	El cacao criollo ( <i>Theobroma cacao</i> ssp. <i>Cacao</i> ) es de origen americano y se cultivaba en América Central en la época precolombina, habiendo sido introducido en Europa a inicios del siglo XVI; el artículo analiza la relación entre las variedades observadas en centro y sur américa, puntualmente Criollo y Forastero, con el fin de identificar su origen y base genética, así como la migración de sus ancestros en la geografía americana, concluyendo, a manera de sugerencia que lo individuos criollos antiguos originarios de centro américa son el tronco original de esta especie. Los resultados sugieren que los individuos criollos antiguos representan el grupo criollo original. Los resultados también implican que este grupo no representa subespecies separadas y que probablemente se originó a partir de unos pocos individuos en América del Sur que pueden haber sido diseminados por el hombre dentro de América Central.	"Este artículo describe nuestro trabajo sobre la estructura genética de Criollo, y sus relaciones genéticas con otras poblaciones de cacao, basadas en análisis moleculares de una gran muestra de Criollo de varios países de América Latina".	Criollo; Domestication; Genetic diversity; Microsatellites; RFLP; <i>Theobroma cacao</i> L.	Ancient Criollo, Modern Criollo, Trinitario, Lower Amazon Forastero, Orinoco Forastero, French Guiana Forastero, Upper Amazon Forastero and hybrids with at least one Upper Amazon Forastero parent.	NA	NA
		2008	Motamayor, Juan C. Lachenaud, Philippe da Silva e Mota, Jay Wallace Loor, Rey Kuhn, David N. Brown, J. Steven Schnell, Raymond J.	PLoS ONE	Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	En América Latina, las dificultades en la calidad del rotulado de las muestras de germoplasma de <i>Theobroma cacao</i> L., han limitado el estudio de esta especie; para mejorar la comprensión del origen la clasificación y la genotipificación 1241 muestras lo cual permitió identificar 106 marcadores microsatelitales y 10 grupos genéticos (a diferencia de los 2 tradicionalmente reconocidos)	Obtener una estructura de la diversidad genética dentro de la especie que contrasta fuertemente con el conocimiento actual en esta área.	NR	Forastero, criollo, trinitario	NA	NA
Composición química	Cacao	2015	Torres-Moreno, M. Torrescasana, E. Salas-Salvado, J. Blanch, C.	Food Chemistry	Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origins and processing conditions	Este artículo analiza la composición nutricional y perfil de ácidos grasos en el cacao (AG), de diferente origen geográfico, sujetos a diferentes condiciones de procesamiento. Se encontró que las variaciones en el contenido de AG en el cacao estuvieron relacionadas con el origen geográfico más que con las condiciones de procesamiento, mientras que en los chocolates, solo los carbohidratos y grasas sufrieron las mayores variaciones	El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido total de grasa y el perfil de ácidos grasos 104 de muestras de chocolate producidas con granos de cacao de diferente origen geográfico 105 y con diferentes condiciones de procesamiento para evaluar su valor nutricional.	Chocolate; Cocoa beans; Fatty acids profile; GC-MS; Total fat	Origen Ecuador y Ghana	NA	NA
		2013	Afoakwa, Emmanuel Obene Quao, Jennifer Takrama, Jenny Budu, Agnes Simpson Saulia, Firibu Kwesi	Journal of Food Science and Technology	Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation	Se analizaron los efectos del almacenamiento y la fermentación sobre la composición química (humedad, grasa cruda, proteína cruda, cenizas y contenido de carbohidratos) y las características físicas de los granos de cacao de Ghana, encontrando que la fermentación y el aumento del almacenamiento de las vainas dieron como resultado disminuciones significativas ( $P < 0.05$ ) en el contenido de cenizas (3.48-2.92%), proteínas (21.63-17.62%) y grasas (55.21-50.40%) de los frijoles, mientras que el contenido de carbohidratos aumentó de 15.47% a 24.93% con ambos tratamientos. Además, el aumento significativo del almacenamiento de las vainas y la fermentación ( $P < 0.05$ ) aumentó el contenido de cobre de los granos mientras se producían reducciones en Mg y K. Entre los minerales estudiados, el potasio fue el mineral más abundante seguido del magnesio, fósforo y calcio en los granos de cacao fermentados	Este trabajo investigó los efectos del almacenamiento de las mazorcas (como medio de precondicionamiento de la pulpa) y la fermentación sobre la composición química y las características de calidad física de los granos de cacao de Ghana.	Chemical composition; Fermentation; Forastero; Physical quality; Pod storage; <i>Theobroma cacao</i>	Forastero Criollo Trinitario	NA	NA
		2019	Isabel Hidalgo Alicia Ortiz María Sanchez-Pardo Leticia Garduño-Siciliano Marcela Hernández-Ortega Francisco Villarreal Eduardo Meaney Nayelli Najera Guillermo Manuel Ceballos	Journal of Medical Food	Obesity and Cardiovascular Risk Improvement Using Cacao By-Products in a Diet-Induced Obesity Murine Model	Se analiza y aplica el uso de los desechos del procesamiento del grano de cacao (cascarilla) en un modelo de obesidad inducida en murinos, encontrando efectos beneficiosos relacionados con disminución significativa del peso corporal en un 39%, la presión arterial sistólica en un 27%, los triglicéridos en un 55%, el colesterol total en un 24%, el colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad en un 37% y la relación triglicéridos / lipoproteínas de alta densidad en un 54%. Los subproductos del cacao mejoraron la función metabólica de los animales obesos, sin causar efectos secundarios.	"El objetivo del presente trabajo fue preparar y caracterizar productos utilizando subproductos del cacao y analizar sus efectos sobre marcadores de riesgo cardiometabólico alterados en un modelo de obesidad inducida por una dieta alta en grasas (HFD) y la ingestión de fructosa en ratas".	cacao subproducts; cardiometabolic risk; flavonoids; obesity	NR	NA	NA
		2011	Bertazzo, A. F. Agnolin, Comai, S. Zaccato, M. Costa, C.V.L. Seraglia, R. P. Tamk.	Rapid Communications in Mass Spectrometry	The protein profile of <i>Theobroma cacao</i> L. seeds as obtained by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry	Se analiza mediante espectrofotometría de masas la composición de proteína soluble de los frutos verdes, rojos y amarillos de <i>Theobroma cacao</i> L. encontrando que cantidades y tipos varían dependiendo de la diferente porción de la semilla (cáscara, parte apical y cortical); también se observaron las variaciones cuando las semillas se sometieron a fermentación y tostado.	"El objetivo del presente trabajo fue analizar el intacto proteínas solubles en agua por MALDI- ToF - MS y para investigar los posibles cambios en los perfiles de proteínas de porciones de semillas morfológicamente diferentes de tres variedades diferentes de semillas de <i>Theobroma cacao</i> ".	NR	Forastero Criollo Trinitario	NA	NA
		2017	Qin, Xiao-Wei Lai, Jian-Xiong Tan, Le-He Hao, Chao-Yun Li, Fu-Peng He, Shu-Zhen Song, Ying-Hui	International Journal of Food Properties.	Characterization of volatile compounds in Criollo, Forastero, and Trinitario cocoa seeds ( <i>Theobroma cacao</i> L.) in China.	Se revisó la composición volátil de 16 accesiones que cubren los grupos morfogenéticos de Cacao Criollo, Forastero y Trinitario. Las diferencias en los compuestos volátiles de los tres grupos morfogenéticos fueron esencialmente cuantitativas, y solo unos pocos compuestos se encontraron exclusivamente específicos de un determinado grupo, principalmente en Trinitario. Además, los compuestos volátiles se diferenciaron de estos grupos morfogenéticos, lo que reveló interacciones complejas entre ellos, incluida la participación en las mismas vías biosintéticas.	"investigue las diferencias en perfiles volátiles entre los grupos de granos de cacao Criollo, Forastero y Trinitario para evaluar la polimorfismo volátil de diferentes grupos morfogenéticos del cacao y así generar información de aroma para futuras aplicaciones de mejoramiento o biotecnología".	Bray-Curtis similarity Bray-Curtis similarity HS-SPME-GC-MS <i>Theobroma cacao</i> L. Volatiles	Forastero Criollo Trinitario	NA	NA

