

## INFLUENCIA DE LA MADUREZ DE LAS MAZORCAS DE CACAO: CALIDAD NUTRICIONAL Y SENSORIAL DEL CULTIVAR CCN-51

Cristhel Mora-Encalada<sup>1\*</sup>, José Quevedo-Guerrero<sup>2</sup>, Jonathan Zhiminaicela-Cabrera<sup>1</sup>,  
Sayda Herrera-Reyes<sup>2</sup>, Anthony Morocho-Castillo<sup>1</sup>, Joffre León Toro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semillero de Investigación de Recursos Fitogenéticos. Carrera de agronomía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. E-mail: [cmora9@utmachala.edu.ec](mailto:cmora9@utmachala.edu.ec), [jzhiminai1@utmachala.edu.ec](mailto:jzhiminai1@utmachala.edu.ec), [amorcho4@utmachala.edu.ec](mailto:amorcho4@utmachala.edu.ec), [jleon9@utmachala.edu.ec](mailto:jleon9@utmachala.edu.ec)

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Producción de Alimentos y Sanidad Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec), [sherrera@utmachala.edu.ec](mailto:sherrera@utmachala.edu.ec)

\*Autor para la correspondencia: [cmora9@utmachala.edu.ec](mailto:cmora9@utmachala.edu.ec)

Recibido: 01-10-2020 / Aceptado: 30-04-2021 / Publicación: 30-04-2021

Editor Académico: Diego Piccardo

### RESUMEN

El chocolate producto derivado del procesamiento de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) es considerado como un alimento de lujo en el mercado internacional, apetecido especialmente por el sabor, aroma y los beneficios para la salud del consumidor, siendo el contenido nutricional y la calidad sensorial los principales indicadores de competitividad. El desarrollo fisiológico de las mazorcas influye en los procesos físico-químicos de la etapa postcosecha de donde se forma el aroma y sabor. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de seis estados de madurez de mazorcas de *T. cacao* L. cultivar CCN-51, en la fermentación, calidad nutricional y sensorial del licor de cacao, evaluadas en dos tiempos postcosecha: fermentadas-secas y torrefacción. Se realizaron pruebas físico-químicas, análisis químico proximal y análisis sensorial del licor de cacao. Los datos se analizaron con el software SPSS con una prueba de ANOVA de una vía y la prueba de Tukey al 0,05%. Los resultados presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el índice de fermentación del estado 5 (98%) con respecto al 0 (18%), estos resultados se relacionaron con la calidad nutricional y sensorial. La madurez de las mazorcas influyó en el contenido nutrimental en las etapas postcosecha estudiadas, así las mazorcas inmaduras redujeron el índice de fermentación de las semillas afectando la calidad sensorial del licor de cacao.

**Palabras clave:** Manejo postcosecha, fermentación, torrefacción, madurez fisiológica, propiedades fisicoquímicas.

## INFLUENCE OF COCOA POD MATURITY: NUTRITIONAL AND SENSORY QUALITY OF CULTIVAR CCN-51

### ABSTRACT

Chocolate, a product derived from the processing of cacao beans (*Theobroma cacao* L.), is considered a luxury food on the international market, especially sought after for its taste, aroma, and health benefits for the consumer. The nutritional content and sensory quality are the main indicators of competitiveness. The physiological development of the cobs influences the physic-chemical processes of the post-harvest stage where aroma and flavour are formed. For this reason,

the objective of the research was to determine the influence of six stages of maturity of the cocoa pods of *T. cacao* L. cultivar CCN-51 on the fermentation, nutritional and sensory quality of cocoa liquor. Evaluated in two post-harvest stages: fermented-dried and roasting. Physical-chemical tests, proximal chemical analysis, and sensory analysis of the cocoa liquor were carried out. Data were analysed using SPSS software with a one-way ANOVA test and Tukey's test at 0.05%. The results showed significant differences ( $p < 0.05$ ) in the fermentation index of stage 5 (98%) with respect to stage 0 (18%), these results were related to nutritional and sensory quality. The maturity of the pods influenced the nutritional content in the post-harvest stages studied, so the immature pods reduced the fermentation rate of the beans, affecting the sensory quality of the cocoa liquor.

