

Optimización del tiempo y la temperatura de tostión que permita la maximización de la calificación global sensorial de licores de cacao

Astrid Johana Parra Silva y Fabián Alexis Roa Uribe

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico

Modalidad de investigación

Director

Luis Javier López Giraldo

Ph.D en Química bioquímica y ciencia de los alimentos

Codirectora

Claudia Johanna Sandoval Lozano

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Astrid

A mis padres Reinaldo Parra y Eulalia Silva Rivera por su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido para mí un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanos Holman Yesid Parra Silva y Evert Fabian Parra Silva por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A mi tía Mary Lu Silva Rivera por apoyarme en los momentos más difíciles de mi carrera y brindarme su bondad, confianza y amor.

Fabian

A mi padre, Luis Martin Roa Gutiérrez, por su amor, ejemplo, crianza y enseñanzas que inculco en mi ser, y sobre todo por creer en mí y darme ese apoyo incondicional para seguir adelante.

A mi madre que desde el cielo fue mi guía, mi fuerza para seguir luchando y seguir motivado para hacerla orgullosa por la persona que formó.

Agradecimientos

A Dios, por darme sabiduría y motivación para cumplir este sueño, por demostrarme que con esfuerzo y dedicación nada es imposible.

A mi familia, por esos consejos y apoyo que me brindaron en el transcurso de mi carrera, por ser ese pilar de ayuda y fuerza en momentos difíciles de la carrera, por estar siempre ahí cuando más se necesitaba.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que este proyecto se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, al profesor y director de este proyecto Luis Javier López Giraldo por su paciencia y dedicación y enseñanzas, a nuestra codirectora Claudia Johana Sandoval Lozano, al laboratorio de Alimentos CICTA ubicado en Guatiguará y a todo su personal de trabajo.

A la empresa MACOEX, por suministrarnos las catas del licor de cacao para el desarrollo de este proyecto, especialmente a la señora Mónica Gómez, por darnos la oportunidad de conocer y aprender sobre la calificación sensorial del licor de cacao, por el compromiso y disponibilidad con esta investigación.

A mi compañera de vida Yurley Cortez Villamizar que ha sido mi motivación y compañía más grande para alcanzar esta meta en estos últimos años.

Rafael Leonardo Lozano Hernández por ser mi motivación a lo largo de este proyecto y por su amor incondicional en cada momento.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos.....	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. Estado del arte.....	12
3. Metodología	16
3.1 Caracterización de la materia prima	17
3.1.1 Selección del grano.	17
3.1.2 Prueba de humedad.	17
3.1.3 Prueba de corte.	18
3.1.4 Medición de pH.....	18
3.2 Elaboración del licor de cacao	19
3.2.1 Tostado.....	19
3.2.2 Descascarillado.	20
3.2.3 Triturado.....	20
3.2.4 Refinado.....	20
3.2.5 Almacenamiento.	21
3.3 Caracterización sensorial	21
3.3.1 Catación.....	21
3.3.2 Perfil sensorial.....	23
3.4 Optimización tiempo y temperatura de tostado	24

3.4.1 Diseño experimental en obtención del tiempo y temperatura óptimo para cada tipo de grano.....	25
3.4.2 Estructuración de la variable de respuesta a partir de losdescriptores sensoriales positivos.....	26
3.4.3 Superficie de respuesta.....	26
3.4.4 Réplica y comparación en las mejores puntuaciones de respuesta.	27
4. Resultados	28
4.1 Análisis pruebas de calidad.....	30
4.2 Tostado.....	32
4.3 Refinado	33
4.4 Caracterización sensorial	34
4.5 Optimización del tiempo y la temperatura de tosti3n	37
4.5.1 Estructuración de la variable de respuesta a partir de los descriptores sensoriales positivos.....	37
4.5.2 Superficie de respuesta.....	38
4.5.3 Replica a las mejores condiciones de tosti3n y determinaci3n de la capacidad predictiva del modelo estadístico obtenido.....	41
5. Conclusiones	49
6. Recomendaciones	50
Referencias bibliográficas.....	51
Apéndices	56

Lista de tablas

Tabla 1.	Escala de intensidad de los atributos sensoriales	23
Tabla 2.	Diseño experimental	25
Tabla 3.	Clasificación de las características especiales del cacao colombiano	28
Tabla 4.	Clasificación índice de grano de cacao	28
Tabla 5.	Características de la materia prima	31
Tabla 6.	Tratamientos térmicos de los granos de cacao.....	33
Tabla 7.	Puntuación de los descriptores sensoriales positivos para los diferentes tratamientos térmicos con la variable de respuesta.....	38
Tabla 8.	Datos de tiempo y temperatura empleados por otros autores.	39
Tabla 9.	Puntuación de los descriptores sensoriales positivos de las réplicas en los mejores tratamientos térmicos para cada tipo de cacao.....	42
Tabla 10.	Influencia del tamaño del grano en los tiempos y temperaturas de tostión	47

Lista de figuras

Figura 1.	Metodología del proyecto de investigación	16
Figura 2.	Rueda de sabor de cacao	22
Figura 3.	Formato de evaluación sensorial.....	24
Figura 4.	Prueba de corte granos de cacao	30
Figura 5.	Resultado de la M14 del CCN51	34
Figura 6.	Resultado M4 FSA13.....	35
Figura 7.	Resultado M25 FSV41.....	37
Figura 8.	Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tostión del cacao FSA13.....	40
Figura 9.	Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tostión del cacao CCN51.....	40
Figura 10.	Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tostión del cacao FSV41.....	41
Figura 11.	Perfil sensorial FSA13; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2	43
Figura 12.	Perfil sensorial CCN51; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2	43
Figura 13.	Perfil sensorial FSV41; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2	44
Figura 14.	Comparación perfil sensorial FSA13.....	45
Figura 15.	Comparación perfil sensorial CCN51	45
Figura 16.	Comparación perfil sensorial FSV41.....	46

Lista de apéndices

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

Resumen

Título: Optimización del tiempo y la temperatura de tostión que permita la maximización de la calificación global sensorial de licores de cacao*

Autor: Astrid Johana Parra Silva, Fabian Alexis Roa Uribe**

Palabras clave: Cacao, tostión, perfil sensorial, licor de cacao, CCN51, FSA13, FSV41

Descripción: El cacao colombiano es muy apetecido a nivel mundial por su calidad, diversidad y rendimiento; a lo largo de los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas a fin de mejorar sus propiedades. Por ello, el objetivo de esta investigación fue determinar la temperatura y tiempo de tostión que conduzcan a la maximización de la calificación sensorial del licor de cacao conforme se modifican los índices de granos. En base a la literatura, los genotipos fueron clasificados y escogidos en tres tamaños: FSA13 (tamaño pequeño), CCN51 (tamaño mediano) y FSV41 (tamaño grande). Dicho esto, se diseñó un sistema de bloques 3x3 variando los rangos de tiempo (40,50,60) minutos y temperatura (130,140,150) °C, este proceso se realizó en un tostador llamado CocoaT jr Roaster PI. Seguidamente, los nibs recibieron una transformación de grano a licor de cacao para ser evaluados por un panel experto en catación que evidenció los resultados de las percepciones sensoriales en el formato de Cocoa of excellent. La maximización de estas calificaciones se realizó a través de una superficie de respuesta que contó como variables independientes: tiempo y temperatura y como variable de respuesta: el promedio de los descriptores positivos (cacao, floral, frutal y nuez) arrojando los siguientes puntos: FSA13 (130 °C y 40 minutos), CCN51 (130 °C y 50 minutos) y FSV41 (140 °C y 40 minutos). Con esta investigación se demostró que el tamaño de los granos influye en el perfil sensorial; existiendo una relación proporcional entre el tiempo, la temperatura de tostión y el índice de grano.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química
Director. Luis Javier López Giraldo, Codirectora. Claudia Johanna Sandoval Lozano

Abstract

Title: Optimization of roasting time and temperature to maximize the overall sensory rating of cocoa liquors.*

Authors: Astrid Johana Parra Silva, Fabian Alexis Roa Uribe**

Key Words: Cocoa, roasting, sensory profile, cocoa liquor, CCN51, FSA13, FSV41

Description: Colombian cocoa is highly valued worldwide for its quality, diversity and yield; over the last few years, new techniques have been developed to improve its properties. Therefore, the objective of this research was to determine the roasting temperature and time that lead to the maximization of the sensory qualification of cocoa liquor as the bean indexes are modified. Based on the literature, genotypes were classified and chosen in three sizes: FSA13 (small size), CCN51 (medium size) and FSV41 (large size). That said, a 3x3 block system was designed varying the ranges of time (40,50,60) minutes and temperature (130,140,150) °C, this process was performed in a roaster called CocoaT jr Roaster PI. Next, the nibs received a transformation from bean to cocoa liquor to be evaluated by an expert tasting panel that evidenced the results of the sensory perceptions in the Cocoa of excellent format. The maximization of these ratings was done through a response surface that counted as independent variables: time and temperature and as response variable: the average of the positive descriptors (cocoa, floral, fruity and nutty) yielding the following points: FSA13 (130 °C and 40 minutes), CCN51 (130 °C and 50 minutes) and FSV41 (140 °C and 40 minutes). With this research, it was demonstrated that kernel size influences the sensory profile; there being a proportional relationship between time, roasting temperature and kernel index.

* Degree work

** Engineering Physical-Chemical Faculty, Chemical Engineering Department
Director. Luis Javier López Giraldo, Codirectora. Claudia Johanna Sandoval Lozano

Introducción

En el proceso de tostión se reduce el contenido de humedad del grano de cacao, provocando el desprendimiento de la cascarilla de éste, facilitando así el proceso de molienda; además de reducir la acidez volátil, también se eliminan microorganismos que afectan el sabor y aroma del licor de cacao [1]. En la tostión se continúan desarrollando los precursores de aroma formados en procesos anteriores, y ocurren las reacciones de Maillard, encargadas de desarrollar las características finales de olor, sabor y color que identifican al chocolate [2].

Uno de los principales problemas en el proceso de tostión es el desconocimiento de las variables de tiempo y temperatura óptimas para los diferentes tamaños de los granos de cacao, debido a los diferentes genotipos de cacao que se encuentran en las regiones. En efecto, el problema es complejo puesto que conforme se cambia el tamaño, la temperatura y el tiempo de tostión se modifican los compuestos volátiles producido por las reacciones de Maillard, lo que repercute en las pastas de cacao que se obtienen para procesamiento final en la industria. Para estudiar las variables mencionadas se usará un tostador con tambor rotatorio de acero inoxidable llamado CocoaT jr Roaster PI de la marca Cocatown con capacidad máxima de 2 kg, ideal para tostar uniformemente los granos, el tostador cuenta con temporizador analógico de 0-120 minutos y un rango de calefacción de 150-500 F (65,5 - 260 C) [3].

El objetivo de esta investigación fue el de determinar la temperatura y tiempo de tostión que conduzcan a la maximización de la calificación sensorial de al menos tres descriptores positivos del licor de cacao. Por lo anterior esta investigación busca responder a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los parámetros óptimos de tiempo y temperatura en el proceso de tostión para los distintos índices de grano que garantizan un mejor perfil sensorial?

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar la temperatura y tiempo de tostión que conduzcan a la maximización de la calificación sensorial del licor de cacao conforme se modifican los índices de granos.

1.2 Objetivos Específicos

- Establecer el tiempo y temperatura de tostión que propenden por aumentar al menos 3 descriptores sensoriales positivos en licores de cacao.
- Evaluar la influencia del tamaño del grano en los tiempos y temperaturas de tostión que conducen a la maximización de la calificación sensorial de al menos 3 descriptores sensoriales positivos en licores de cacao.