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Subcategoría	Año	Autores	Revista	Título	Abstract	Objetivo	Palabras clave del autor	Tipo de cacao empleado	Flujo de aire empleado	Temperatura empleada
Fermentación	Fermentación	2015	Kadow, Daniel Niemenak, Nicolas Rohn, Sascha Lieberei, Reinhard	Food Science & Technology	Fermentation-like incubation of cocoa seeds (Theobroma cacao L.) – Reconstruction and guidance of the fermentation process.	Las semillas de cacao frescas no desarrollan ningún sabor a chocolate durante la fabricación del chocolate porque no contienen los precursores necesarios. Estos últimos se forman solo durante el proceso de fermentación al que se someten las semillas, en la mayoría de los casos, la fermentación espontánea de la pulpa del fruto es degradada por levaduras y bacterias. Esta degradación produce calor y formación de ácidos orgánicos. El efecto del calor y la acidificación de los tejidos son los parámetros clave que guían la formación de precursores del sabor. En el presente estudio sometimos semillas frescas de cacao a tres tipos de incubación similar a la fermentación. Concluimos que el control del efecto calorífico y la acidez es la razón de estas características de calidad y que la aplicación de esta técnica puede permitir la estandarización y mecanización de la fermentación del cacao	Someter semillas de cacao frescas a incubaciones modelo a escala de laboratorio en condiciones de reacción controladas (es decir, calor, acidez, etc.) y en ausencia de microorganismos ("incubaciones similares a la fermentación"), para determinar la calidad del cacao crudo mediante un análisis de parámetros de calidad bioquímica.	Biochemical quality parameters Fermentation Fermentation-like incubation fdm fat free dry matter Raw cocoa Theobroma cacao	-	NA	NA
		2016	Hue, C. Gunata, Z. Breysse, A. Davieux, F. Boullanger, R. Sauvage, F.X	Food Chemistry	Impact of fermentation on nitrogenous compounds of cocoa beans (Theobroma cacao L.) from various origins.	Se procede a separar y cuantificar fracciones diferentes de compuestos nitrogenados, durante la fermentación del cacao, encontrando una fuerte correlación entre los aminoácidos y el nitrógeno amoniacal (marcador de fermentación) Se demostró la migración de algunos compuestos nitrogenados hacia la cáscara del frijol durante la fermentación. Este resultado da pistas sobre el fenómeno de curtido que realizan los polifenoles sobre compuestos nitrogenados, fenómeno que aumenta durante la fermentación	El objetivo del presente trabajo es incrementar nuestro conocimiento sobre los cambios que se producen durante la fermentación y en el balance de los diferentes compuestos nitrogenados durante la fermentación mediante una única técnica de separación.	Cocoa Fermentation Nitrogenous balance sheet Nitrogenous compounds Proteolysis	Forastero Criollo Trinitario	NA	NA
		2019	John, Warren A. Bötcher, Nina L. Alkapp, Maximilian Bergouniout, Audrey Kumari, Neha Ho, Ping-Wei D'Souza, Roy N. Nevoigt, Elke Ullrich, Matthias S.	Food Chemistry	Forcing fermentation: Profiling proteins, peptides and polyphenols in lab-scale cocoa bean fermentation.	Se procede a separar y cuantificar fracciones diferentes de compuestos nitrogenados, durante la fermentación del cacao, encontrando una fuerte correlación entre los aminoácidos y el nitrógeno amoniacal (marcador de fermentación) Se demostró la migración de algunos compuestos nitrogenados hacia la cáscara del frijol durante la fermentación. Este resultado da pistas sobre el fenómeno de curtido que realizan los polifenoles sobre compuestos nitrogenados, fenómeno que aumenta durante la fermentación	Los objetivos de esta investigación fueron estudiar los efectos de un suplemento microbiano a base de extracto de levadura y un cultivo iniciador sobre el metaboloma del frijol durante la fermentación, y correlacionar los perfiles de proteínas, péptidos y polifenoles con los perfiles de sabor de los licores resultantes.	Flavan-3-ols Flavon precursors HPLC-MS Lab-scale cocoa fermentation Proteolysis Starter culture	Hybrid named "German", which is of the Forastero variety	NA	NA
	Secado	2010	Chinenye, Ndukwu MacManus Ogunlowo, A. S. Olukunle, O. J.	Chilean Journal of Agricultural Research	Cocoa bean (Theobroma cacao L.) drying kinetics.	En este trabajo se investigó la cinética del secado experimental de especias foráneas, y se realizaron experimentos bajo condiciones isotérmicas usando un secador discontinuo en caliente a 55; 70 y 81 °C. Se observó un promedio de un 10% de pérdida de peso durante el secado mayor resultando en mayores tasas de secado, lo que es ventajoso al evaluar costos.	"Los objetivos de esta investigación fueron establecer las características de secado del grano de cacao secado con un secador de granos de cacao por lotes calentado que se agita para lograr uniformidad en el secado, para determinar la difusividad efectiva del cacao frijol bajo esta condición, y para ajustar los resultados con modelos de secado de capa fina existentes para predecir el comportamiento de humedad de los granos de cacao en un secador de granos de cacao por lotes calentado."	Diffusivity Drying temperature Equilibrium moisture content Moisture content moisture ratio	-	NA	NA
		2012	Hii, CL. Law, Suzannah, S.	Journal of Food Engineering	Drying kinetics of the individual layer of cocoa beans during heat pump drying	Se llevó a cabo una investigación para estudiar la cinética de secado de la capa individual de granos de cacao, a saber, la testa y el cotiledón, durante el secado con bomba de calor. La reducción del contenido de humedad fue relativamente rápida en la testa en comparación con el cotiledón en las dos horas iniciales de secado. El secado posterior mostró una región de cruce donde el contenido de humedad de la testa era más alto que el cotiledón. Se encontró que el contenido de humedad final de la testa era más alto que el cotiledón interno al final del secado. Los análisis de calidad del producto mostraron que el porcentaje de retención de polifenoles de cacao varió de 44% a 73% en comparación con la muestra liofilizada. La dureza del frijol se encontró razonablemente comparable a la muestra comercial y aumentó con la disminución del contenido de humedad	"Determine la cinética de secado de la testa y el cotiledón con ambas capas intactas durante el secado con bomba de calor. Esto es necesario para comprender mejor las características de secado de los granos de coca, especialmente en condiciones de secado suaves".	Cocoa Drying Hardness Heat pump Polyphenols	-	NA	NA
		2016	Alean, Jader Chejne, Farid Rojano, Benjamin	Journal of Food Engineering	Degradation of polyphenols during the cocoa drying process.	Se estudió el efecto del proceso de secado del cacao sobre los polifenoles. La menor degradación de polifenoles durante el proceso de secado se logró a una temperatura de 40 °C, mientras que la mayor degradación de los polifenoles se presentó a una temperatura de 60 °C. Se concluyó que la degradación depende de la temperatura, la humedad y los tiempos de secado. Estos son factores que afectan los procesos oxidativos irreversibles de los polifenoles y también pueden verse afectados por la destrucción celular.	Este artículo presenta un modelo teórico y resultados experimentales de la influencia del secado en el cacao. El modelo es capaz de predecir la evolución de la temperatura y concentración de las dos especies (agua y polifenoles) durante el procesamiento. El modelo considera los efectos convectivos, difusivos y cinéticos. Finalmente, se analizó cómo la temperatura, la humedad y los tiempos de secado afectan la concentración de polifenoles.	Cocoa Drying Modelling Polyphenols	Trinitario	NA	NA
2018	Herman, Christelle Spreutels, Laurent Turonzsa, Nicolas Konagano, Evelyn Mayumi Haut, Benoit	Food & Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part C	Convective drying of fermented Amazonian cocoa beans (Theobroma cacao var. Forasteiro). Experiments and mathematical modeling.	Se utiliza un enfoque combinado, que incluye el análisis de las características físicas del frijol, la determinación de las isoterma de sorción del frijol, la realización de experimentos de secado en un secador convectivo (para diferentes condiciones de operación) y el desarrollo de un modelo matemático, basado en las diferentes fenómenos de transporte (calor y masa) involucrados dentro y fuera de los granos durante su secado. Los resultados muestran que el secado de un grano de cacao amazónico se puede dividir en dos fases. El modelo se compara con los resultados experimentales para caracterizar el coeficiente de difusión efectiva del agua dentro de un frijol. Se muestra que este coeficiente de difusión se duplica aproximadamente cuando se aumenta la temperatura de 30 a 60 °C. Se acerca a 1.5 x 10 <sup>-10</sup> m <sup>2</sup> /s a 60 °C. Finalmente, medir el contenido de polifenoles de los granos secos permite evaluar que, en cuanto a la calidad del chocolate, los granos de cacao amazónico fermentados deben secarse a 30-40 °C	El objetivo general de este trabajo es contribuir a la caracterización y modelación matemática del secado convectivo de granos de cacao amazónico fermentados (Theobroma cacao var. Forasteiro).	Diffusion coefficient Drying kinetics Model Physical characteristics Polyphenol Sorption isotherms Transport phenomena	Forastero	Convective dryer	NR		