**Keywords:** Post-harvest handling, fermentation, roasting, physiological maturity, physicochemical properties.

## INFLUÊNCIA DA MATURIDADE DAS VAGENS DE CACAU: QUALIDADE NUTRICIONAL E SENSORIAL DA CULTIVAR CCN-51

### RESUMO

O chocolate, um produto derivado do processamento de grãos de cacau (*Theobroma cacao* L.), é considerado um alimento de luxo no mercado internacional, especialmente por seu sabor, aroma e benefícios para a saúde do consumidor. O conteúdo nutricional e a qualidade sensorial são os principais indicadores de competitividade. O desenvolvimento fisiológico dos frutos influencia os processos físico-químicos da fase de pós-colheita, em que o aroma e o sabor são formados. Por esta razão, o objetivo da pesquisa foi determinar a influência de seis estágios de maturação das vagens de cacau do cultivar *T. cacao* L. CCN-51 na fermentação, qualidade nutricional e sensorial do licor de cacau, avaliado em duas etapas de pós-colheita: secagem fermentada e torrefação. Foram realizados testes físico-químicos, análise química proximal e análise sensorial do licor de cacau. Os dados foram analisados usando o software SPSS com um teste de ANOVA unilateral e o teste de Tukey com 0,05%. Os resultados mostraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no índice de fermentação do estágio 5 (98%) com relação ao estágio 0 (18%), sendo que estes resultados foram relacionados à qualidade nutricional e sensorial. A maturidade das vagens influenciou o conteúdo nutricional nas etapas de pós-colheita estudadas, de modo que as vagens imaturas reduziram a taxa de fermentação dos grãos, afetando a qualidade sensorial do licor de cacau.

**Palavras chave:** Manuseio pós-colheita, fermentação, torrefação, maturidade fisiológica, propriedades físico-químicas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo que comprende un rubro importante en la economía de varios países como: Costa de Marfil, Camerún, Ghana, Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador, México, Indonesia, Malasia y Papua Nueva Guinea (Quintero & Díaz Morales, 2004; Chaustre & Castillo, 2018). Su domesticación fue hace 5,300 años en la provincia de Zamora Chinchipe de la República del Ecuador (Zarrillo et al., 2018). Importante para Ecuador pues representa el segundo rubro económico agrícola del país, manteniéndose en el mercado debido a la calidad organoléptica, una de las características más importantes requeridas en el mercado (Quevedo Guerrero et al., 2018; Abad et al., 2020).

Ecuador es el principal exportador de cacao nacional fino y de aroma “Sabor Arriba” a nivel mundial por las características sensoriales que presentan. Los cuales pueden variar de acuerdo a los genotipos (Fuentes., 2021; Quevedo et al., 2020), estos genotipos influyen en los procesos de fermentación (Rojas., et al 2021; Ordoñez., 2021). En Ecuador existen genotipos cultivados de los grupos: Trinitarios, Forasteros, Criollos y el genotipo Nacional, este último apetecido por su sabor y aroma (Chang & Torres, 2014).

El híbrido clonal CCN-51 es el más sembrado por su alta productividad, aceptable resistencia a plagas, calidad organoléptica, y alta precocidad, ocupa un 72% del área total cultivada del país, clon ampliamente distribuido en las regiones Costa y Oriente del Ecuador (ANECACAO, 2015; Boza et al., 2014). Aunque no es el único pues en la zona sur de Ecuador y otras zonas del país existe una variedad muy extensa de diversos fenotipos (Jadán et al., 2016; Quevedo Guerrero et al., 2020), los cuales pueden tener iguales características agronómicas.

La calidad nutricional y sensorial se ve condicionada a diversos factores, especialmente a los procesos físicos-químicos que surgen directamente en las semillas del cacao en la etapa cosecha postcosecha: fermentado-secado y torrefacción (Portillo et al., 2009; Teneda Llerena, 2016; Jiménez et al., 2018). En este sentido, es importante considerar el método de fermentación pues aquí surgen cambios dentro de la composición fisicoquímica de las semillas, específicamente la oxidación de polifenoles que son beneficiosos para la salud. Siendo necesario estudiar la variabilidad de cambios que surgen en dependencia del fenotipo, como de la interacción con el método de fermentación (Bustamante et al., 2013).

El análisis químico proximal en el cacao u otros alimentos permite conocer parámetros nutricionales en porcentajes tales como: humedad, cenizas (sales minerales y minerales), grasas (colesterol, triglicéridos, ácidos grasos, vitaminas liposolubles), fibras (celulosa, hemicelulosas) y el contenido de proteínas en general (Andrade Almeida et al., 2019). Existe una interacción de varios factores

bióticos y abióticos que intervienen en los cambios surgidos en la fermentación, tales como las condiciones climáticas, ubicación geográfica, actividad microbiológica, temperatura, método de fermentación, humedad y fenotipos (Zambrano et al., 2010; Quevedo Guerrero et al., 2018).