2. Estado del arte

La tostión es una de las etapas más importantes en la producción del licor de cacao [4], pues allí los más de quinientos precursores de sabor y aroma, que son compuestos volátiles generados durante el beneficio del cacao [5], se transforman por medio de las reacciones de Maillard en alcoholes, éteres, furanos, piranos, tiazoles, ácidos, ésteres, iminas, aminas, ossazoles, pirroles, entre otros [6]. Sin embargo, los compuestos más relevantes son las pirazinas y los aldehídos de Strecker que constituyen la parte fundamental de la formación de los atributos sensoriales [7]. Con el aumento de la temperatura se reduce el contenido de polifenoles totales, aminoácidos libres y azúcares reductores; sustancias que originan percepciones sensoriales indeseables [8].

En el 2016 Josefina Aldave Palacios [9] realizó un estudio sobre “los efectos de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao de Perú, en el cual trabajó con dos variedades de cacao, el CCN51 y ICS-6, los cuales se expusieron a una temperatura de 120°C y 130°C por 40 y 50 minutos respectivamente, empleando un tostador de IMSA con capacidad 10 kg. El licor de cacao fue evaluado por 6 catadores para verificar su calificación sensorial y mediante la prueba de Friedman se definió que el ensayo a 130 °C y 50 minutos fue el óptimo para el tostado de los dos tipos de cacao mostrando un mejor perfil en los atributos como floral, nuez y frutal.

Posteriormente, en el 2020 José Vera y Yuli Mantilla [10], realizaron un estudio para obtener una caracterización del sabor y aroma de licores de cacao de los clones TCS06, FEAR5 y FSV41 seleccionados por su calidad, rendimiento, sabor y aroma en la región de Santander, Colombia. El estudio arrojó que para un tostado a 105°C durante 20 minutos en un horno tostador Cocotown Rotiserie Showtime, todas las muestras de cacao arrojaron diferentes perfiles frente a la evaluación sensorial. Las muestras correspondientes a los clones TCS06 y FEAR5 presentaron expresiones

más intensas, no solo para el sabor a cacao sino también a las notas sensoriales asociadas a los cacaos finos de aroma particularmente floral y frutal, y se encontraron presencias de notas sensoriales de amargor, acidez y astringencia propios del cacao.

En la investigación llevada a cabo por Jenifer Núñez, Angélica Sandoval & Jhon Méndez en el 2020 [4], en el departamento del Meta Colombia, se identificó el efecto que tiene el tostado sobre las propiedades del licor del copoazú, evaluando el efecto del tiempo (20 y 25 minutos) y la temperatura (115, 120 y 130) (°C) sobre las características químicas y sensoriales del licor usando un equipo giratorio Quantik JD-2000 con sistema mixto de transferencia de calor por conducción y convección, con una capacidad de 2000 g de muestra seca y velocidad de rotación de 70 r.p.m. Se encontró que, a 130 °C durante 25 min, el contenido de grasa en la pasta fue el más bajo respecto a los demás. De igual forma, los ensayos realizados mostraron que los granos de copoazú son sensibles a altas temperaturas, presentando defectos sensoriales como aroma quemado en granos tostados a 130 °C y 120 °C. Además, el estudio arrojó que el tratamiento óptimo de tostado para los granos de esta fruta es de 115 °C por 25 min obteniendo expresiones sensoriales más intensas. Los resultados de esta investigación sobre los factores evaluados mostraron que los tiempos y las temperaturas bajas usadas en el proceso de tostado, generan pastas de copoazú con porcentajes de acidez superiores a los registrados para semillas tostadas a temperaturas altas por periodos de tiempo cortos.

Asegurar una buena tosti3n garantiza la eliminaci3n de microorganismos y 3cidos vol3tiles que generan sabores amargos y 3cidos en el licor de cacao, adem3s el tostado contribuye a disminuir la humedad de las semillas por debajo del 2 %, teniendo condiciones de operaci3n entre 110 – 150 °C para la temperatura y entre 15 - 60 minutos para el tiempo. El intervalo amplio en ambas variables (temperatura y tiempo), se debe al estado de la materia prima, el tama3o del grano, tipo

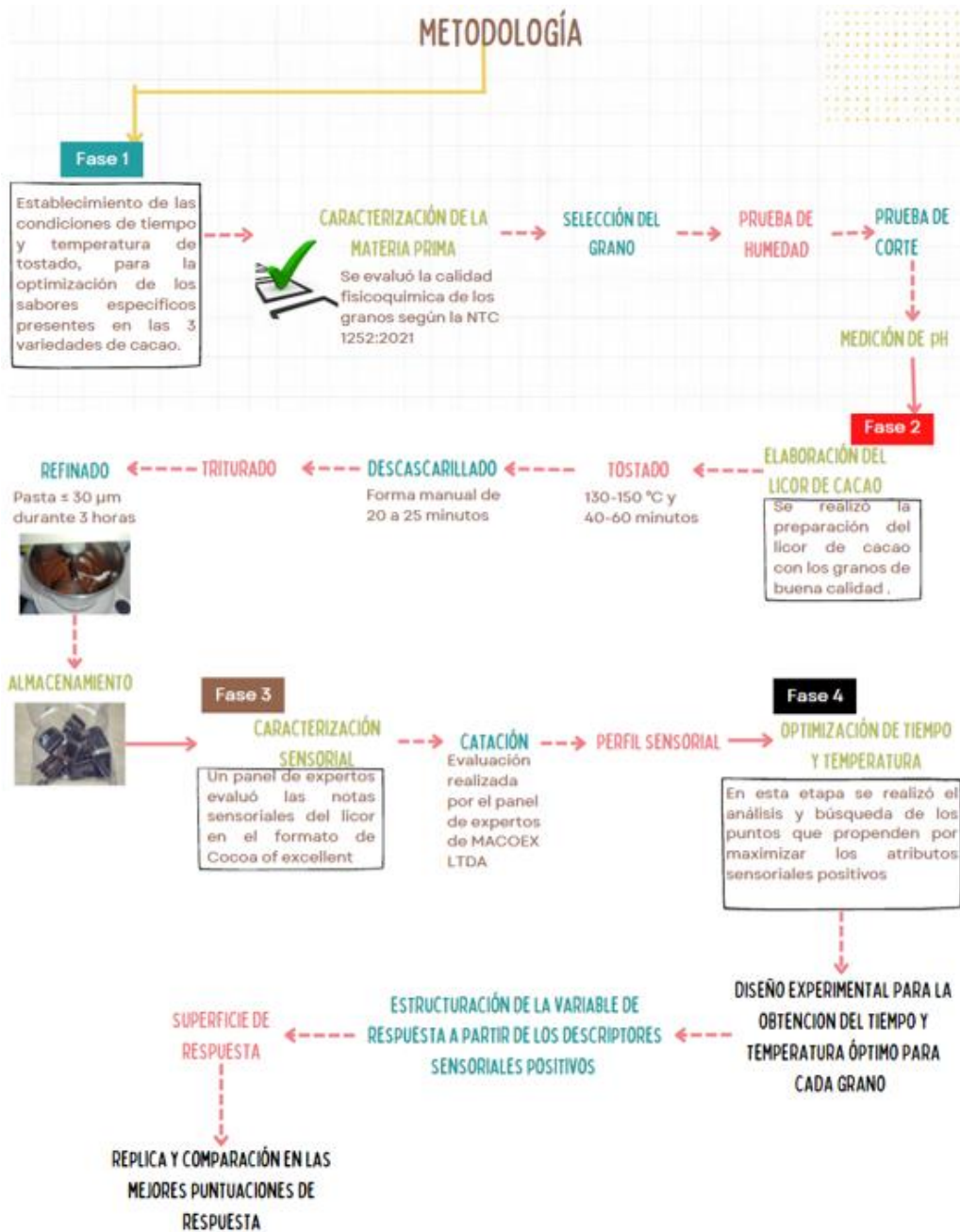
de cacao y equipo de tostado, por esto es por lo que típicamente se asignan rangos para los valores de tiempo y temperatura de tostado y es necesario que cada productor determine las condiciones propias conforme se cambia el tostador y el tamaño de los granos [11]. Por lo tanto, para el Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos – CICTA, resulta de suma importancia estandarizar las condiciones de tuestión para granos de cacao que tienen diferentes índices de grano, los cuales son procesados de manera recurrente durante los procesos de investigación que realiza el grupo en esta área.

3. Metodología

La metodología del proyecto se sintetiza en la Figura 1

Figura 1.

Metodología del proyecto de investigación



3.1 Caracterización de la materia prima

En esta fase se desarrollaron las pruebas experimentales con las que se evalúa la calidad fisicoquímica de los granos; las pruebas fueron realizadas a cada uno de los tres tipos de granos usados en este proyecto de investigación.

3.1.1 Selección del grano

De acuerdo con las caracterizaciones hechas por Perea [5] y Quintana [12], los granos de cacao producidos en Colombia tienen índices de grano variables según el genotipo de cacao. Con base en esto se procedió a dividir los granos en categoría pequeño a aquellos que tienen un índice de grano $\leq 1,3$; medianos $1,4 - 1,6$ y grandes a los $\geq 1,7$. Para cada una de estas categorías se escogió un genotipo así: para granos grandes el FSV41, medianos el CCN51 y pequeños FSA13.

Las muestras de cacao FSV41 y CCN51 fueron adquiridas en la finca el Dique, vereda la Paz en el departamento de Santander y el FSA13 en Florestania, vereda Santa Inés, Tame, Arauca, con cacao cultores de la región que tuvieran conocimiento de las prácticas de calidad según la NTC 1252:2021 [13] y NTC-ISO 2292 [14].

Luego de recibir todas las muestras de cacao se inició la evaluación de los granos con una apreciación visual y táctil para posteriormente ser sometidas a las siguientes pruebas:

3.1.2 Prueba de humedad

Se determinó el contenido de humedad con ayuda de un Aqua Boy Kami- medidor de humedad para cacao con electrodo de copa, que maneja un rango de humedad del 2 al 20% con una exactitud de $\pm 0,1\%$ [15] que mide la concentración de agua presente en los granos. Según lo establecido

en la AOAC 931.04 [16] y la NTC 1252:2021[13] se determina que el cacao corriente debe poseer una humedad menor o igual al 7,5% y el premium menor al 7%.

Para hacer la medición se agregaron entre 3 a 5 granos (de acuerdo con el tamaño del grano) a la copa del medidor, la cual se gira hasta escuchar el crujido indicador para la lectura del electrodo. Antes de las medidas, se verificó que el equipo esté calibrado y funcionando correctamente [17]. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada uno de los 3 tipos de grano seleccionados y el resultado se expresó como el promedio de las tres mediciones.

3.1.3 Prueba de corte

Para determinar el grado de fermentación de los granos de cacao se procedió a realizar una prueba de corte, ésta consistió en partir longitudinalmente 50 granos de cacao a la vez, con una guillotina marca Teserba; la cual cuenta con una cuchilla de acero inoxidable [18]. Una vez cortados los granos, éstos se clasificaron por inspección visual en las siguientes categorías: granos bien fermentados, ligeramente violeta, violeta, sobre fermentado y mohoso de acuerdo con la norma NTC 1252:2021[13] (ver apéndice 1).

Para calcular el porcentaje de granos en cada categoría de las previamente mencionadas, se multiplicó el cociente de la relación entre el número de granos de cada categoría y el número total de granos cortados por cien [19] de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grano por categoría} = \frac{\# \text{ granos de la categoría}}{\# \text{ total de granos cortados}} * 100$$

(Ec. 1)

3.1.4 Medición de pH

Para el cálculo de pH se agregó una muestra de 10 g de los granos triturados y descascarillados en un vaso de precipitado de 250 ml, después se añadieron 45 ml de agua destilada hirviendo, se licuó

por dos minutos; posteriormente se filtró por un papel de 9 μm . Luego se sumergió, en el filtrado, el electrodo previamente calibrado del pH-metro HandyLab 100 de SI ANALYTICS [20], y se tomaron las lecturas de pH. Los procedimientos previamente descritos se repitieron 3 veces para cada tipo de grano para posteriormente promediar los resultados de dichas lecturas, de acuerdo con los procedimientos descritos por la NTC-ISO 2292:2021 [14].