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Subcategoría	Año	Autores	Revista	Título	Abstract	Objetivo	Palabras clave del autor	Tipo de cacao empleado	Flejo de aire empleado	Temperatura empleada
TOSTADO		2011	Krysiak, W.	Grasas y Aceites (subject area and category: agricultural and biological sciences, Food science, Chemistry, Organic chemistry)	Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material.	Se evalúa la diferencia en la composición del grano de cacao, tras la aplicación del proceso de tostado convencional y por microondas. Los resultados de los análisis mostraron que el tostado por convección durante 35 min a 135 °C, el caudal de aire de 1.0 m/s-1 y la humedad relativa de 0,45% causaron los cambios menos avanzados en la calidad de la grasa, mientras que el tostado en microondas promovió la oxidación de los lípidos aunque la calidad del cacao tostado, frijoles fue el mejor.	Estudio dedicado a los efectos de diferentes métodos de tostado (convectivo, microondas) sobre los atributos fisicoquímicos de los granos de cacao tostados y la calidad de la grasa extraída de este material.	Cocoa beans Cocoa butter Convective Microwave Physicochemical properties Roasting of cocoa beans	Cocoa beans of the Ivory Coast	Convective	135, 140°C
		2013	Zzaman, Wahidu Yang, Tajul Aris	Food Science and Technology Research	Effect of Superheated Steam and Convection Roasting on Changes in Physical Properties of Cocoa Bean (Theobroma cacao)	Se evalúan las características de los granos de cacao, comparando los efectos del proceso de tostado convencional y del vapor sobrecalentado, bajo condiciones de temperatura y tiempo diferentes. Los cambios ocurrieron en las propiedades físicas: color, textura, contenido de humedad y calor dentro de los granos. La dureza se afectó más por la acción del tostado convencional, mientras que la humedad se perdió menos por el uso del vapor sobre calentado	El objetivo del presente estudio fue investigar una comparación entre el tueste por sobrecalentamiento y el modo de convección con respecto a los cambios de color, textura, humedad y calor dentro de los granos del cacao (Theobroma cacao).	Cocoa bean Color Convection Roasting Superheated steam Texture Moisture	-	Superheated steam oven and convection	150, 200, 250°C
		2013	Kohe, Lisa Zimmermann, Benno-F Galensa, Rudolf	Food Chemistry	Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting.	Aspectos destacados: [•] Se descubrió la epimerización de dímeros y trímeros de procianidina durante el tostado de granos de cacao. [•] El grado de epimerización durante el tostado del cacao en grano es función de la temperatura. [•] El cambio en el contenido de flavanol varió notablemente cuando se tostaron diferentes granos de cacao en igualdad de condiciones. [RESUMEN DEL AUTOR]	Este estudio se llevó a cabo para investigar si se produce la epimerización de las procianidinas durante el tostado del grano de cacao.	Capillary electrophoresis Cocoa Epimerization Flavanols Procyanidins Roasting Stereochemistry UHPLC-MS/MS	Three cocoa bean samples (two batches from Java and one from the Ivory Coast)	ask	100, 120, 140, 150, 160°C
		2014	Zzaman, Wahidu Yang, Tajul Aris	Journal of Food Processing and Preservation	Moisture, color and texture changes in cocoa beans during superheated steam roasting.	Se someten granos de cacao a los efectos del tpstado por vapor sobrecalentado. El tostado al vapor sobrecalentado afectó significativamente los colores y los valores de textura con un tiempo de tostado prolongado. Los valores de color y las propiedades de textura se vieron más afectados por 200 y 250 °C que por 150 °C durante el tostado con vapor sobrecalentado. El tostado con vapor sobrecalentado logra buenos resultados debido a la corta fase de secado, aunque se requieren altas temperaturas.	Investigar los cambios que ocurrieron en el contenido de humedad, valores de color (L-, a-, b- e índice de pardeamiento) y propiedades texturales (dureza y fracturabilidad) de las semillas de cacao.	NR	-	Superheated steam oven	150, 200, 250°C
		2014	Oracz, Joanna Nebesny, Ewa	Food Research International	Influence of roasting conditions on the biogenic amine content in cocoa beans of different Theobroma cacao cultivars.	El objetivo de este estudio fue investigar cómo las condiciones del proceso de tostado afectan el contenido de aminas biogénicas en granos de cacao de diferentes variedades de Theobroma cacao. El proceso de tostado puede modificar significativamente el perfil y los niveles de aminas biogénicas. La tiramina fue la amina más abundante en los granos de cacao en bruto, seguida de la triptamina y la 2-feniletilamina. La serotonina y la dopamina se presentaron solo en pequeñas cantidades. Los parámetros de tostado tienen un efecto significativo en los niveles de cada amina en todos los tipos de granos tostados. La mayor cantidad de aminas biogénicas se observó en las muestras tostadas a las temperaturas más altas y en el aire con mayor humedad.	El objetivo de este estudio fue determinar el perfil y los niveles de aminas biogénicas en granos de cacao de varios cultivares provenientes de áreas geográficas seleccionadas e investigar los efectos de diferentes condiciones de tostado, incluida la temperatura y la humedad del aire del tostado, sobre los cambios en el contenido de esos compuestos.	Biogenic amines Cocoa beans Roasting Theobroma cacao L.	Forastero; Nacional; Trinitario; Upper Amazon Forastero hybrid; UAF; Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid; T × UAF; and Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid; T × UAF.	conventionally roasted in a tunnel with forced air flow without circulation	110, 120, 135, 150°C
		2014	Zzaman, Wahidu Bhat, R. Yang, Tajul A.	Journal of Food Processing & Preservation	Effect of Superheated Steam Roasting on the Phenolic Antioxidant Properties of Cocoa Beans.	Se investigó el efecto de la temperatura y los tiempos de tueste por tostado con vapor sobre calentado sobre el contenido total de fenol (TPC), el contenido total de flavonoides (TFC) y las propiedades antioxidantes. La introducción de un nuevo método para tostar el cacao en grano puede interesar a las industrias de producción de cacao que pueden ser beneficiosas tanto para los consumidores como para la industria. El tostado eficaz de los granos de cacao utilizando vapor sobrecalentado genera considerablemente perspectivas lucrativas en la fabricación de productos de cacao. Como nuevo método para el procesamiento de alimentos, el tostado al vapor sobrecalentado es más conveniente y flexible que el método convencional porque se conservan las propiedades antioxidantes y de fenol total más alto. Al mismo tiempo, se mantienen las características favorables de los alimentos en cuanto a propiedades antioxidantes.	"El objetivo de este presente El estudio fue investigar las propiedades fenólicas y antioxidantes de los granos de cacao durante el tostado al vapor sobrecalentado"	NR	Forastero	Superheated steam	150, 200, 250°C