La fermentación es la etapa donde se desarrolla el aroma, sabor y la calidad nutricional del chocolate (Perea-Villamil et al., 2009). Los nutrimentos en las semillas son factores indispensables para la producción de etanol, compuesto que permitirá la oxidación de taninos y polifenoles, compuestos ligados en el proceso de fermentación al desarrollo del sabor (Quevedo Guerrero et al., 2018; Camu et al., 2008). Surge por los múltiples procesos y transformaciones químicas que tienen relación directa con las condiciones expuesta en todo el proceso productivo de la fruta y medio ambientales. Los procesos bioquímicos empiezan en glucólisis transformada a ácido pirúvico, luego la fermentación alcohólica y acética, donde participan las levaduras que descompondrá el mucílago, permitiendo el desarrollo del etanol y la oxidación, componente fundamental en la formación de ácido acético (Teneda Llerena, 2016; Camu et al., 2008).

Existe un problema en al cosechar las mazorcas debido a que su venta se realiza en acopios que generalmente están en zonas urbanas, dificultado su transporte especialmente por condiciones topográficas, movilización y económicas (Chávez Cruz et al., 2018) forzando a los productores para reducir los costos cosechando mazorcas que no han cumplido su estado óptimo de madurez. Por esta razón, el objetivo de esta investigación es determinar la influencia que producen seis estados de madurez de mazorcas de cacao en la calidad nutricional, sensorial y en el índice de fermentación de las semillas.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudio**

Para valorar todos los procesos postcosecha, se tomaron 25 mazorcas para los procesos de fermentación y secado de cada estado de madurez fisiológica del Jardín clonal de cacaos de la Granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala ubicada en el km 5 ½ vía Machala-Pasaje, perteneciente a la parroquia El Cambio, provincia de El Oro-Ecuador. Las muestras fueron procesadas en los laboratorios de Bioquímica, Química Inorgánica y Micropropagación vegetal de la FCA/UTMACH.

### **2.2. Material vegetal**

Se usaron semillas de cacao obtenidos de mazorcas en diferentes estados de madurez del clon CCN-51 usando 25 mazorcas de las cuales se usaron 100 semillas para los análisis físicos y químicos del

jardín clonal de cacao de la Granja experimental Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala (Montaleza Armijos et al., 2020).

### 2.3. Procesamiento postcosecha

Para la fermentación se utilizó un rotor de madera propuesto por (Córdova Bohórquez et al., 2019), el cual permite obtener mayor calidad sensorial de acuerdo a los resultados presentados utilizando un rotor de madera automatizado según (Quezada-Ramón et al., 201). El material de los diferentes estados de madurez se encuentra separadas con mallas previamente etiquetadas, este proceso tuvo una duración de cinco días y las muestras fueron removidas a las 24, 48, 72, 96 ,120 horas una vez iniciado el proceso, el tiempo de remoción por malla fue de un minuto.

Luego del proceso de fermentación se removieron las muestras a una marquesina, separadas en secciones por un lapso de siete días para perder la mayor cantidad de humedad, se removió cada muestra pasando un día hasta cumplir el tiempo requerido desde el momento del traspaso. La torrefacción se realizó a 1 Kg de la muestra, por diez minutos de torrefacción para cada muestra expuestas a 112° Celsius en un horno tostador.

### 2.4. Preparación de la muestra

Se trituraron las semillas para facilitar la homogenización de las muestras, por medio de un molido eléctrico, luego se procedió a tamizar las muestras a 0.5  $\mu$ m. Se evaluaron por medio de técnicas cualitativas: prueba de corte para el índice de fermentación y análisis sensoriales basados en escalas hedónicas estandarizadas, y cuantitativas para el análisis químico proximal. Para evitar inferencias en los resultados los estados de madurez se analizaron bajo los mismos criterios hasta llegar al chocolate amargo (Chang & Torres, 2014).

### 2.5. Estados de madurez

Fueron clasificados en seis estados de madurez clasificadas desde el momento que completan la madurez fisiológica hasta la madurez organoléptica de las mazorcas, los cuales se representaron en estados de acuerdo al color externo de la corteza (**Figura 1**). la apariencia del mucilago y las semillas del cacao, con sus respectivas características (**Tabla 1**).