3.2 Elaboración del licor de cacao

En esta sección se realizó la preparación del licor de cacao para los granos de cacao de las tres variedades seleccionadas previamente. Para determinar la temperatura y tiempo de tostión se evaluaron los siguientes rangos 130-150 $^{\circ}\text{C}$ y 40-60 minutos.

3.2.1 Tostado

La tostión se realizó en un tostador con tambor rotatorio de acero inoxidable CocoaT jr Roaster PI de la marca Cocatown con capacidad máxima de 2 kg [3] en tandas de 250 gramos para cada muestra. Durante este proceso, los granos de cacao giran constantemente dentro del tambor de acero inoxidable a una velocidad baja. Estos se calientan por calor de convección y calor de conducción, lo que da como resultado granos uniformemente tostados [11].

El horno se precalentó a 40 $^{\circ}\text{C}$ por arriba de la temperatura a la que se quiere tostar para garantizar que la energía en el interior del tostador se conserve al ingresar los granos al tambor, esto con el fin de asegurar que durante todo el tiempo del proceso la muestra mantenga los mismos niveles de calor. Adicionalmente, la temperatura del tambor rotatorio se monitoreo a lo largo de la tostión con una Termocupla- Fluke 52 k/j digital thermometer [21], ajustando la misma en caso de ser necesario.

3.2.2 Descascarillado

Para esta investigación en el proceso de descascarillado, se empleó el descascarillado manual para los diferentes tipos de granos de cacao, cada muestra utilizada contenía 250 gramos.

- **Manualmente:** La finalidad de este proceso consistió en que la cascarilla de cacao se separara del nibs para que no produjese sabores ácidos y astringentes en las muestras de licor de cacao [22]. Por ello, se realizó presión al cacao tostado y frío para que el grano se desprendiera de la cáscara fácilmente y así clasificarlo en dos recipientes, uno en donde se almacene la cáscara de la semilla y en el otro el nib del cacao. Este proceso toma aproximadamente para cada muestra entre 20 a 25 minutos [23].

3.2.3 Triturado

El propósito de esta etapa fue disminuir el tamaño de los nibs de cacao, mediante un equipo de molienda- Cocatown mini pregrinder. Una vez los nibs de cacao estuvieron fríos, se dividió cada muestra de 250 gramos en dos partes iguales de 125 gramos, debido a la capacidad del equipo; triturando por separado cada parte por 5 segundos y posteriormente se almacenó cada muestra de 250 gramos en bolsas herméticas individuales, esto para garantizar que el tamaño de los nibs fueran lo más homogéneos posibles al momento de llevarlos al refinador [24].

3.2.4 Refinado

Cada muestra individual de 250 gramos del producto del triturado, se llevó a un molino de piedras Cocoat Melanger- ECGC-12SLTA con capacidad de 4 kg [25]; cada una de las muestras fue molida durante un periodo de 3 horas; con el objetivo de disminuir el tamaño de partículas hasta obtener una distribución de tamaño de partícula menor o igual a 30 μm [23]. Con el micrómetro

Mitutoyo 2650 se realizó este seguimiento para comprobar que el tamaño promedio del tamaño de partícula del licor de cacao estuviera en los rangos sugeridos por el protocolo propuesto por la USAID [23]. Lo anterior se hace con el fin de que el paladar del catador no se vea afectado en la etapa de la catación del producto y reducir un poco la acidez en el licor de cacao [23].

3.2.5 Almacenamiento

El licor fue vaciado en un molde de silicona de cocina en forma de bombón [26], enfriado a una temperatura controlada de 10°C en un ambiente libre de olores extraños que puedan afectar las muestras y; almacenado en una nevera una temperatura de 10°C cumpliendo la NTC 1252:2021. Pasadas 24 horas, cuando el producto estaba totalmente sólido fue desmoldado y envuelto en papel aluminio el cual fue transferido a una bolsa de conservación al vacío previamente rotulada según lo establecido en la NTC 486:2008 [27] y almacenado a una temperatura de 10°C cumpliendo la NTC 1252:2021. Posteriormente, fue enviado para su respectiva evaluación sensorial en la empresa Macoex LTDA, fundación Carlota ubicada en Girón-Santander.

3.3 Caracterización sensorial

3.3.1 Catación

Esta fase fue realizada por un panel de expertos en catación de licor de cacao y chocolate en el municipio de Girón, Santander. Para el análisis de las muestras se siguieron los protocolos establecidos por la norma ISCQF [28] que es la normativa internacional para evaluación de calidad y sabor del cacao y la NTC 3929:2021 [29].

En esta prueba, se evaluaron los atributos del sabor contemplados en el formato Cocoa of Excellent [30] los cuales son: fruta fresca, fruta marrón, floral, madera, especia, caramelo/ panela, nuez y

cacao. Y a su vez otras categorías como: acidez, amargor, grado de tostado, defectos “sabores atípicos” y sensación de astringencia [31] como se aprecia en la rueda del sabor figura 2 y cada nota sensorial mencionada anteriormente esta descrita en el apéndice 2 [31].

Las percepciones sensoriales que usualmente son distinguidas en la catación por los expertos y las cuales hacen que el cacao se clasifique como fino y de aroma son clasificadas en tres grupos según Noguera, Marcela [32]; Díaz, Shirley [33]; Cedeño, Damián [34]

Sabores básicos: Acidez, amargor, astringente.

Sabores específicos: Cacao, floral, frutal y nuez.

Sabores adquiridos: Cruz/verde, humo y moho.

En este estudio se tuvo en cuenta para la maximización de los atributos sensoriales el grupo de los sabores específicos presentes en la pasta de cacao, los cuales hacen referencia a las percepciones más positivas en el licor de cacao.

Figura 2.

Rueda de sabor de cacao



Fuente: Cocoa of Excellence – Comité Técnico, Roma, (Agosto 2021). Rueda de Sabor Cocoa of Excellence. Bioversity International.

3.3.2 Perfil sensorial

Los evaluadores consignaron sus apreciaciones respecto a las notas sensoriales en el formato de Cocoa of excellent como se aprecia en la tabla 1 y la nota de calidad global es una apreciación general estimada al final por el catador en un rango de 1 a 10 explicada en el apéndice 3 para cada valoración [29].

Tabla 1.

Escala de intensidad de los atributos sensoriales

Escala de intensidad de los atributos	Significado
0	Ausente
1	Solo una traza que probablemente no se encuentre si se prueba otra vez
2	Presente en la muestra, pero en baja intensidad
3 a 5	Caracteriza la muestra claramente
6 a 8	Característica dominante de la muestra
9 a 10	Máximo. Intensidad fuerte. Se sobrepone a otras notas de sabor en la muestra

Fuente: Cocoa of excellence- Comité técnico (2021). Cocoa of excellence Glosario de términos para la evaluación del sabor de granos de cacao en licor de cacao y en chocolate- Escala de intensidad de los atributos. Bioversity International.

Con las puntuaciones obtenidas para cada uno de los atributos, los resultados son reportados a través del gráfico de sabor en el formato de evaluación sensorial de licor de cacao y chocolate como se aprecia en la figura 3 [35].

Figura 3.

Formato de evaluación sensorial

Cocoa of Excellence
Formato para Evaluación Sensorial de Licor de Cacao y Chocolate

Evaluador _____ Fecha _____
ID de muestra _____ Hora _____
Info de muestra _____

Licor Chocolate

Instrucciones: Inserte los valores de intensidad de cada atributo en los y marque con un los sub atributos percibidos

Escala de Intensidad
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
←--- menos intenso más intenso --->

WHEEL OF EXCELLENCE
Diagrama circular de atributos sensoriales: Saboros Atípicos / Defectos, Grado de Tostado, Acidez Total, Amargor, Astringencia, Fruta Fresca, Fruta Marrón, Floral, Madera, Especiado, Nuez, Caramelo / Panela, Dulzor (solo para chocolate), Grado de Tostado, Madera, Floral, Fruta Marrón, Nuez, Especiado, Madera, Dulzor (solo para chocolate), Caramelo / Panela, Nuez, Fruta Fresca, Fruta Marrón, Floral, Madera, Especiado, Nuez, Caramelo / Panela, Dulzor (solo para chocolate), Grado de Tostado.

Lista de Atributos:

- Cacao
- Acidez
 - Frutal Acética Láctica
 - Mineral / Butírica
- Amargor
- Astringencia
- Fruta Fresca
 - Bayas Cítricos Oscura
 - Pulpa amarilla / Anaranjada / Blanca
 - Tropical
- Fruta Marrón
 - Secca Marrón Excesivamente madura
- Floral
 - Pasto / Vegetal verde / Hierba
 - Terroso / Hongo / Musgo / Bosque
 - Flor de azahar Flores
- Madera
 - Clara Oscura Resina
- Especiado
 - Especias Tabaco
 - Sazonado / Umami
- Nuez
 - Parte interna nuez Piel de la nuez
- Caramelo / Panela
- Dulzor (solo para chocolate)
- Grado de Tostado

Sabores Atípicos / Defectos

- Sucio / Empolvado Humedad
- Mohoso Carnoso/ Animal/ Cuero
- Sobre-fermentado / Fruta podrida
- Pútrido / Estiércol Humo
- Otros sabores atípicos

Descripción _____

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Calidad global

Comentarios sobre el sabor

Gráfico de Sabor
Gráfico de radar con ejes: Dulzor, Caramelo / Panela, Nuez, Especiado, Madera, Floral, Fruta Marrón, Astringencia, Amargor, Acidez, Tostado, Cacao, Sabores Atípicos / Defectos.

El formulario de evaluación sensorial Cocoa of Excellence está bajo la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Fuente: Cocoa of excellent 2021- Bioversity international, Rome, (Agosto 2021). Formato de evaluación sensorial.

3.4 Optimización tiempo y temperatura de tostado

En esta parte del proyecto se realizó el análisis y búsqueda de los puntos que propenden por maximizar los atributos sensoriales positivos a partir de los resultados de los perfiles sensoriales obtenidos con anterioridad.

3.4.1 *Diseño experimental para la obtención del tiempo y temperatura óptimo para cada tipo de grano*

Para determinar los parámetros operacionales que consigan los mejores perfiles sensoriales de los licores de cacao a partir de los 3 tipos de granos se diseñó un sistema de bloques de 3x3 con dos réplicas en los puntos que arrojaran los mejores atributos específicos (cacao, frutal, nuez, floral) [36].

Con el fin de afianzar los resultados que se obtuvieron en las condiciones de tostión seleccionados como las óptimas, se realizó una revisión de la literatura relacionada con las variables de tostión con los siguientes términos de búsqueda: roasting, tiempo y temperatura de tostión y licor de cacao; se recopilaron en total 13 artículos con estudios que compartían características similares a los usados en esta investigación y mediante los cuales se determinaron los límites extremos y centrales para las variables de tiempo y temperatura. Se hizo producción del licor de cacao usando valores de tiempo y temperatura dentro del rango previamente establecido con los tres tipos de cacao seleccionados como los mejores con base en los resultados de la catación para la producción final del licor de cacao siguiendo el diseño experimental como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Diseño experimental

FSV41 CCN51 FSA13	T= 130°C t= 40 min	T= 140°C t= 40 min	T= 150°C t= 40 min
	T= 130°C t= 50 min	T= 140°C t= 50 min	T= 150°C t= 50 min

	T= 130°C t= 60 min	T= 140°C t= 60 min	T= 150°C t= 60 min
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------

3.4.2 Estructuración de la variable de respuesta a partir de los descriptores sensoriales positivos

Con los resultados de los análisis sensoriales realizados por parte del panel de catación de Macoex reflejados en el formato de cocoa of excellent [29] a los diferentes tratamientos térmicos descritos anteriormente, se estructuró la siguiente ecuación para los descriptores sensoriales positivos (cacao, frutal, nuez y floral) [32].

$$P(x) = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{4}$$

(Ec. 2)

Donde: P = Promedio descriptores sensoriales positivos

x_1 = Cacao; x_2 = Frutal; x_3 = Nuez; x_4 = Floral

3.4.3 Superficie de respuesta

Para hallar los puntos óptimos operacionales en la tosti3n para los licores de cacao, se emple3 el software **TIBCO Statistica 14.0.1**, en el que se tomaron como factores de variaci3n: temperatura y tiempo en los valores propuestos en el dise1o experimental y como variables de respuesta los cuatro descriptores sensoriales positivos (cacao, frutal, nuez, floral) en los gr1ficos de superficie de respuesta.