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Subcategoría	Año	Autores	Revista	Título	Abstract	Objetivo	Palabras clave del autor	Tipo de cacao empleado	Flujo de aire empleado	Temperatura empleada
TOSTADO		2014	Zzaman, Wahidu Bhat, Rajeev Yang, Tajul A	Drying Technology	Application of Response Surface Methodology to Optimize Roasting Conditions in Cocoa Beans Subjected to Superheated Steam Treatments in Relevance to Antioxidant Compounds and Activities.	Se analizan los efectos del vapor sobrecalentado sobre los compuestos relacionados con los efectos antioxidantes del grano de cacao. Los resultados mostraron que la temperatura y el tiempo de tueste afectan significativamente los antioxidantes en los granos de cacao. La optimización numérica y los gráficos de contorno superpuestos sugirieron que las condiciones óptimas de tostado serían 192 ° C para la temperatura con 10 min de tiempo de tostado (R2 = 0.99). Estas condiciones se pueden utilizar para tostar granos de cacao para producir productos de cacao de alta calidad en términos de propiedades antioxidantes	El objetivo principal del presente estudio fue optimizar la temperatura y el tiempo de tostado utilizando RSM en términos de contenido total de fenol (TPC), actividad de eliminación de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), contenido total de flavonoides (TFC) y poder antioxidante férrico-reductor (FRAP) de los granos de cacao.	Antioxidant properties Cocoa beans Response surface methodology Roasting Superheated steam	Forastero	Superheated steam oven	150, 200, 250°C
		2015	Ioannone, F. Di Mattia, C.D. De Gregorio, M. Sergi, M. Serafini, M. Sacchetti, G.	Food Chemistry	Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (Theobroma cacao L.) roasting as affected by temperature and time of processing.	Se investigó el efecto del tostado sobre el contenido de flavonoides y proantocianidinas y sobre la actividad antioxidante de los granos de cacao. Las tasas de pérdida total de flavanol y proantocianidina aumentaron con las temperaturas de tostado. Si el contenido de humedad de los granos tostados es igual, los procesos de alta temperatura y tiempo corto minimizan la pérdida de proantocianidinas.	El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de los flavanoles monoméricos y condensados (proantocianidinas), así como los cambios en la actividad antioxidante durante el proceso de tostado del cacao, en función de la temperatura y el tiempo de tostado, con el fin de identificar las combinaciones tiempo-temperatura, que maximizan el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de los granos tostados.	Antioxidant activity Cocoa Flavanols Procyanidins Roasting	Criollo	The roasting process was carried out in a ventilated electric oven, model Air-steam COMBI 6GEN 11, (Electrolux, Stockholm, Sweden) by keeping air-flow rate (1 m s <sup>-1</sup> ) and relative humidity (0.4%) constant.	125, 135, 145°C
		2015	Orszc, Joanna Nebesny, Ewa Żyżelewicz, Dorota	European Food Research & Technology	Changes in the flavan-3-ols, anthocyanins, and flavanols composition of cocoa beans of different Theobroma cacao L. groups affected by roasting conditions.	Se estudió el efecto de las condiciones de tostado sobre el contenido individual de flavan-3-oles, antocianinas y flavonoides de los granos de cacao de cinco grupos diferentes de Theobroma cacao L. Los cambios dependieron de los diferentes tipos de cacao evaluados y sus condiciones de procesamiento. Se observó una disminución de epicatequina, procianidina B, procianidina C1, antocianinas y glucósidos de quercetina en los cinco grupos de cacao probados después del tostado. Esta reducción coincidió con el aumento del contenido de catequina y quercetina en los granos de cacao tostados de los cinco grupos de cacao	El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las condiciones del proceso de tostado como la temperatura y la humedad relativa del aire en el perfil y niveles de flavan-3-oles, antocianinas y flavonoides individuales en granos de cacao de diferentes tipos de Theobroma cacao L. originarios de regiones geográficas seleccionadas a través de los grupos genéticos.	Anthocyanins Cocoa beans Flavan-3-ols Flavanols Roasting Theobroma cacao L.	Forastero; Nacional; Trinitario; Upper Amazon Forastero hybrid, UAF; Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid, T × UAF; and Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid, T × UAF.	Convection in a tunnel with the forced air flow without circulation (adapted to processing with either dry or humid air)	110, 120, 135, 150°C
		2016	Nebesny, Ewa Żyżelewicz, Dorota	International Journal of Food Properties.	Antioxidant Properties of Cocoa Beans (Theobroma cacao L.): Influence of Cultivar and Roasting Conditions.	Se investiga el efecto del tostado sobre las propiedades antioxidantes en granos de cacao de cinco variedades. El tostado a 110 ° C provocó cambios insignificantes en el contenido total de fenoles y la actividad antioxidante de los granos de cacao, mientras que casi todas las muestras tendían a tener un potencial antioxidante menor cuando aumentaba la temperatura de tostado. La humedad del aire utilizada en el tostado no afectó el contenido total de fenoles ni la actividad antioxidante para la temperatura de tostado más baja (110 ° C). Además, los resultados obtenidos revelaron que el procesamiento térmico a las temperaturas más altas y la humedad del aire elevada resultó en las capacidades antioxidantes más altas. Los datos mostraron que el tostado a temperaturas más bajas con aire húmedo es más favorable en términos de preservar la bioactividad de los granos de cacao tostados.	El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de las condiciones de tostado, como la temperatura y la HR, sobre el contenido fenólico total, la actividad captadora de radicales libres y la capacidad quelante de metales de los granos de cacao de los diferentes cultivares de Theobroma cacao L. regiones.	Cocoa beans Free radical scavenging capacity Metal chelating ability Phenolic content Roasting Theobroma cacao L.	Forastero; Nacional; Trinitario; Upper Amazon Forastero hybrid, UAF; Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid, T × UAF; and Trinitario × Upper Amazon Forastero hybrid, T × UAF.	Convectively roasted in triplicate batches (about 200 g) in a tunnel with the forced air flow without circulation (adapted to processing with either dry or humid air)	110, 120, 135, 150°C
		2017	Zzaman, Wahidu Bhat, Rajeev Yang, Tajul Aris Easa, Azhar Mat	Journal of the Science of Food & Agriculture.	Influences of superheated steam roasting on changes in sugar, amino acid and flavour active components of cocoa bean ( Theobroma cacao).	Se analiza el efecto del vapor sobrecalentado en los granos de cacao durante la etapa de tostado. Se detectaron varias pirazinas, ésteres, aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos carboxílicos e hidrocarburos en todas las muestras en diferentes rangos de concentración. Las formaciones de pirazinas de compuesto activo con mayor sabor fueron la concentración más alta. El método de tostado con vapor sobrecalentado logra las condiciones óptimas de tostado en un corto período de tiempo. Por lo tanto, la calidad de los granos de cacao se puede mejorar utilizando vapor sobrecalentado durante el proceso de tostado.	*Para investigar la influencia de la temperatura de tueste (150-250 ° C) y tiempo (10-50 min) en azúcares, aminoácidos libres y compuestos aromatizantes volátiles *.	cocoa bean flavour compound free amino acid roasting sugar superheated steam	Forastero	Superheated steam oven	150, 200, 250°C