**Figura 1.** Clasificación de los estados de madurez de las mazorcas iniciando con la madurez fisiológica a la izquierda hasta la madurez organoléptica.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 1.** Características de semillas en los seis estados de madurez desde la madurez fisiológica hasta la madurez organoléptica de las semillas.

| Estados de madurez | Características  | Semillas  |
|--------------------|--|---|
| <b>Estado 1</b>    | Las mazorcas tienen dos tonalidades, presencia de caballetes color violeta oscuro y surcos con tonalidades verdes, el mucilago es de una textura algodonosa muy sólida, y presenta semillas no desarrolladas en su totalidad |    |
| <b>Estado 2</b>    | Tiene tonalidades similares al estado 0, a excepción comienza a tener una tonalidad amarilla en los surcos, el mucilago sigue sólido, pero ya empieza a tomar una textura jugosa   |    |
| <b>Estado 3</b>    | Tonalidad violeta menos intensa, presencia de tonalidades amarillas alrededor de la mazorca. El mucilago menos denso y "transparente"  |    |
| <b>Estado 4</b>    | Surcos con tonalidades amarillas y violeta el mucilago es más jugoso, menor densidad.  |  |
| <b>Estado 5</b>    | La mazorca, está pronta a cumplir el desarrollo fisiológicamente por completo el mucilago cumplió su desarrollo es poco denso.   |  |
| <b>Estado 6</b>    | La mazorca, por completo se ha desarrollado fisiológicamente, el mucilago cumplió su desarrollo es transparente.   |  |

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.6. Análisis sensoriales

Estos fueron realizados por un panel de catadores siguiendo las normativas internacionales. La determinación de los perfiles de sabores básicos amargor, acidez, astringencia, verde/crudo y sabores específicos cacao, floral, frutal, nuez, caramelo (Chang & Torres, 2014).

## 2.7. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal se realizó de acuerdo Andrade Almeida et al., (2019) siguiendo las normas de Official methods of analysis of AOAC International. El contenido Fito nutritivo se utilizaron los siguientes protocolos de la AOAC (Horwitz & Latimer, 2005). Con la siguiente codificación:

Determinación de Proteínas (981.10) equipo Dkl 8 digestor automático Kjeldahl y el equipo UDK 149 destilador Kjeldahl automático, Modelo 149, Grasas (942.05) equipo Velp, extractor semi-automático por solventes, Modelo 148, Fibra (978.10) equipo AnKom2001 Fiber Analyzer, Modelo A2001, Cenizas (970.20) en mufla HYSC modelo MF05 y Carbohidratos por diferencia.

Determinación de proteínas por medio del Método KJELDAHL con factor de proteínas ( $N \times 6,25$ ), el cual esta normalizado por diversas certificaciones y normativas internacionales como: AOAC, USEPA, ISO, DIN, farmacopeas y distintas directivas comunitarias (García Martínez & Fernández Segovia, 2012). Grasas por medio del Método SOXHLET para la extracción de grasas se cuantifico por medio de extractor de Soxhlet, pues es un método que permite obtener resultados precisos del contenido de grasas (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010). Cenizas totales se determinó el contenido de cenizas para los grados de fermentación por medio del método termo gravimétrico, para interpretar el contenido mineral de las muestras, para el análisis se agrega 3 gramos de la muestra en mufla por 4 horas a 450° C.

## **2.8. Índice de fermentación**

Se determinó por medio de la prueba de corte en semillas secas y fermentadas, utilizando la prueba de corte, haciendo un corte longitudinal a 100 semillas por cada estado de madurez tomadas al azar, para realizar fueron expuesta a iluminación y clasificadas de acuerdo a cada una de las características que presentaron color, grietas, testa y cotiledón y el porcentaje de fermentación (Barragán et al., 2016).

## **2.9. Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño completamente al azar (DCA), trabajado en un entorno experimental homogéneo, con seis tratamientos (estados de madurez) las unidades experimentales con tres repeticiones en el estudio fueron las semillas de cacao en dos momentos postcosecha el fermentadas-secas y torrefacción. Los datos se analizaron con el software SPSS con una prueba de ANOVA de una vía y la prueba de Tukey al 95%. Para todos los análisis en los estados de madurez, se realizó tres repeticiones por triplicado en cada análisis. Los análisis físico-químicos, proximal y sensorial se los realizó con una metodología y procesamiento a ciegas, donde un colaborador externo se encargó de notificar cual, era el etiquetado y los resultados de cada estado de madurez al final de los análisis.