3.4.4 Réplica y comparación en las mejores puntuaciones de respuesta

En esta etapa se realizaron dos repeticiones bajo las condiciones óptimas que se encontraron para cada tipo de cacao con el fin de corroborar que estos valores de tiempo y temperatura garanticen atributos sensoriales positivos similares a los obtenidos previamente. Al igual, que una comparación que permita identificar si este estudio resalta frente a los resultados finales de los descriptores sensoriales positivos de otras investigaciones.

4. Resultados

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos a partir de la metodología anteriormente mencionada con sus respectivos análisis.

Como herramienta para la clasificación y agrupación de los tipos de grano se emplearon criterios establecidos por Fedecacao, para discriminar la calidad del grano [37], organizándose como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Clasificación de las características especiales del cacao colombiano

Características	Alto	Medio	Bajo
Cascarilla (%)	> 13	11-12	< 11
Índice de grano	> 1,7	1,4-1,6	1,3
índice de mazorca	> 21	16-20	< 15
Contenido de grasa (%)	> 55	52-55	< 52
Color del grano	Blanco-rosado	Violeta	Morado

Fuente: Fedecacao, 2005

Usando la clasificación de índice de grano, propuesta por Fedecacao, se procedió a escoger un genotipo de cacao representativo de la siguiente manera: granos grandes $\geq 1,7$; granos medianos de 1,4 a 1,6 y granos pequeños $\leq 1,3$, tal y como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.

Clasificación índice de grano de cacao

Clasificación índice de grano	Tipo	Índice de grano	Rendimiento (kg/ha/año)
-------------------------------	------	-----------------	-------------------------

	CAU 39	0,9	918
	TSH 565	1,2	1212
Pequeño	IMC 67	1,3	975
	FSA 12	1,3	1575
	FSA 13	1,3	1824
	ICS 95	1,4	902
	TSH 812	1,4	1003
	CCN 51	1,6	1441
Mediano	FLE 3	1,6	1843
	FEAR 5	1,6	1689
	FEC 2	1,6	1895
	FSV 25	1,6	905
	FSV 155	1,6	450
	ICS 1	1,7	1117
	EET 96	1,7	1550
	FGI 4	1,7	1255
	FMA 7	1,7	1138
	FTA 2	1,8	1389
	ICS 6	1,9	1432
Grande	FLE 2	2	1612
	FSV 41	2,1	1993
	SCC 61	2,1	1090
	FYC 2	2,1	635
	EET 8	2,2	1235
	ICS 39	2,3	1598
	ICS 60	2,3	1076

Fuente: Características de calidad del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares, 2017

Se escogió un representante de cada clasificación de índice de grano para realizar las muestras, priorizando los granos de más alto rendimiento en su categoría así:

Índice de grano pequeño: FSA13

Índice de grano mediano: CCN51, aunque no es el de mayor rendimiento en su categoría es uno de los más comunes y estudiados de la región Santandereana.

Índice de grano grande: FSV41

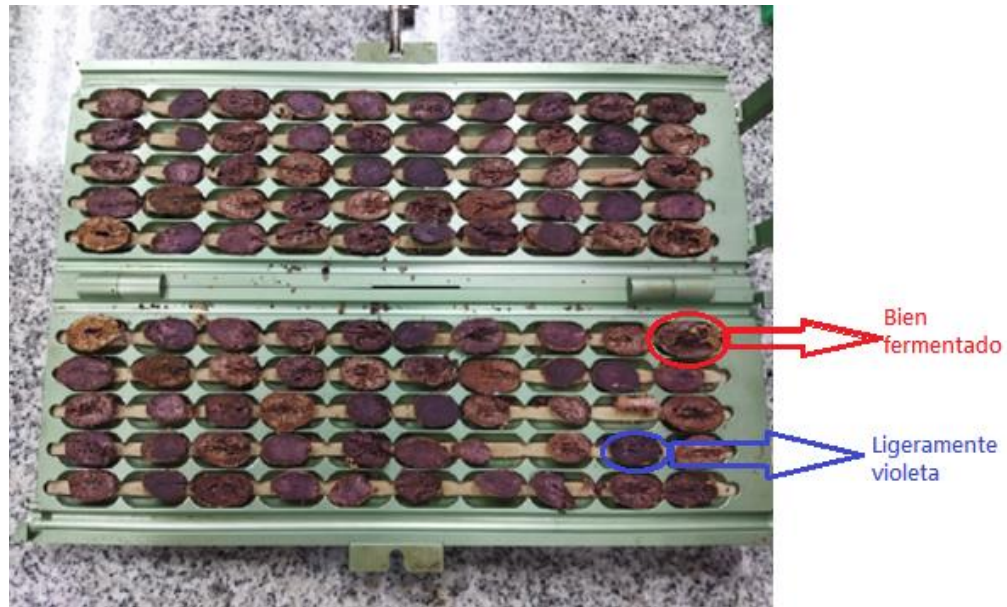
Seguidamente se procedió a contactar a diferentes proveedores y se les compró 15 kg de tipo de cacao FSV41, 15 kg de FSA13 y 6 kg de CCN51 para la investigación.

4.1 Análisis pruebas de calidad

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las pruebas de calidad de los tres diferentes genotipos de cacao:

- **pH:** para cada tipo de genotipo se repitió 3 veces la lectura del valor dado por el pH-metro; en todos los casos, el valor medido fue el mismo, se realizó su respectivo promedio y desviación estándar; el valor leído para cada muestra se evidencia en la tabla 5.
- **Humedad:** los resultados leídos se promediaron y los resultados se muestran en la tabla 5 con su respectiva desviación estándar.
- **Porcentaje de granos para cada genotipo:** En la prueba de corte se pudo evidenciar lo siguiente: El genotipo FSA13 tuvo 36 granos bien fermentados y 14 ligeramente violetas (ver apéndice 4); para el CCN51 habían 21 bien fermentados y 29 ligeramente violetas (ver apéndice 5) y para el FSV41 se observaron 33 bien fermentados y 17 ligeramente violetas (ver apéndice 6). En la figura 5 se muestra el tipo de grano que se clasificó de forma visual como bien fermentado y ligeramente violeta siguiendo como base la clasificación que se muestra en el apéndice 1. Los porcentajes de granos fueron calculados con la ecuación 1 y están tabulados en la tabla 5. Vale la pena resaltar que no hubo granos mal fermentados o mohosos por lo cual no se tuvo en cuenta esta clasificación al momento de realizar los cálculos.

Figura 4.

Prueba de corte granos de cacao

Todos los resultados obtenidos en las pruebas de calidad se pueden observar de una manera resumida en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Características de la materia prima

Requisitos	FSA13	CCN51	FSV41
pH	5,18 ± 0	4,85 ± 0	5,04 ± 0
% de humedad	7,13 ± 0,15	6,47 ± 0,25	5,36 ± 0,15
% grano bien fermentado	72	42	66
% grano ligeramente violeta	28	58	34

Las muestras de los granos de FSA13 y CCN51 cumplen con las condiciones de humedad establecidas por la NTC 1252:2021 puesto que están dentro del rango de humedad que los clasifica como cacaos premium y corriente respectivamente; por otra parte, en las muestras del grano FSV41 se evidencia un leve secado más fuerte obteniendo un valor de 5,36% de humedad.

Como se puede evidenciar en la tabla 5 los granos de tipo FSV41 y FSA13 sobresalieron por una buena fermentación concentrando una mejor calidad del grano según la NTC 1252:2021 que cataloga como cacao premium al grano con una fermentación ≥ 70 y al corriente ≥ 65 , por otro lado, el grano CCN51 tiene un mayor porcentaje de granos ligeramente violetas que bien fermentados, lo que afectará en gran medida su perfil sensorial [38].

4.2 Tostado

Para el proceso de tostado se realizaron los tratamientos térmicos descritos en la tabla 6 fijando el tiempo y temperatura para cada genotipo de cacao. Más adelante se analizará el efecto que tienen estos tratamientos en los descriptores sensoriales desde un punto estadístico.

Tabla 6.*Tratamientos térmicos de los granos de cacao*

<i>Tostión</i>			
Tipo de cacao	N° de muestra	Temperatura [°C]	Tiempo[min]
FSA13	M1	120	40
	M2	120	50
	M3	120	60
	M4	130	40
	M5	130	50
	M6	130	60
	M7	140	40
	M8	140	50
	M9	140	60
CCN51	M10	120	40
	M11	120	50
	M12	120	60
	M13	130	40
	M14	130	50
	M15	130	60
	M16	140	40
	M17	140	50
	M18	140	60
FSV41	M19	120	40
	M20	120	50
	M21	120	60
	M22	130	40
	M23	130	50
	M24	130	60
	M25	140	40
	M26	140	50
	M27	140	60

4.3 Refinado

Según Scott, Breen el paladar detecta una textura en licores con una distribución de tamaño de partícula entre 25-35 μm . Se considera que la mayoría de los chocolates finos comerciales cuentan con un tamaño de partícula de 5 μm , evitando así dicha sensación [39]

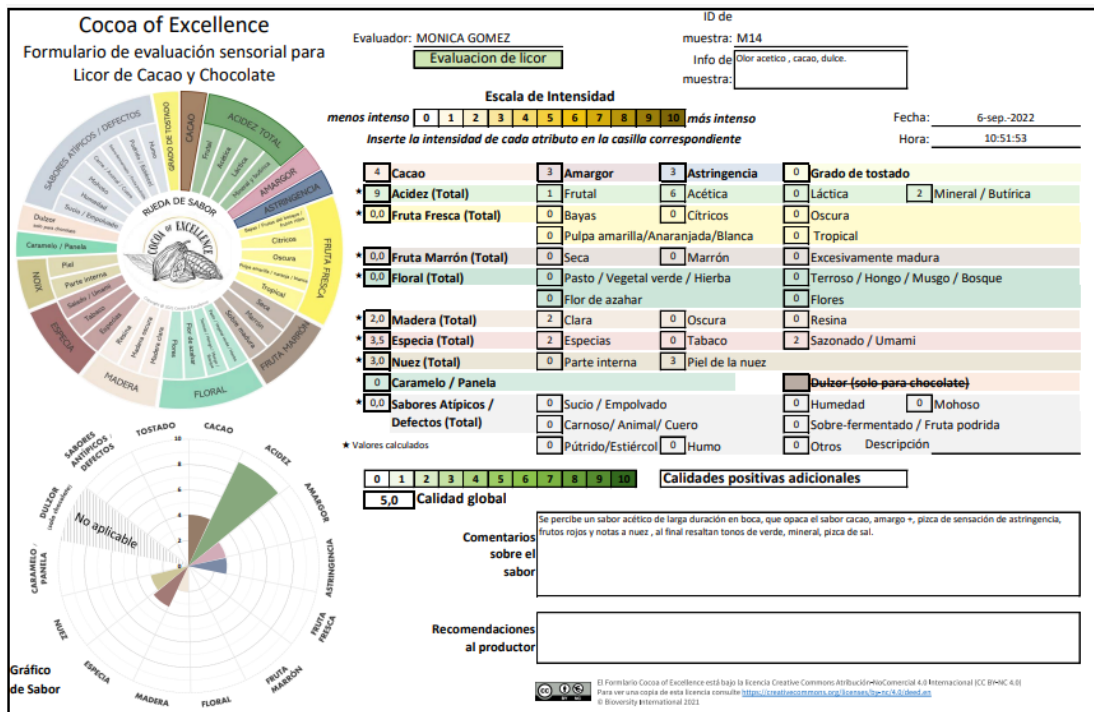
Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso de refinado se realizó usando el refinador cocoa melanger- ECGC-12SLTA durante 3 horas. La cantidad de nibs refinados fue de 250 g por genotipo. Una vez se terminó el proceso se realizó la verificación del tamaño de partícula con el micrómetro Mitutoyo; obteniéndose que para todas las pastas de cacao obtenidas las distribuciones de tamaño de partícula fueron menores a 6 µm (ver apéndice 8 y 9).