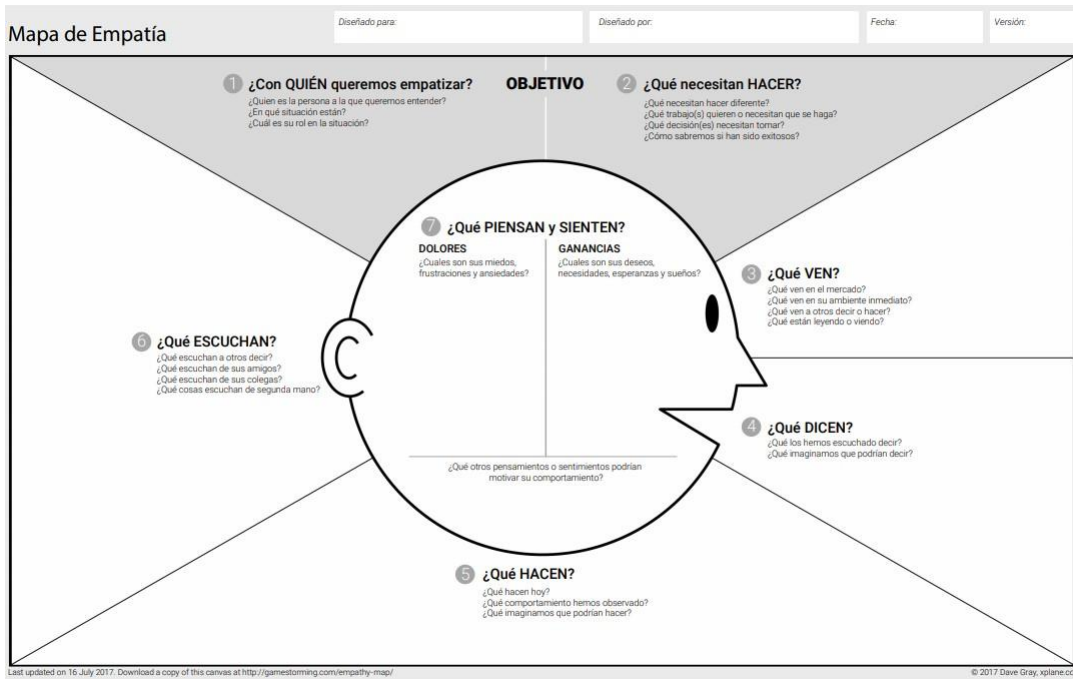
Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Subcategoría	Año	Autores	Revista	Título	Abstract	Objetivo	Palabras clave del autor	Tipo de cacao empleado	Flujo de aire empleado	Temperatura empleada
TOSTADO		2017	Żyżelewicz, Dorota Orazc, Joanna Krysiak, Wiesława Budryn, Grażyna Nebesny, Ewa	Drying Technology	Effects of various roasting conditions on acrylamide, acrolein, and polycyclic aromatic hydrocarbons content in cocoa bean and the derived chocolates.	Se analiza el efecto de parámetros de tostado como la temperatura (135 y 150 ° C) y la humedad relativa del aire (HR de 0.3 y 5.0%) sobre los niveles de acrilamida, acroleína e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en granos de cacao y chocolates enteros y triturados, derivados de estos granos. Las condiciones de tostado afectaron significativamente el perfil y contenido de HAP en los granos de cacao enteros y triturados y los más ricos en HAP fueron los granos de cacao triturados tostados a 150 ° C y una humedad relativa del 5.0%. Los chocolates obtenidos en este estudio contenían concentraciones significativamente más altas de PAH que los granos de cacao tostados utilizados para su producción. Los resultados del estudio demuestran que la optimización de las condiciones de tostado puede reducir los niveles de todas estas sustancias nocivas en los granos de cacao.	El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de los parámetros de tostado (la temperatura del aire de 135 y 150°C, su humedad relativa de 0.3 y 5%, y el caudal de aire constante de 1 m <sup>3</sup> / s) sobre las concentraciones de los mencionados anteriormente: compuestos antinutricionales en granos de cacao enteros o triturados y chocolates producidos a partir de estos granos, que contenían 40% de licor de cacao.	Acrolein acrylamide cocoa bean polycyclic aromatic hydrocarbons roasting	Forastero	Convective roasting tunnel, with forced air circulation and regulated temperature (T), flow velocity (v) and relative humidity (RH) of air.	135, 150°C
		2019	Orazc, Joanna Nebesny, Ewa	European Food Research & Technology	Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from cocoa beans of different Theobroma cacao L. groups.	Se evalúan los efectos de los parámetros de tostado en el rendimiento, composición proximal, contenido de compuestos fenólicos libres, características de color CIE L * a * b *, índice de pardeamiento, intensidad de fluorescencia y distribución del peso molecular de la melanoidina de alto peso molecular (HMW). Los rendimientos de los productos HMW disminuyeron después del procesamiento térmico a 110 y 120 ° C, pero aumentaron a 135 y 150 ° C. Se encontró que las temperaturas de tueste aplicadas y los niveles de Humedad Relativa causaron una disminución significativa en los carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos libres en todas las fracciones de HMW obtenidas de granos de cacao. El tostado condujo a una disminución considerable de la luminosidad CIE. Además, el grado de pardeamiento y la intensidad de la fluorescencia de las fracciones de HMW tendieron a aumentar con el aumento de la temperatura del tratamiento térmico.	El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura de tueste (110, 120, 135 o 150 ° C) y la humedad relativa del aire (0.3 o 5.0%) sobre el rendimiento, composición fitoquímica, CIE L * a * b * características de color, pardeamiento, intensidad de fluorescencia y distribución del peso molecular de las fracciones de HMW aisladas de frijoles Criollo, Forastero y Trinitario de diferentes orígenes. Un objetivo complementario de este estudio fue determinar la influencia de diferentes condiciones de tostado sobre el contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos y compuestos fenólicos en granos de cacao de diferentes tipos de cacao de T. originarios de regiones geográficas seleccionadas.	Cocoa beans Maillard reaction Melanoidins Physicochemical properties Roasting Size-exclusion chromatography	Forastero Criollo Trinitario	Por convección en un túnel con un flujo de aire forzado sin circulación (adaptado para aire seco o húmedo).	110, 120, 135, 150°C
		2020	Lemarçq, Valérie Tuenter, Emmy Bondarenko, Anastasia Van de Walle, Davy De Vuyst, Luc Pieters, Luc Sionki, Eleni Dewettinck, Koen	Food Chemistry	Roasting-induced changes in cocoa beans with respect to the mood pyramid.	El tostado es un proceso crucial para el desarrollo del sabor en el cacao, pero es probable que tenga un impacto negativo en los fitoquímicos. Investigamos el efecto del tiempo de tueste (10-50 min) y la temperatura (110-160 ° C) sobre los compuestos potenciales que mejoran el estado de ánimo correspondientes a los distintos niveles de la pirámide del estado de ánimo. Los resultados revelaron que el tostado a 130 ° C durante 30 minutos no afectó significativamente los niveles de epicatequina, procianidina B2 y teobromina, mientras que el salisolinol aumentó significativamente. Además, se redujo el amargor y la astringencia y se desarrolló el deseado sabor a cacao. Por tanto, mediante la selección del tiempo de tostado y las condiciones de temperatura adecuadas, los fitoquímicos de interés podrían conservarse sin comprender el sabor.	El objetivo de esta investigación fue investigar más a fondo el efecto de los parámetros de tostado, tiempo y temperatura en cada nivel de la pirámide del estado de ánimo, con el fin de medir el impacto del proceso de tostado en los compuestos que potencialmente mejoran el estado de ánimo.	Cocoa Roasting Mood Phytochemicals Flavor Aroma Sensory	NR	Convective	110 - 160°C
		2020	Marseglia, Angela Masci, Marielena Rinaldi, Massimiliano Palli, Gerardo Caligiani, Augusta	Food Research International	Volatile fingerprint of unroasted and roasted cocoa beans (Theobroma cacao L.) from different geographical origins.	Se realizaron análisis de los granos de cacao antes y después del tostado para seguir la modificación del aroma con el objetivo de lograr una huella volátil del cacao y un modelo de discriminación basado en el origen del grano. Se identificaron un total de 57 volátiles en granos de cacao sin tostar, mientras que se identificaron 71 volátiles en granos de cacao tostados. Los compuestos pertenecen a varios grupos químicos que incluyen ésteres, alcoholes, ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas y pirazinas. Los resultados permitieron discriminar los granos de cacao sin tostar en función de su origen geográfico. El modelo de discriminación basado en huellas dactilares volátiles combinado con herramientas quimiométricas mostró un potencial interesante para la autenticación del origen de los granos de cacao tostados y sin tostar.	El objetivo de este trabajo es ver cómo una condición de tostado idéntica da como resultado diferentes perfiles de huellas dactilares volátiles de granos de cacao de diferentes orígenes geográficos. Otro objetivo fue comprobar si el perfil volátil se puede utilizar para rastrear el origen del cacao, tanto antes como después del tostado, con el fin de lograr elementos útiles tanto para las industrias transformadoras del cacao como para los consumidores.	Authenticity Fermented cocoa beans Fingerprint Geographical origin Roasted cocoa beans Volatile	58 fermented and dried cocoa beans samples from 22 different geographical origins (America: Mexico, Cuba, Santo Domingo, Grenada, Trinidad, Venezuela, Ecuador, Perú, Brazil, Africa: Sierra Leone, Ivory Coast, Ghana, Nigeria, Sao Thome, Uganda, Tanzania, Madagascar; Southeast Asia: Sulawesi- Indonesia, Malaysia, Java - Indonesia, Papua New Guinea - Indonesia, Flores-Indonesia).	Forastero	