## **2.10. Estadística aplicada**

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio se efectuó ANOVA de una vía, previo cumplimiento de los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas. La comparación de promedios se realizó mediante la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad, para diferenciar inter-grupos de medias después que se ha rechazado la hipótesis nula en el análisis de varianza. El procesamiento estadístico se realizó con el Paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

El análisis del ANOVA de una vía realizado en SPSS mostro diferencias significativas en el índice de fermentación entre-grupos con un p-valor ( $< 0.05$ ) (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** ANOVA de un factor entre grupos obtenido en SPSS para el índice de fermentación en las semillas de cacao contenido porcentual

| Estado   | Violeta      | Pizarra      | Mohoso      | Infestada   | Buena        | Media        | p valor |
|----------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------|
| Estado 0 | Media 32 ± 1 | 17.67 ± 0.58 | 9.33 ± 1.16 | 1.67 ± 0.58 | 17.33 ± 1.16 | 18.33 ± 1.1  | 0.000   |
| Estado 1 | Media 11 ± 1 | 23.67 ± 0.58 | 7.33 ± 0    | 0 ± 0       | 32.33 ± 1.15 | 22.33 ± 0.58 | 0.000   |
| Estado 2 | Media 16 ± 1 | 3.67 ± 0.58  | 0 ± 0       | 0 ± 0       | 44.33 ± 1.02 | 33.67 ± 0.50 | 0.000   |
| Estado 3 | Media 3 ± 0  | 3.67 ± 0     | 0 ± 0       | 0 ± 0       | 75.33 ± 0.58 | 15.67 ± 0.25 | 0.000   |
| Estado 4 | Media 0 ± 0  | 0 ± 0        | 0 ± 0       | 0 ± 0       | 90.33 ± 0.50 | 3.67 ± 1.1   | 0.000   |
| Estado 5 | Media 0 ± 0  | 0 ± 0        | 0 ± 0       | 0 ± 0       | 98 ± 1.00    | 1.66 ± 1.2   | 0.000   |

Fuente: Elaboración propia.

La prueba Tukey determino que existen diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo al ANOVA de una vía realizado, previo el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas. Debido a que el p-valor obtenido era menor al propuesto se acepta H1 mencionando que existe diferencias significativas rechazado H0 donde no se encuentra diferencia entre los estados de madurez del índice de fermentación.

**Tabla 3.** Medías obtenidas con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) ponderada para los de índice de fermentación contenido porcentual.

| Característica     | Estado 0 | Estado 1 | Estado 2 | Estado 3 | Estado 4 | Estado 5 |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Fermentación buena | 18 %     | 33 %     | 45 %     | 76 %     | 96 %     | 98 %     |

|                    |      |      |      |      |     |     |
|--------------------|------|------|------|------|-----|-----|
| Fermentación media | 19 % | 23 % | 34 % | 16 % | 4 % | 2 % |
| Violeta            | 33 % | 12 % | 17 % | 4 %  |     |     |
| Pizarra            | 18%  | 24 % | 4 %  | 4 %  |     |     |
| Mohoso             | 10 % | 8%   |      |      |     |     |
| Infestado          | 2 %  |      |      |      |     |     |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3. Describe los promedios obtenidos de las tres repeticiones de cada estado de madurez obtenidos en la prueba de Tukey aplicada para cada característica del grano presentando diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ). Realizado el análisis estadístico en SPSS con el ANOVA (**Tabla 2**) y la prueba de con la prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) se evidencia las diferencias que presentan las medias (**Tabla 3**), especialmente para los estados de madurez 4 y 5, con respecto al estado 0 y 1.

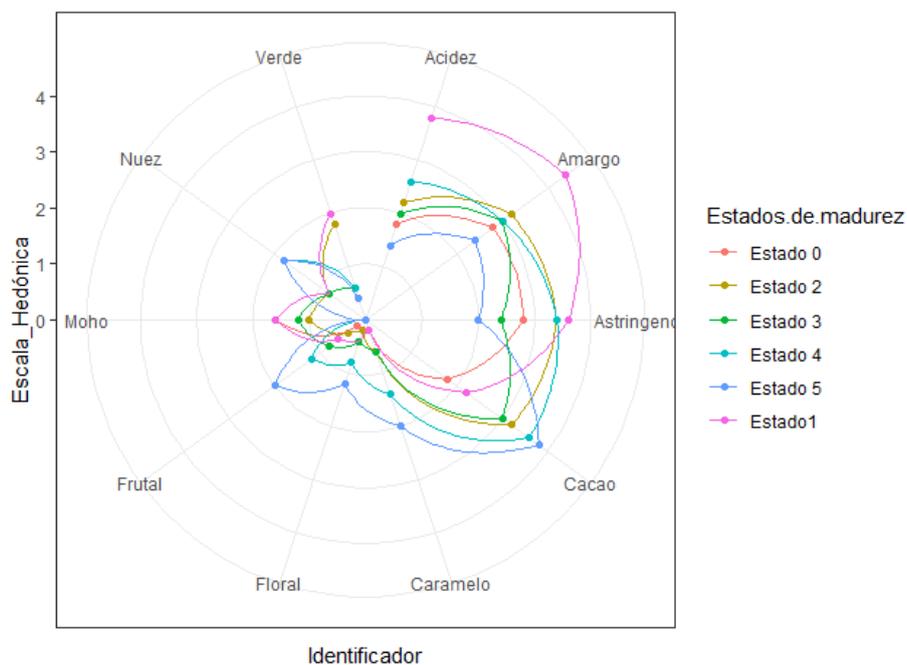
El análisis del contenido nutricional obtenido mediante el análisis químico proximal da como resultado los siguientes valores presentado en la (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Análisis químico proximal de las semillas de cacao cultivar CCN-51, valores obtenidos en contenido porcentual.