4.4 Caracterización sensorial

Los granos del genotipo CCN51 fueron adquiridos en la finca “El Dique” de Rionegro, Santander. El análisis sensorial realizado por el panel de catas para una de las nueve muestras de esta variedad fue la siguiente:

Figura 5.

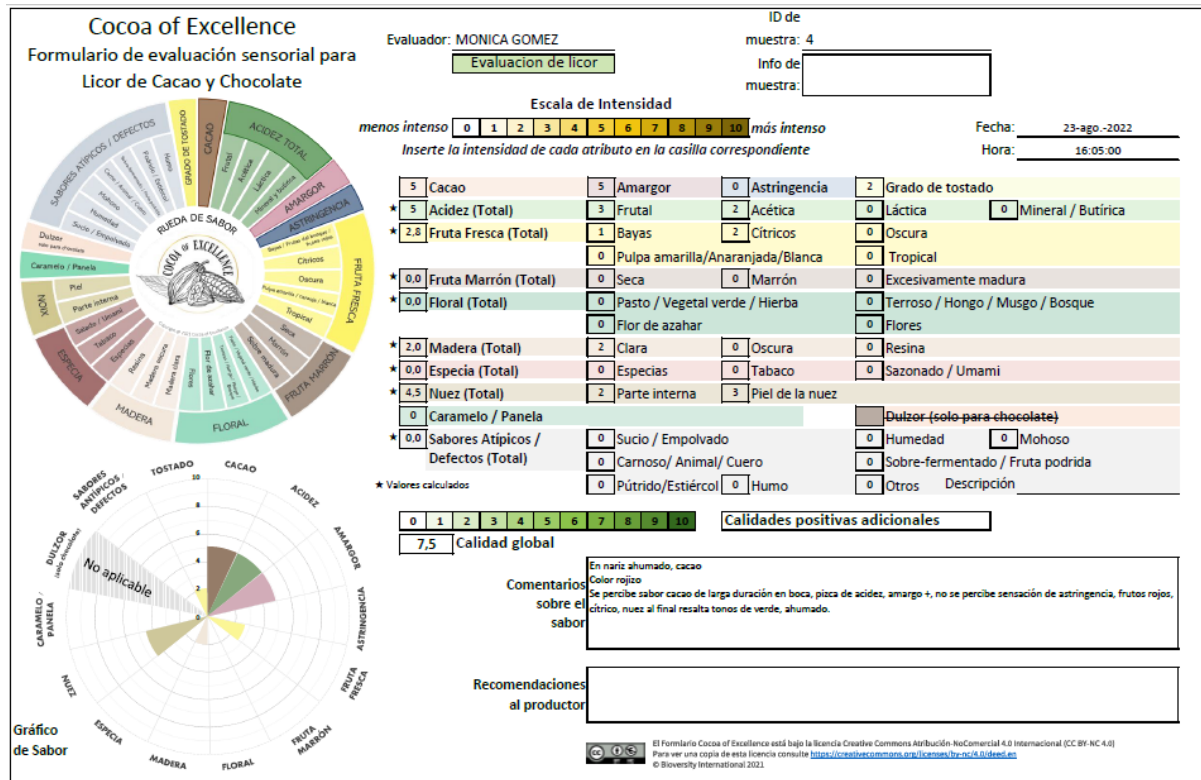
Resultado de la M14 del CCN51



Los siguientes autores han registrado perfiles sensoriales del CCN51: Quintana, Lucas et al. [40], Perea, Aide [41], Moreno, Solarte et al. [6], Consuelo, Nubia et al. [42], los cuales encontraron que el CCN51 expresa notas moderadas de sabor a cacao y altos niveles en sabores como ácido, amargo y astringente; además de tener menores percepciones en atributos específicos; estos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo. En la sección 4.5.3 se realizará una discusión más detallada de este aspecto y el detalle de cada una de las pruebas sensoriales efectuadas se encuentran en los apéndices 10 al 18. En las investigaciones realizadas por Quintana [40], Perea [41] y Martínez [42], encontraron que la variedad de cacao FSA13 se caracteriza por tener buenas puntuaciones en sabores a cacao, nuez y frutal y es menos amargo y ácido que el CCN51 haciéndolo más agradable al paladar. Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que esta variedad tuvo mejores puntuaciones en nuez, también se percibió un sabor de cacao de larga duración, frutos rojos y cítricos como se muestra en la figura 6 (para una mayor especificidad se puede consultar los apéndices del 19-27).

Figura 6.

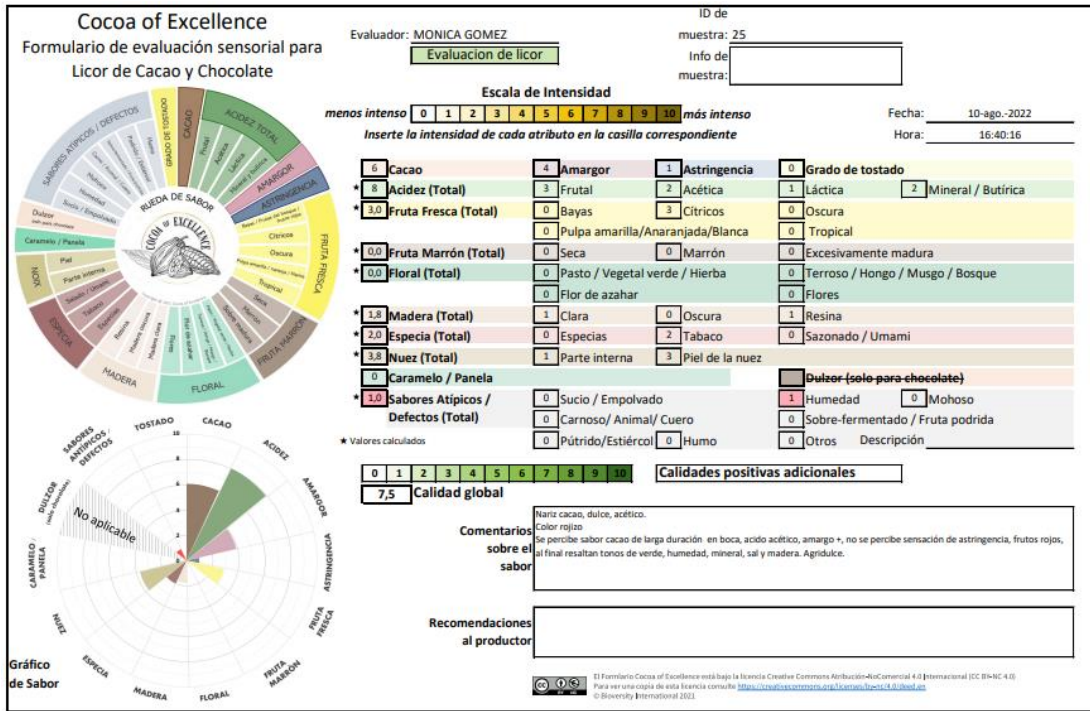
Resultado M4 FSA13



Y finalmente, los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto al perfil sensorial del FSV41, mostraron que este grano se caracteriza por tener notas más altas en sabor a cacao, son menos ácidos y amargos y poseen notas leves en sabores frutales y nuez como se aprecia en la figura 7. En la sección 4.5.3 se realizará una comparación y discusión de diversas investigaciones que involucran estos mismos genotipos de cacao para lograr identificar las diferencias con las halladas en este trabajo; además, los resultados de las catas realizadas por los expertos se pueden consultar en los apéndices del 28 al 36.

Figura 7.

Resultado M25 FSV41



4.5 Optimización del tiempo y la temperatura de tosti6n

Para la optimizaci6n se utiliz6 el dise1o experimental propuesto en la metodolog1a para los diferentes tratamientos t6rmicos

4.5.1 Estructuraci6n de la variable de respuesta a partir de los descriptores sensoriales positivos

Los resultados del an1lisis sensorial de los atributos positivos obtenidos a partir de los puntos propuestos en el dise1o experimental fueron tabulados en la tabla 7, utilizando la ecuaci6n 2 para determinar el promedio de la suma de los descriptores sensoriales positivos y utilizarla como variable de respuesta en el an1lisis estad1stico.

Tabla 7.

Puntuación de los descriptores sensoriales positivos para los diferentes tratamientos térmicos con la variable de respuesta

	Tostión			Descriptores positivos				P
	N° de muestra	Temperatura [°C]	Tiempo [min]	Cacao	Nuez	Floral	Frutal	
FSA13	M1	120	40	4	3	0	2	2,3
	M2	120	50	2	0	0	0	0,5
	M3	120	60	4	0	0	2	1,5
	M4	130	40	5	4,5	0	3	3,1
	M5	130	50	3	0	0	1	1,0
	M6	130	60	3	2	0	0	1,2
	M7	140	40	5	2	0	1	2
	M8	140	50	4	0	0	0	1
	M9	140	60	3	0	0	0	0,8
CCN51	M10	120	40	3	1	0	0	1
	M11	120	50	3	2	0	0	1,3
	M12	120	60	3	2	0	0	1,3
	M13	130	40	4	2	0	0	2
	M14	130	50	4	3	0	1	1,5
	M15	130	60	4	0	0	0	1
	M16	140	40	3	0	0	0	0,8
	M17	140	50	3	2	0	0	1,3
	M18	140	60	3	2	0	0	1,3
FSV41	M19	120	40	4	3	0	3	2,5
	M20	120	50	4	2	0	0	1,5
	M21	120	60	4	0	0	0	1
	M22	130	40	4	4	0	2	2,5
	M23	130	50	4	3	0	3	2,5
	M24	130	60	5	2	0	1	2
	M25	140	40	6	3,8	0	3	3,2
	M26	140	50	3	3	0	2	2
	M27	140	60	2	0	0	0	0,5

4.5.2 Superficie de respuesta

De acuerdo con la optimización realizada en el software TIBCO Statistica versión 14.0, los valores óptimos de tiempo y temperatura que maximizan los atributos sensoriales positivos (variable de

respuesta) para cada genotipo de cacao fueron: FSA13 130 °C y 40 minutos (ver figura 8), CCN51 130 °C y 50 minutos (ver figura 9) y FSV41 140 °C y 40 minutos (ver figura 10).

Se evidencia que a medida que el tamaño de grano es de mayor tamaño, se incrementa el tiempo de tuestión de 40 a 50 minutos, manteniendo la temperatura constante en 130 °C para los genotipos FSA13 y CCN51. Por otro lado, para el tamaño de grano más grande se debe incrementar la temperatura hasta 140 °C y conservar la tuestión en un tiempo intermedio de 40 minutos.

Los resultados obtenidos en esta investigación se compararon con los registros de otros autores que emplearon o hallaron la temperatura y tiempo óptimo con sus diferentes tostadores y/o tipos de cacao como aparece en la tabla 8.

Tabla 8.

Datos de tiempo y temperatura empleados por otros autores.