Fuente: Elaboración propia.

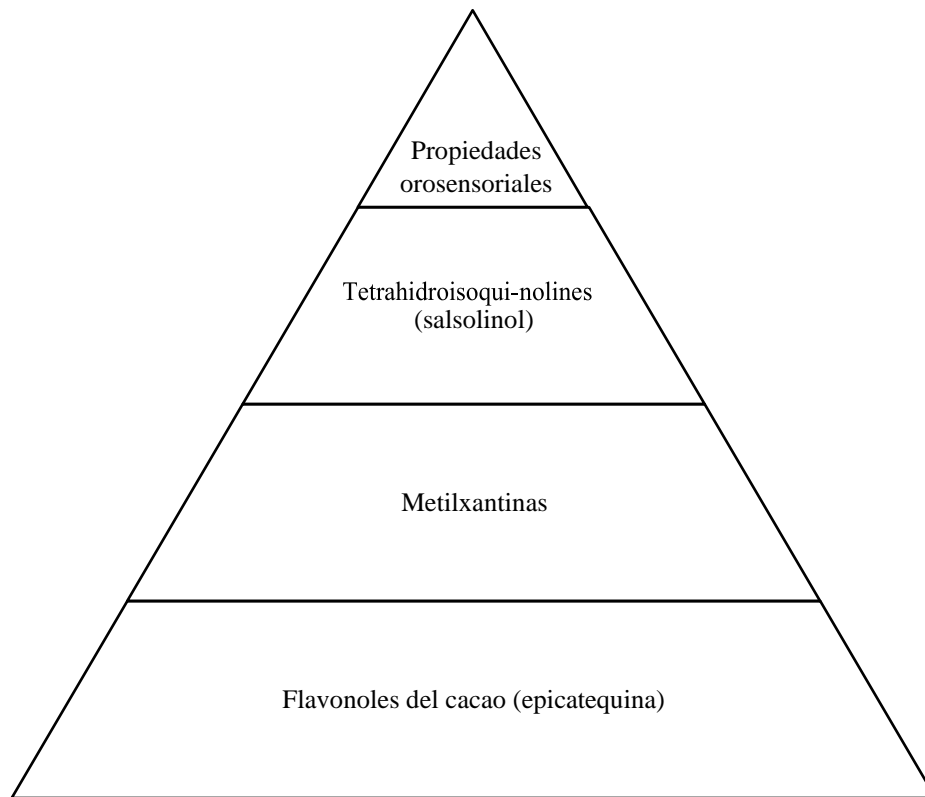
### Anexo 3 Mapa de empatía.

El mapa de empatía propuesto por Dave Gray en 2017 (ver Anexo 2) (Gray, 2017) es una herramienta, que como su nombre lo indica, permite tomar la perspectiva del otro, en este caso de la comunidad cacaotera de Alto Guapaya y de esta manera sistematizar a quién va dirigido el material informativo: qué ven, dicen, hacen, escuchan, piensan y sienten (Gray, 2017) sobre un tema en concreto, en este caso, sobre el tostado de cacao



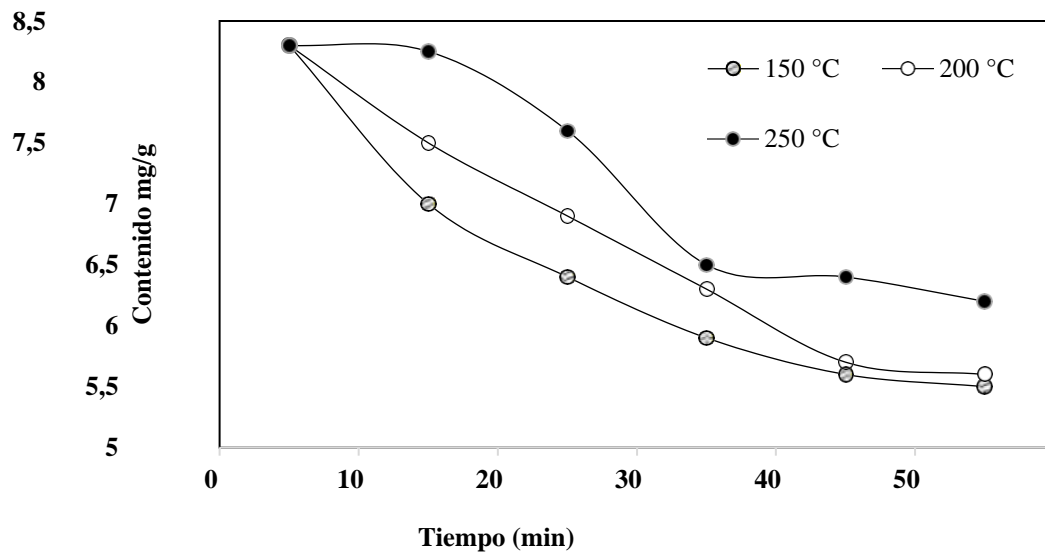
Fuente: Tomado de (Gray, 2017)