| Momento             | Estados  | Humedad  | Proteínas | Grasas    | Cenizas    | Fibras     | Carbohidratos |
|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|
| Fermentado y secado | Estado 0 | 7.22 ± 1 | 16.47 ± 3 | 48.89 ± 4 | 2.94 ± 0.2 | 4.07 ± 0.1 | 20.4 ± 2      |
|                     | Estado 1 | 9.60 ± 2 | 15.04 ± 3 | 45.14 ± 3 | 2.87 ± 0.3 | 3.97 ± 0.2 | 23.4 ± 2      |
|                     | Estado 2 | 6.55 ± 2 | 17.32 ± 3 | 40.97 ± 3 | 3.17 ± 0.2 | 3.87 ± 0.1 | 28.1 ± 2      |
|                     | Estado 3 | 8.43 ± 2 | 10.91 ± 3 | 38.57 ± 3 | 3.20 ± 0.2 | 4.15 ± 0.2 | 34.7 ± 3      |
|                     | Estado 4 | 8.14 ± 1 | 17.95 ± 2 | 43.26 ± 3 | 2.67 ± 0.3 | 4.21 ± 0.1 | 23.8 ± 2      |
|                     | Estado 5 | 7.96 ± 1 | 19.77 ± 1 | 45.56 ± 3 | 3.24 ± 0.2 | 4.43 ± 0.1 | 19.0 ± 2      |
| Torrefacción        | Estado 0 | 3.80 ± 1 | 16.06 ± 1 | 44.31 ± 2 | 2.91 ± 0.2 | 4.02 ± 0.2 | 28.9 ± 2      |
|                     | Estado 1 | 5.33 ± 1 | 13.88 ± 2 | 40.00 ± 2 | 2.87 ± 0.2 | 3.95 ± 0.1 | 34.0 ± 2      |
|                     | Estado 2 | 3.04 ± 1 | 16.19 ± 2 | 38.68 ± 1 | 2.97 ± 0.2 | 3.45 ± 0.1 | 35.7 ± 2      |
|                     | Estado 3 | 4.68 ± 3 | 10.75 ± 2 | 34.04 ± 2 | 3.16 ± 0.3 | 3.58 ± 0.2 | 43.8 ± 2      |
|                     | Estado 4 | 4.52 ± 2 | 17.52 ± 2 | 38.22 ± 1 | 2.62 ± 0.4 | 4.09 ± 0.2 | 33.0 ± 2      |
|                     | Estado 5 | 4.42 ± 2 | 18.93 ± 2 | 48.59 ± 2 | 3.00 ± 0.4 | 4.28 ± 0.1 | 20.8 ± 2      |

Fuente: Elaboración propia.

La escala hedónica obtenida presenta los resultados de sabores específico cacao, floral, frutal, nuez, caramelo, amargor y sabores básicos acidez, astringencia, verde y moho, en los diferentes estados de madurez.



**Figura 4** Escala hedónica 1-10 de los diferentes sabores y aromas de cacao obtenidos en los estados de madurez. **Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Discusión

El índice de fermentación permite conocer cuan eficiente fue el proceso de fermentación de las semillas de cacao a mayor índice de fermentación mayor será el desarrollo de sabores y aromas agradables (Chang & Torres, 2014), para evaluar estos índices se realizaron pruebas de corte para determinar el índice de fermentación. Los resultados obtenidos en el ANOVA (**Tabla 2**) indican las diferencias en las características de las semillas en los diferentes estados de madurez resultado que corroboran los resultados previos realizaron en cacao de tipo nacional (Quezada-Ramón et al., 2017).