Autor	Año	Tipo de cacao	Tiempo y Temperatura	Marca y serie del tostador
Lucas Quintanilla	2018	CCN51	115 °C y 15 minutos	No específica
Yudi Ojeda	2018	No específica	120°C y 45 minutos	No específica
Fernando Vega	2016	No específica	125 °C y 30 minutos	Horno de convección Electrolux
Cristian Palencia	2020	No específica	110 °C y 12 minutos	Tostador de doble tambor marca Kaffemat
Gladis Aldave	2016	CCN51 e ICS6	130 °C y 50 minutos	Tostador IMSA Perú de 10 kg
José Vera	2020	TCS06, FEAR5 y FSV41	105 °C y 20 minutos	No específica
Rudineis Garay	2019	CCN51	140 °C y 10 minutos	Tostadora semi industrial

De lo anterior, se analizó que los rangos encontrados para el CCN51 coincidieron con los de Aldave [43] y los valores encontrados para los cacaos estuvieron dentro de los rangos de otros investigadores que fueron de 110 °C a 140 °C y de 10 a 50 minutos.

Figura 8.

Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tuestión del cacao FSA13

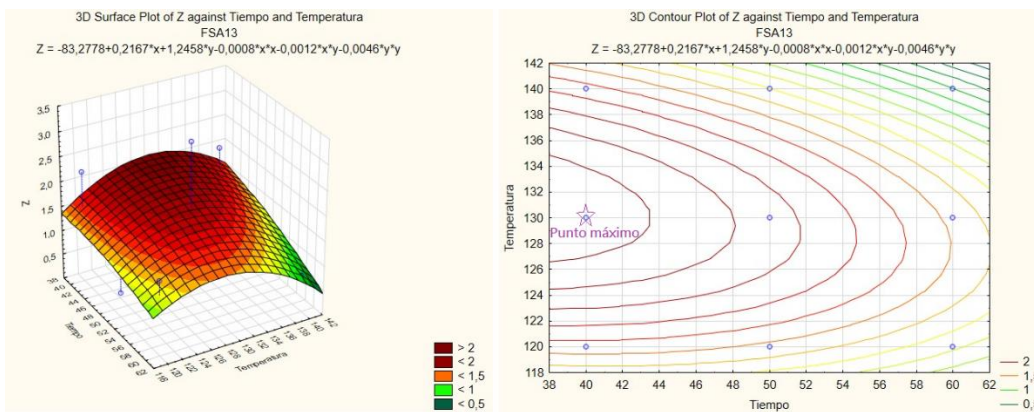


Figura 9.

Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tuestión del cacao CCN51

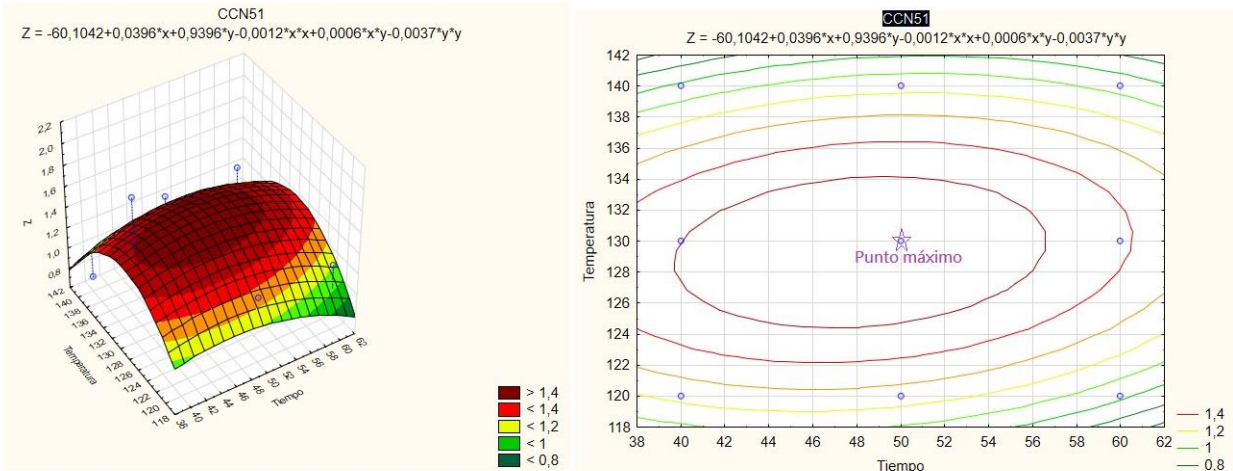
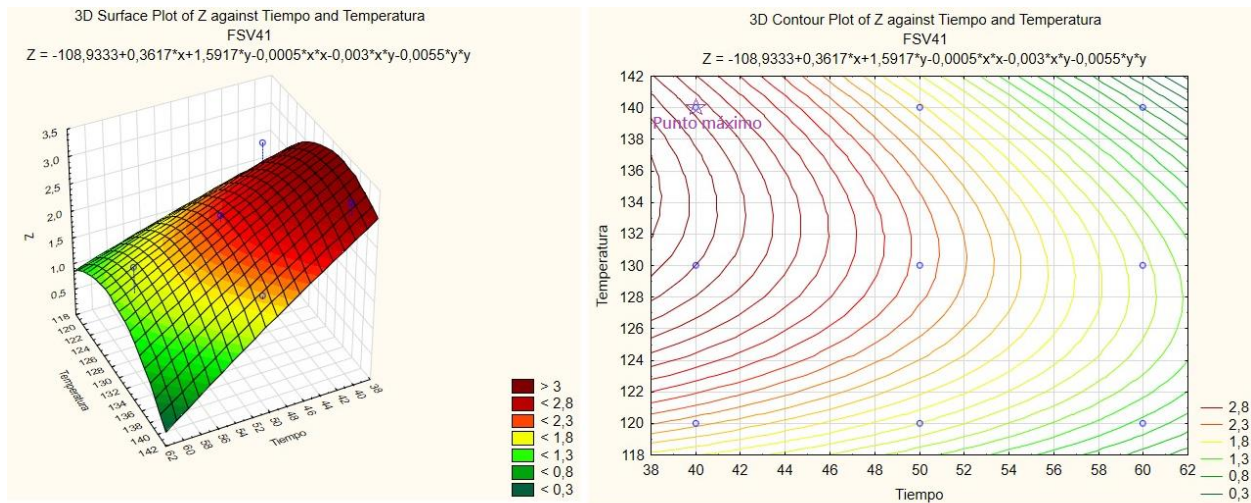


Figura 10.

Parte A: superficie de respuesta y Parte B: contorno estimado para el promedio de atributos sensoriales específicos en función del tiempo y temperatura de tuestión del cacao FSV41



4.5.3 Replica a las mejores condiciones de tuestión y determinación de la capacidad predictiva del modelo estadístico obtenido

Para esta parte de la investigación se realizaron dos replicas para las condiciones de tuestión que maximizaron las puntuaciones sensoriales positivas, para cada genotipo de cacao. Los resultados se encuentran resumidos en la tabla 9.

Tabla 9.

Puntuación de los descriptores sensoriales positivos de las réplicas en los mejores tratamientos térmicos para cada tipo de cacao.

Tipo de cacao	Tostión			Descriptores positivos			
	N° de muestra	Temperatura [°C]	Tiempo [min]	Cacao	Nuez	Floral	Frutal
FSV 41	M25	140	40	6	3,8	0	3
	R1	140	40	3	0	0	0
	R2	140	40	4	2	0	0
FSA 13	M4	130	40	5	4,5	0	3
	R3	130	50	4	0	0	0
	R4	130	50	5	3	0	2
CCN51	M14	130	50	4	2	0	0
	R5	130	40	4	4,5	0	2
	R6	130	40	3	1.8	0	0

Según los resultados mostrados en la tabla 9, se identifica que existe variación para las réplicas de los genotipos FSA13 y FSV41. Para estos dos genotipos hubo una leve disminución en la mayoría de descriptores positivos; estas diferencias pueden deberse al tiempo de preparación de la muestra respecto a la obtención del grano, ya que las muestras se hicieron un mes antes que las réplicas, lapso en el cual se hizo el análisis sensorial de las catas, a pesar que se tomaron las precauciones posibles para mantener el grano a las mejores condiciones posibles de almacenamiento que reduzcan la fluctuación de sus características sensoriales.

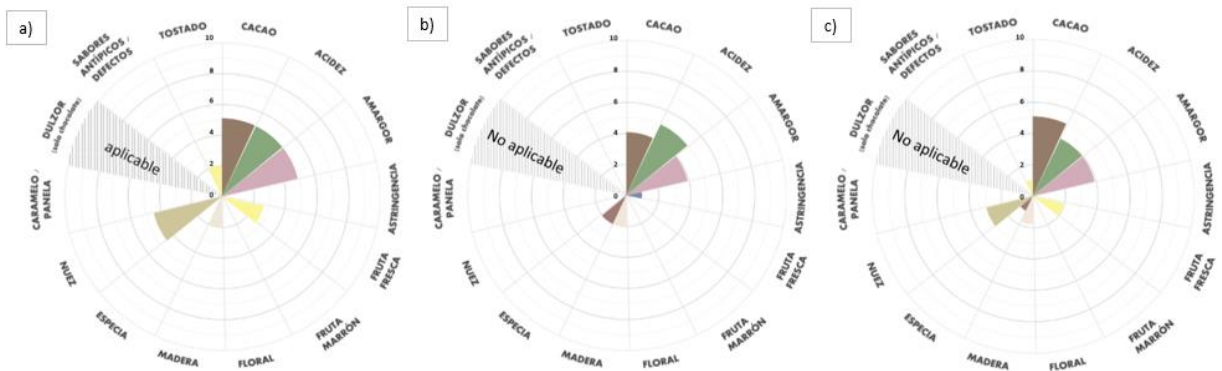
Otro motivo por el cual también se presenta esta diferencia es debido al panel de cata que, aunque todos los integrantes están bien capacitados, formados y entrenados no todos perciben lo mismo en cada muestra y esto se ve reflejado en puntuaciones diferentes y una calificación que varía según el criterio personal de cada uno de ellos. En la tabla 9, también se puede apreciar que el CCN51 presentó una mejor puntuación en sus repeticiones, en los descriptores positivos de sabor

a nuez y notas de frutal que no se encontraron en la muestra original. Para este caso en particular, las réplicas se mandaron con una semana de diferencia con respecto a la muestra original, lo que hizo que los granos se mantuvieran en perfecto estado y no se vieran afectados por diversos cambios fisicoquímicos.

A pesar de las diferencias en los atributos especiales que se acaban de mencionar, los perfiles sensoriales para cada genotipo de cacao y sus repeticiones se muestran en los gráficos radiales de las figuras 11 al 13.

Figura 11.

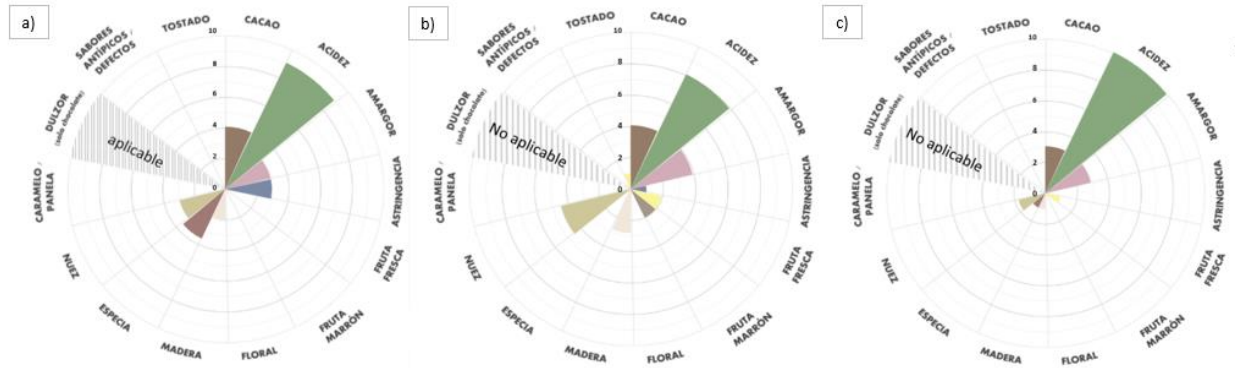
Perfil sensorial FSA13; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2



En la figura 11 se puede observar que no hay una diferencia marcada en el perfil sensorial de la muestra original con sus repeticiones, no se encontraron sabores atípicos; por el contrario, se percibió un buen aroma a cacao en boca, surgieron leves cambios en la acidez y un menor sabor a nuez.