**Anexo 4** Estructura de la pirámide del estado de ánimo.



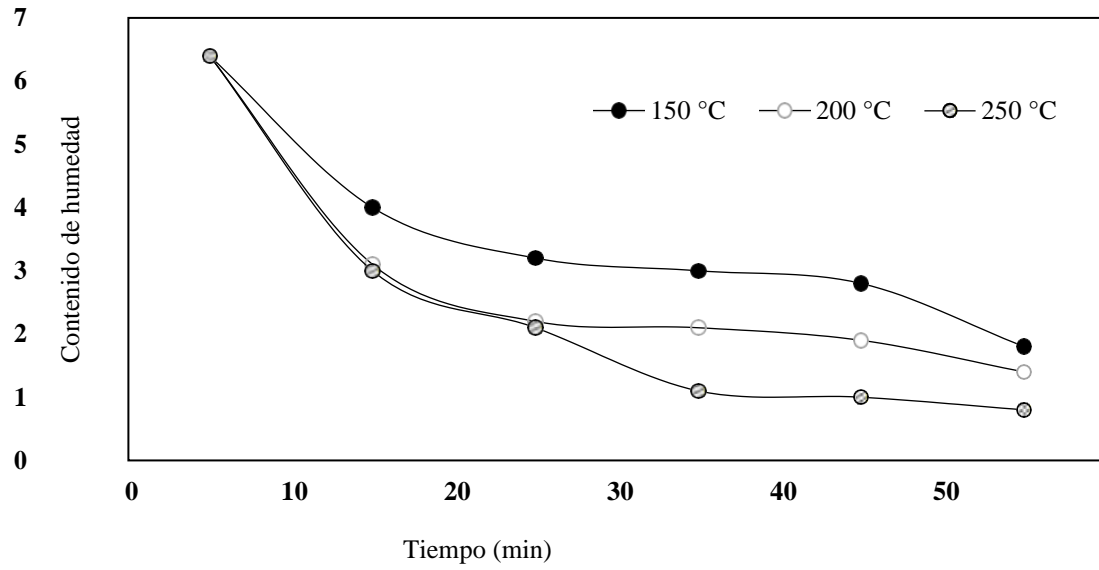
**Fuente:** Adaptado de (Tuentner et al., 2018)

**Anexo 5** Cambios en el contenido total de flavonoles de los granos de cacao durante el tostado por el método de vapor sobrecalentado a diferentes temperaturas (150, 200 y 250 °C) por 10 a 50 minutos.



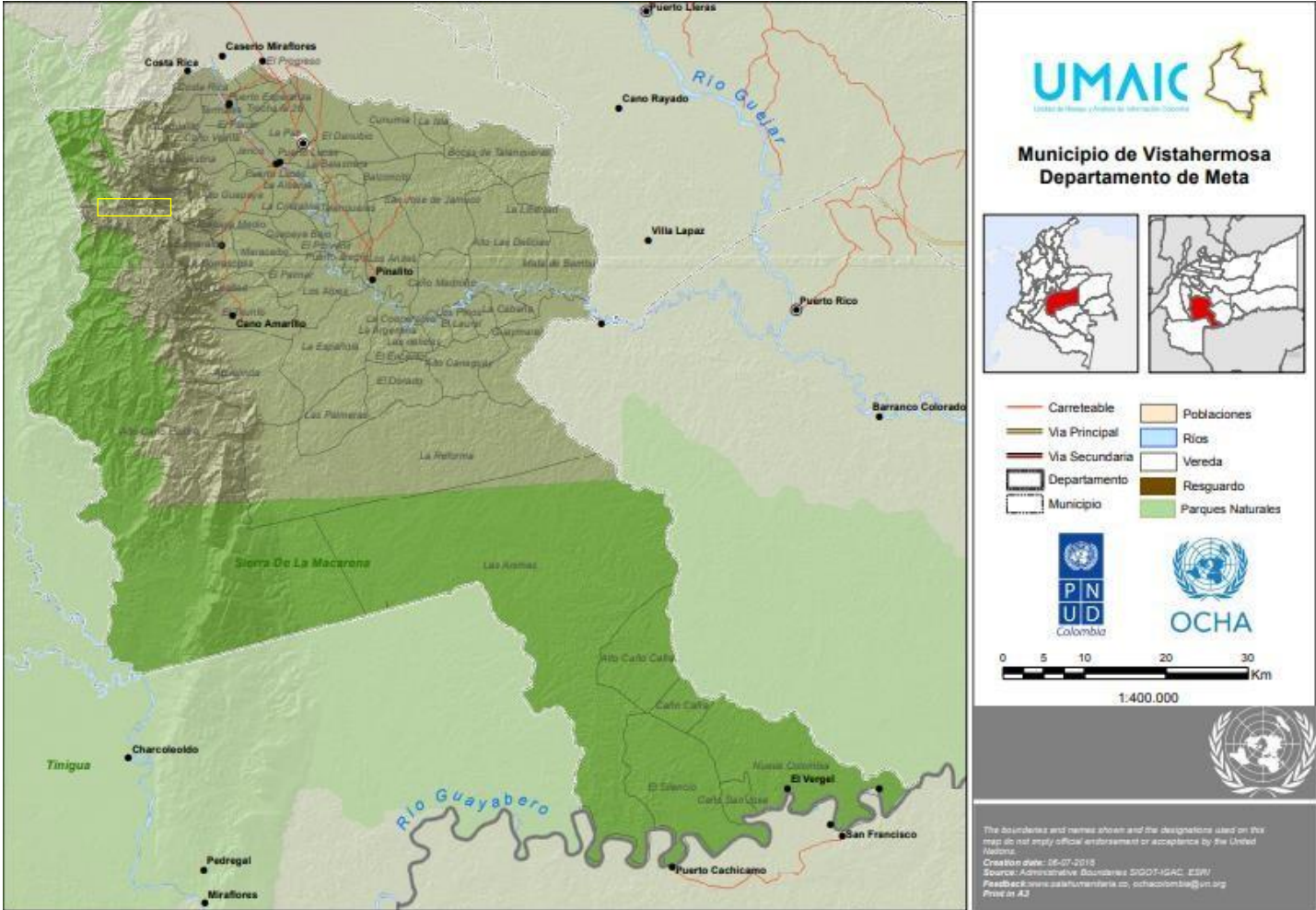
Fuente: Adaptado de (Zzaman et al., 2014)

**Anexo 6** Cambios en el contenido de humedad de los granos de cacao durante el tostado por el método de vapor sobrecalentado a diferentes temperaturas.