De acuerdo al análisis químico proximal realizado en los seis estados de madurez de las mazorcas de cacao el contenido porcentual (%) de contenido nutricional de las semillas de cacao, los cuales son descritos en cinco análisis químicos: Carbohidratos, Cenizas, Fibras, Grasas, Humedad y Proteínas. Estos valores reflejan mayor contenido de proteínas y fibras en los estados 4 y 5 de madurez en las mazorcas que en otros estudios (Chang & Torres, 2014) los cuales pueden ser influenciados por diversos factores bióticos o abióticas. Pero a nivel general se puede observar ventajas nutricionales especialmente en los estados 4 y 5 de madurez (**Tabla 4**).

La escala hedónica de cacao, permite conocer los atributos sensoriales de los fenotipos que se vayan analizar, en este caso su aplicación se dio para conocer la influencia en el estado de madurez. En la (**Figura 4**), se observa en la gráfica los evaluados en los cuales se destaca el estado 4 y 5 con valores superiores a los presentados por (Chang & Torres, 2014), especialmente en el sabor floral, frutal y

nuez aromas que se desarrollan por la presencia de compuestos volátiles 3-metil-1-butanol, 2-fenil etanol, benzaldehído, fenil acetaldehído, etilhexanoato, etil benzoato, etilfenil acetato y 2-fenil etil acetato; a su vez menor contenido de compuestos como o 3-metil butanoico y 3-metil-1-butanol, precursores de sabores no agradables (Pallares-Pallares et al., 2016). Por lo tanto, las mazorcas al estar mejor desarrolladas los compuestos químicos se encuentran mejor formados, dando características más agradables. A su vez el desarrollo de compuestos fenólicos y de alcaloides precursores de procesos de biosíntesis en el cacao (Vázquez-Ovando et al., 2016).

Ello se debe ver influenciados también, por el método de fermentación de las mazorcas o la posición geográfica donde se cultivaron las mazorcas de cacao. Además, unos de los estados de madurez que es el de mayor cosecha entre productores el estado 3 de madurez, presento valores muy por debajo de bajo de los valores considerados como atractivos para el paladar. Las características organolépticas y propiedades físico químicas del cacao varían de acuerdo a los fenotipos que se utilicen (Chang & Torres, 2014) en los estados de madurez del cultivar CCN-51 se presentan mayores características en el estado 4 y 5 respectivamente.

#### 4. CONCLUSIONES

La cosecha de las mazorcas de *Theobroma cacao* L. en diferentes estados de madurez va a influir en la calidad final del chocolate, especialmente se reduciría su calidad sensorial, algo que afectaría la producción a mediano o largo plazo. Los estados de madurez de las mazorcas influyen ligeramente en el contenido nutricional de acuerdo al análisis proximal realizado, en las semillas. Existe mayor incidencia cuando se inducen calor en la torrefacción especialmente sobre la humedad y las grasas. Las cuales probablemente se pierden especialmente en la cascarilla de las semillas de cacao.

El mayor índice de fermentación se presentó en los estados de madurez 4 y 5, presentando diferencias significativas en la prueba de Tukey resultados obtenidos estudios previos indican que se puede ver influenciado por el estado de madurez, método de fermentación y fenotipos utilizados en el estudio.

Realizar una correcta recolección de las mazorcas en la etapa de cosecha ayudar a mejorar calidad en las semillas, permitiendo tener mejor calidad en los chocolates, permitiendo ser más competitivos a nivel internacional con la fruta. Se recomienda en estudios posteriores indagar como influye la sobre maduración de la fruta en parámetros evaluados en diferentes fenotipos, pues solo se analiza hasta el estado de madurez optimo en CCN-51.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Machala por la facilidad la autorización para el manejo de equipos y experimentación en sus instalaciones, a su vez al Semillero de Investigación en Recursos Fitogenéticos SIRF/UTMACH y Grupo de Investigación en Producción de Plantas AGROPLANT/UTMACH, por financiar parcialmente la investigación por medio de sus reactivos.