Figura 12.

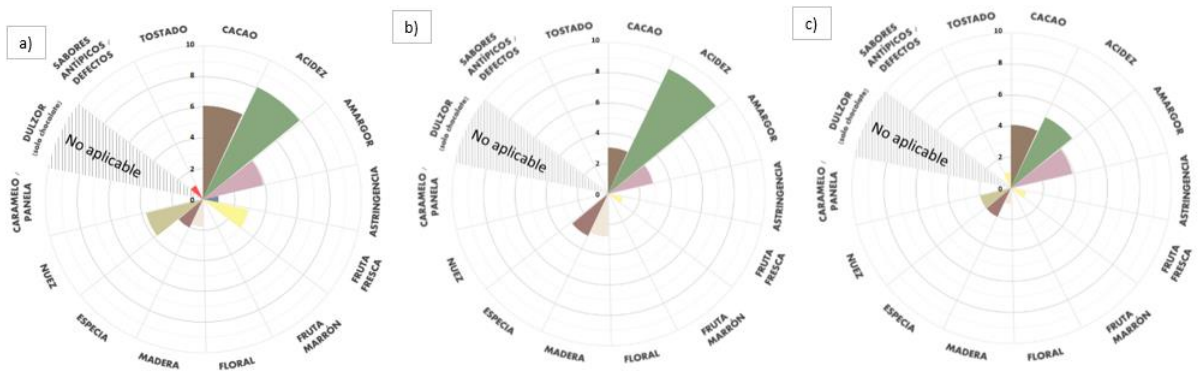
Perfil sensorial CCN51; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2



En la figura 12 se presentan grandes picos de acidez en las muestras del perfil sensorial del CCN51, un amargor positivo controlado, aromas de nuez sobresalientes en las réplicas, sin sabores atípicos en ninguna de ellas y un toque frutal para destacar.

Figura 13.

Perfil sensorial FSV41; a) mejor muestra; b) repetición 1; c) repetición 2

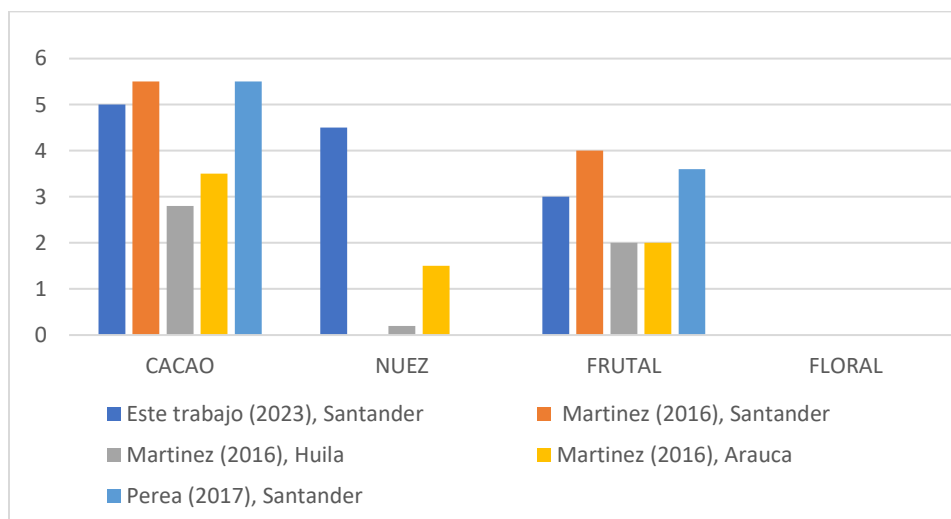


La figura 13 muestra una leve diferencia negativa en sus réplicas debido al largo periodo de almacenamiento al que fue sometido, ocasionando que su acidez variara significativamente y sus descriptores positivos como nuez, cacao y frutal disminuyeran notablemente.

En las figuras 14 – 16 se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en este trabajo y los previamente reportados por otros autores. El objetivo de la comparación fue el de identificar los puntos en común y las principales diferencias entre los perfiles sensoriales reportados para cada uno de los genotipos estudiados.

Figura 14.

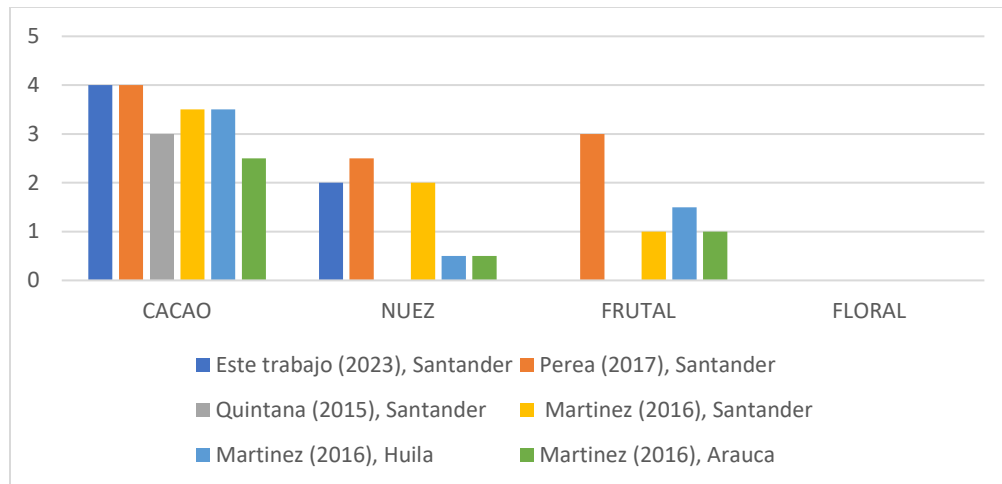
Comparación perfil sensorial FSA13



En la figura 14 se muestra el perfil sensorial del FSA13 hallado por los diferentes autores, en esta figura se aprecia que las muestras de este trabajo resaltan por el sabor a nuez, superando a las demás. También tiene un sabor a cacao y frutal que está en el valor promedio obtenido para muestras de Santander y superior a la de los otros lugares, cabe resaltar que el descriptor floral no fue encontrado en ninguna de las investigaciones analizadas.

Figura 15.

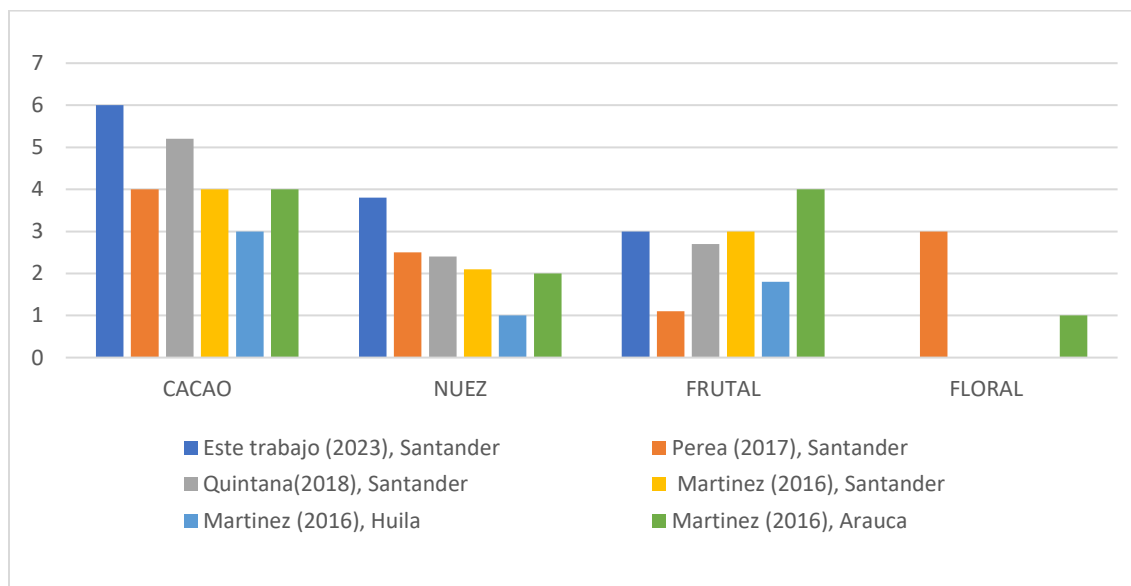
Comparación perfil sensorial CCN51



En la figura 15 se muestra el perfil sensorial del CCN51, que, a pesar de tener la menor calificación global de los 3 genotipos analizados, sobresale por descriptores positivos como cacao y nuez; además de mantener un sabor frutal promedio (salvo por la muestra evaluada por Perea (2017)). También se evidencia como en la muestra del grano FSA13 que ningún estudio encontró sabor floral en sus muestras.

Figura 16.

Comparación perfil sensorial FSV41



En la figura 16 se muestra el perfil sensorial del FSV41, se puede observar una notable superioridad en el sabor a cacao y nuez de los resultados obtenidos en este trabajo con los demás; además de contar con un perfil frutal promedio. Al contrario de las muestras anteriores, hubo dos autores (Perea, 2017 y Martínez 2016) que encontraron percepción floral en sus muestras, pero en los otros descriptores obtuvieron puntajes más bajos en comparación con los nuestros, lo que demuestra, que los procesos de postcosecha, el tiempo y temperatura empleados en la tostión son variables que influyen significativamente en el perfil sensorial de los licores de cacao. Esta observación hace de este campo de la ciencia particularmente difícil de estudiar y; por lo tanto, resulta clave estandarizar al máximo cada una de las etapas, incluyendo la de tostión que es la etapa estudiada en este trabajo.

En la tabla 10 se pueden observar los resultados de tiempo y temperatura obtenidos para cada genotipo teniendo en cuenta su índice de grano, con el fin de poder analizar si el tamaño del nib de cacao afecta o no en su tostión.

Tabla 10.

Influencia del tamaño del grano en los tiempos y temperaturas de tostión

Tipo de cacao	Índice de grano	N° de muestra	Temperatura [°C]	Tiempo [min]
FSA13	Pequeño ($\leq 1,3$)	M4	130	40
CCN51	Mediano (1,4 - 1,6)	M14	130	50
FSV41	Grande ($\geq 1,7$)	M25	140	40

De la tabla 10 se puede apreciar que las mejores condiciones de operación para el tiempo y temperatura de tostión están en el rango de 40-50 minutos y 130-140 °C respectivamente, dentro de este rango estuvieron todas las muestras que obtuvieron una mayor calificación sensorial. Esto

también puede depender del tipo de tostador que se utilice. En el caso de este estudio, fue un tostador con tambor rotatorio que trabaja por calor de convección y calor de conducción, lo que da como resultado granos uniformemente tostados.

Según la empresa Isabel Chocolates Artesanos los parámetros de tiempo y temperatura varían en función del tipo y las características del grano, del grado de fermentación, de la humedad, de las cualidades sensoriales de la semilla e, incluso de si esta presenta algún tipo de defecto. También, por supuesto, del tipo de chocolate que queramos conseguir. Si tostamos semillas de cacao de tamaño medio junto a otras más pequeñas y grandes, mientras los granos de tamaño medio se tuestan correctamente, los pequeños se tuestan demasiado, desarrollando compuestos que provocan un sabor a quemado [45].

Finalmente se puede decir que el tamaño de los granos influye en el perfil sensorial; existiendo una relación proporcional entre el tiempo, la temperatura de tuestión y el índice de grano. Como se puede evidenciar en la tabla 9 a medida que entre más grande el tamaño de grano, se aumenta el tiempo de FSA13(índice de grano pequeño) y CCN51 (índice de grano mediano); mientras que para el FSV41(índice de grano) se incrementa la temperatura y se usa un tiempo intermedio.