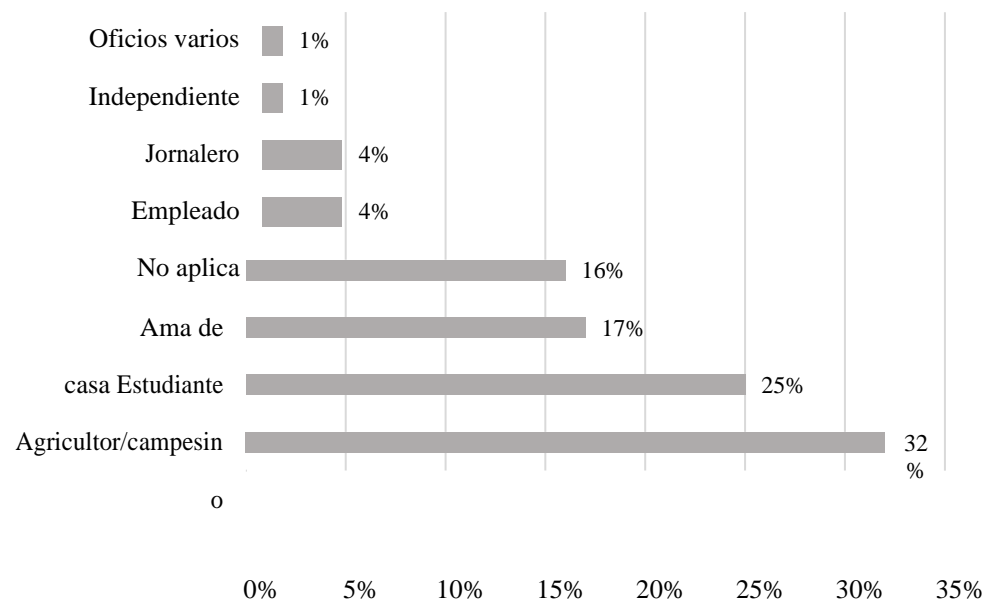
*Fuente: Adaptado de (Zaman & Yang, 2014).*

Anexo 7 Mapa del municipio de Vistahermosa.



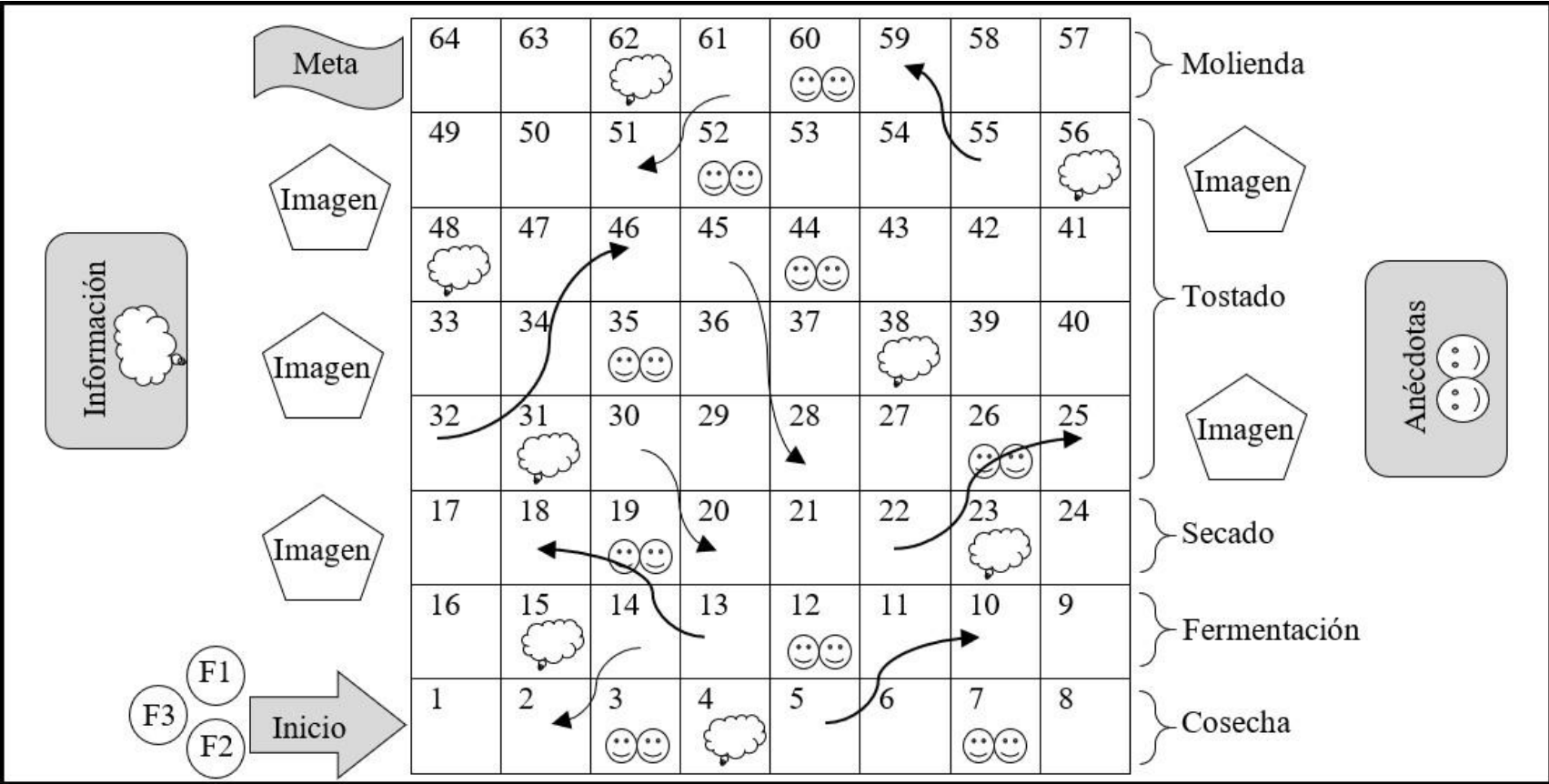
Fuente: (Administrative Boundaries SIGOT-IGAC, 2016)

**Anexo 8** Ocupación de las personas de Alto y Medio Guapaya.



**Fuente:** Adaptado de (Javeriana, 2019c).

Anexo 9 Estructura del material informativo de tipo pedagógico.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10 Prototipo de material informativo de tipo pedagógico.



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 11 Instrucciones y reglas del juego: ¡Avancemos con el cacao!

### INSTRUCCIONES

**Número de jugadores:** se deben organizar en parejas, dos o más, pero nunca deben jugar más de 6 parejas a la vez. Las parejas están compuestas por una persona perteneciente a una familia con vocación cacaotera, y otra persona que quisiera empezar a procesar el cacao.


**Se necesita:** un tablero de juego, una ficha de diferente color para cada par de jugadores, lapiz y papel y un dado.



### REGLAS


a. Para comenzar, todas las parejas deben tirar una vez el dado. La pareja que saque más puntuación será la primera en empezar la partida; continuará el que esté a su izquierda y así sucesivamente.

b. El juego consiste en mover la ficha desde la casilla 1 hasta la 64; deben avanzar tantos puestos como puntos salgan al tirar el dado.

c. Pero ¡cuidado!, si caen en el inicio de una flecha roja deben bajar hasta su cola. Las flechas rojas sólo bajan, nunca suben.

d. Pero pueden tener suerte. Si caen en una casilla que señale el inicio de una flecha verde, sube hasta el final de la escalera. Tomen la carta marcada con el símbolo  y el número de la casilla y léela en voz alta. Las flechas verdes sólo suben, nunca bajan.

e. Encontrarán también estos símbolos   en algunas casillas: esto significa que deberán tomar una carta marcada con dicho símbolo y responder a la pregunta, después seleccionarán a un jugador de otro equipo para que también la responda.

f. Al llegar a una casilla con el símbolo  debe tomar la carta con el mismo símbolo y leer la instrucción. En el papel, escriban el nombre de su equipo y anote la puntuación que obtuvo. ¡¡La idea es no sumar muchos puntos!!

g. Gana la pareja que al llegar a la meta (número 64), haya tenido menos penalizaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.