5. Conclusiones

Se observó que la variación del tiempo y temperatura, en el tostador CocoaT Jr roaster PI empleando como variable de respuesta el promedio de los atributos positivos con el programa TIBCO statistica, contó con puntos óptimos de tosti3n: FSA13 130 3C y 40 minutos, CCN51 130 3C y 50 minutos y FSV41 140 3C y 40 minutos, que resaltan los atributos sensoriales espec3ficos cacao, frutal y nuez; estos valores encontrados estuvieron dentro de los rangos de otros estudios realizados en la regi3n.

Se demostr3 la influencia de la temperatura de tosti3n y tiempos en las percepciones sensoriales espec3ficas del cacao en tres variedades de cacao colombiano FSV41, CCN51 y FSA13 que representa los tama3os grande, mediano y peque3o respectivamente.

6. Recomendaciones

- Se recomienda que la materia prima en la cual se esté evaluando la calidad del cacao en especial algunos atributos resaltantes, lleve un tiempo corto de almacenamiento, estar en un lugar fresco, limpio, con temperaturas controladas y óptimas según como dicta la norma NTC-ISO 2292.
- Al momento de trabajar con la materia prima se recomienda que se investigue o se tenga referencias de las fincas y sus métodos para que en el futuro no se tengan inconvenientes con la evaluación de los atributos. Para ello FEDECACAO propuso un protocolo (2004, 2012) para el adecuado proceso de fermentación y secado. Con el fin de eliminar las malas prácticas en la postcosecha que afectan la calidad del grano.
- Se recomienda continuar con esta investigación desde la etapa de recolección y establecer un método para que los granos de cacao colombiano tengan mejores notas en sabor floral ya que las variedades trabajadas eran débiles en este atributo.

Referencias Bibliográficas

- [1] S.T Beckett, *Fabricación y Utilización industrial del chocolate*, vol. 1. España, 1994.
- [2] Y. Ojeda, “Efecto de la temperatura y tiempo de tostado y conchado sobre los compuestos de aroma en la elaboración de chocolate en la empresa Macoex Ltda ,” Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2018.
- [3] Cocatown, “colección equipos de cacao,” *Cocatown*, Feb. 13, 2022. <https://cocatown.com/collections/entry-kit> (accessed Feb. 12, 2022).
- [4] J. Nuñez, A. Sandoval, and J. Méndez, “Efecto de la dinámica de tostado sobre las propiedades del licor de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum.),” *Acta Agron*, pp. 285–286, Oct. 2020.
- [5] A. Perea, N. Martinez, F. Aranzazu, and T. Cadena, *características de calidad del cacao en Colombia - Catálogo de 26 cultivares*, 1st ed., vol. 1. Bucaramanga, 2017.
- [6] M. Solarte, “Caracterización de algunos compuestos de interés en los procesos de fermentación y tostado de dos especies de cacao Amazónico,” Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia, 2021. Accessed: Feb. 08, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79691/1053793216.2021.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [7] A. Marseglia, M. Musci, M. Rinaldi, G. Palla, and A. Caligiani, “Volatile fingerprint of unroasted and roasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from different geographical origins,” *Food Research International*, vol. 132, p. 109101, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.FOODRES.2020.109101.
- [8] M. Granvogl, S. Bugan, and P. Schieberle, “Formación de aminas y aldehídos a partir de aminoácidos originales durante el procesamiento térmico del cacao y sistemas modelo: nuevos conocimientos sobre las vías de la reacción de Strecker,” *Agricultura química alimentaria*, vol. 54, no. 5, pp. 1730–1739, Jan. 2006, Accessed: Feb. 08, 2022. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0525939>
- [9] G. J. Aldave Palacios, “Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.)

- procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIB,” Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú, 2016.
- [10] J. Vera and Y. Mantilla, “Características sensoriales de granos y licor de cacao por un panel de jueces en entrenamiento,” *SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 5, pp. 27–42, Jun. 2020, Accessed: Feb. 07, 2022. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-3537-0015>
- [11] E. Vargas, “Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del area de producción de pasta de cacao (*Theobroma cacao*),” Escuela politécnica nacional, Quito, 2015.
- [12] L. Quintana, A. García, and E. Moreno, “Vista de Perfil sensorial de cuatro modelos de siembra de cacao en Colombia | Entramado,” *vol. 4. no.2*, Dec. 2018. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/4756/4075> (accessed Jan. 13, 2023).
- [13] “Cacao en grano. especificaciones y requisitos de calidad.” <https://tienda.icontec.org/gp-cacao-en-grano-especificaciones-y-requisitos-de-calidad-ntc1252-2021.html> (accessed Sep. 03, 2022).
- [14] Icontec, “Cacao en grano. muestreo,” *NTC-ISO 2292:2021*, Mar. 17, 2021. <https://tienda.icontec.org/gp-cacao-en-grano-muestreo-ntc-iso2292-2021.html> (accessed Sep. 03, 2022).
- [15] KPM, “Aqua-Boy KAMIII with Cup Electrode - Cocoa Moisture Meter,” 2022. <http://www.aqua-boy.co.uk/kam111-202.html> (accessed Sep. 03, 2022).
- [16] JAOAC, “AOAC Official Method 931.04 Moisture in Cacao Products,” Sep. 10, 2013. http://files.foodmate.com/2013/files_2997.html (accessed Sep. 03, 2022).
- [17] G.I.S. IBÉRICA, “Medidor de humedad- Aqua Boy,” 2022. <http://www.gisiberica.com/Higr%C3%B3metros%20especiales/hm120.htm> (accessed Sep. 03, 2022).
- [18] Via Industrial, “Guillotina cizalla cortadora de granos cacao MAGRA-14 tesorba P218267 IDN2641T Colombia,” 2022. <https://www.viaindustrial.com/guillotina-cizalla-cortadora-de-granos-cacao-magra-14-teserba/pp/P218267/> (accessed Sep. 03, 2022).

- [19] H. Aguilar, “Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao,” *FHIA*, vol. 1, no. 1, pp. 10–11, Sep. 2016.
- [20] Yareth Quimicos Ltda, “HandyLab 100,” Mar. 2014. Accessed: Feb. 22, 2022. [Online]. Available: http://www.yarethquimicos.com/Download/pHmetros%20Portatiles/Manuales%20pH%20portatiles/Manual%20de%20Instrucciones%20HandyLab-100_pH-Meter_Spanish.pdf
- [21] Recycled Goods, “Fluke 52 K/J Digital Thermometer | RecycledGoods.com,” 2022. <https://www.recycledgoods.com/fluke-52-k-j-digital-thermometer/> (accessed Sep. 04, 2022).
- [22] C. Ing Mey Alexandra Choy Paz, “Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio” 2007.
- [23] Cooperativas USAID-Equal Exchange-TCHO, “Licor de Cacao para el Análisis Sensorial Protocolo para la preparación de,” p. 9, Feb. 2019.
- [24] Cocotown, “CocoaT Mini Pregrinder — Cocotown Cocotown | Chocolate Making Machines | GA – CocoaTown,” 2022. <https://cocotown.com/products/cocoa-mini-pregrinder> (accessed Sep. 04, 2022).
- [25] Cocotown, “colección equipos de cacao,” *Cocotown*, Feb. 13, 2022. <https://cocotown.com/collections/entry-kit> (accessed Feb. 12, 2022).
- [26] Fedecacao, “Proceso preparación de licor de cacao evaluación física y sensorial,” San Vicente de Chucurí, 2020.
- [27] Icontec, “Masa o pasta o licor de cacao y torta de cacao para la fabricación de productos de cacao y chocolate.,” Mar. 26, 2008. <https://tienda.icontec.org/gp-masa-o-pasta-o-licor-de-cacao-y-torta-de-cacao-para-la-fabricacion-de-productos-de-cacao-y-chocolate-ntc486-2008.html> (accessed Sep. 08, 2022).
- [28] Icontec, “Análisis sensorial. metodología. métodos del perfil del sabor,” Sep. 15, 2021. <https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-metodologia-metodos-del-perfil-del-sabor-ntc3929-2021.html> (accessed Sep. 04, 2022).
- [29] Bioersivity International and CIAT, “Normativa internacional para evaluación de calidad y sabor del cacao ,” 2021. <https://www.cocoaqualitystandards.org/initiative-background> (accessed Aug. 18, 2022).

- [30] Cocoa Of Excellence, “Formato de evaluación sensorial,” *Bioversity International*, 2021. <https://www.cocoaofexcellence.org/info-resources/info-resources> (accessed Aug. 18, 2022).
- [31] Usaid, “Protocolo para la preparación de licor de cacao para el análisis sensorial,” Feb. 2019
- [32] M. Noguera, “Caracterización de materiales regionales promisorios de cacao colombiano: física, química; funcional y organoléptica. Laura Marcela Noguera Muñoz,” Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2014. Accessed: Jan. 20, 2023. [Online]. Available: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/153862.pdf>
- [33] S. Díaz and M. Pinoargote, “Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas,” Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, 2012. Accessed: Jan. 20, 2023. [Online]. Available: http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21432/1/Tesis_terminada_chocolate%20FINAL%20totalmente%20corregida-2.pdf
- [34] D. Cedeño, F. Martínez, N. Cruz, F. Guerra, R. Gaibor, and Á. Cedeño, “Vista de Rizobacterias que promueven el desarrollo e incremento en productividad de *Glycine max L.*,” *Revista Ciencias Agrarias*, Ecuador, pp. 7–15, Jun. 2017. Accessed: Jan. 20, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/198/197>
- [35] Fedecacao, “Proceso preparación de licor de cacao evaluación física y sensorial,” San Vicente de Chucurí, 2020.
- [36] C. Santiesteban, “Introducción a los diseños factoriales con dos y tres factores, y comparación de medias por factores e interacción de factores,” in *diseños factoriales*, 1st ed., vol. 1, 2017, pp. 128–133. Accessed: Feb. 19, 2022. [Online]. Available: https://issuu.com/claudiasantiesteban12/docs/cap__tulo_5_dise__os_factoriales_2__
- [37] FEDECACAO, “Caracterización fisicoquímica y beneficio del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Colombia,” Apr. 2005. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2272/45134_61195.pdf](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2272/45134_61195.pdf?f?sequence=1&isAllowed=y) (accessed Sep. 18, 2022).

- [38] H. Aguilar, “Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao,” *FHIA*, vol. 1, no. 1, pp. 10–11, Sep. 2016.
- [39] S. P. Breen, N. M. Etter, G. R. Ziegler, and J. E. Hayes, “OPEN,” *Sci Rep*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-43944-7.
- [40] L. F. Q. Fuentes, S. Gómez, A. García, and N. Martínez, “Perfil sensorial del Clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 (primera,” *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 13, no. 1, May 2015, doi: 10.24054/16927125.V1.N1.2015.1866.
- [41] A. Perea, N. Martinez, F. Aranzazu, and T. Cadena, *Características de calidad del cacao en Colombia - Catálogo de 26 cultivares*, 1st ed., vol. 1. Bucaramanga, 2017.
- [42] N. C. Martínez Guerrero, “Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila,” Jun. 2016, Accessed: Sep. 18, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56670>
- [43] G. J. Aldave Palacios, “Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIB,” Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú, 2016.
- [44] N. C. Martínez Guerrero, “Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila,” Jun. 2016, Accessed: Sep. 18, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56670>
- [45] Isabel chocolates artesanos, “El Tostado del Cacao para elaborar chocolate artesano: ¿en qué consiste y por qué es tan importante?,” *Y, ¿qué ocurre si no se hace una selección uniforme del grano?*, 2023. <https://chocolatesartesanosisabel.com/tostado-del-cacao/> (accessed Jan. 23, 2023).

Apéndices

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”