## 6. REFERENCIAS

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (7), 59-83.
- Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., & Ureña Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao* L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.
- ANECACAO. (2015). *Características del Cacao CCN51 Ecuador*. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao e Industrializados Del Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacaoccn51.html>
- Boza, E. J., Motamayor, J. C., Amores, F. M., Cedeño-Amador, S., Tondo, C. L., Livingstone, D. S., Schnell, R. J., & Gutiérrez, O. A. (2014). Genetic Characterization of the Cacao Cultivar CCN 51: Its Impact and Significance on Global Cacao Improvement and Production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139(2), 219-229. <https://doi.org/10.21273/JASHS.139.2.219>
- Bustamante, M. S., Tenorio, M. A., & Rojano, C. D. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(3), 391-494.
- Camu, N., De Winter, T., Addo, S. K., Takrama, J. S., Bernaert, H., & De Vuyst, L. (2008). Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(13), 2288-2297. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3349>
- Chang, J. V., & Torres, C. V. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.
- Chávez Cruz, G., Olaya Cum, R. L., & Maza Iñiguez, J. V. (2018). Costo de producción de Cacao clonal ccn-51 en la parroquia Bellamaria, Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 10(2), 186-196.
- Córdova Bohórquez, R. P., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Herrera Reyes, S. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores. *Revista Agroecosistemas*, 7(2), 149-156.
- Fuentes, L. F. Q., & Jerez, A. G. (2021). Evaluación integral de la calidad sensorial del cacao. Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia, 1-139.
- García Martínez, E., & Fernández Segovia, I. (2012). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl Valoración con un ácido fuerte* (U. de Valencia (ed.); Primera Ed).
- Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18 Edición). Association of Officiating Analytical Chemists AOAC International.
- Jadán, O., Torres, B., Selesi, D., Peña, D., Rosales, C., & Günter, S. (2016). Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador). *Colombia forestal*, 19(2), 5-18.
- Jiménez, J. C., Tuz Guncay, G., & Quevedo Guerrero, J. N García Batista, R. M. (2018). Presecado: Su efecto sobre la calidad sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 63-73.
- Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383-2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>
- Montaleza Armijos, J., Quevedo Guerrero, J., & García Batista, R. (2020). Análisis de la diversidad morfológica de cacao (*theobroma cacao*. l) del jardín clonal de la Universidad Técnica de Machala. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 45-57.
- Ordoñez, E. S., Quispe, Y., & García, L. F. (2020). Cuantificación de fenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cinco variedades de cacao, en dos sistemas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 473-481.
- Pallares-Pallares, A., Perea-Villamil, J. A., & López-Giraldo, L. J. (2016). Impacto de las condiciones de beneficio sobre los compuestos precursores de aroma en granos de cacao (*Theobroma cacao* L) del clon CCN-51. *Respuestas*, 21(1), 120-133.
- Perea-Villamil, J. A., Cadena-Cala, T., & Herrera-Ardila, J. (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(2), 128-134.
- Rojas, K. R., Aguirre, C. H., & Guevara, A. M. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 45(1), 53-65.

- Quevedo Guerreño, J. N., Jácome Vásquez, J. E., Tuz Guncay, I. G., García Batista, R. M., & Luna Romero, Á. E. (2020). Análisis de diversidad fenotípica de 37 accesiones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) En la zona sur del Ecuador. *Quevedo Guerreño, J. N., Jácome Vásquez, J. E., Tuz Guncay, I. G., García Batista, R. M., & Luna Romero, Á. E.*, 12(3), 102–108.
- Quevedo Guerrero, J., López, R., & Tuz Guncay, I. (2018). Calidad física química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma Cacao*.) Usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115–127.
- Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminaicela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao* L. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 14-21.
- Quezada-Ramón, L., Quevedo-Guerrero, J., & García-Batista, R. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y la calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 36–46.
- Teneda Llerena, W. F. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao. (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., & Betancur-Ancona, D Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3).
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Solorzano, R. L., Lesur, I., Fouet, O., Argout, X., Guichoux, E., & Salin, F. (2018). The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature Ecology & Evolution*, 2(12), 1879–1888.

Contribución de autores

| Autor                         | Contribución   |
|-------------------------------|--|
| Cristhel Mora-Encalada        | Concepción y diseño, redacción del artículo, metodología, revisión, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información. |
| José Quevedo-Guerrero         | Concepción y diseño, redacción del artículo, metodología, revisión, búsqueda bibliográfica.                          |
| Jonathan Zhiminaicela-Cabrera | Redacción del artículo, metodología, revisión, validación, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información.          |
| Sayda Herrera-Reyes           | Redacción del artículo, metodología, revisión, validación, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información.          |
| Anthony Morocho-Castillo      | Redacción del artículo, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información.   |
| Joffre León Toro              | Redacción del artículo, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información.   |

Citación sugerida: Mora, C., Quevedo, J., Zhiminaicela, J., Herrera, S., Morocho, A., León, J. (2021). Influencia de la madurez de las mazorcas de cacao: calidad nutricional y sensorial del cultivar CCN-51. *Revista Bases de la Ciencia*, 6(2),

27-40. DOI: [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v%vi%i.2706](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v%vi%i.2706) Recuperado de:  
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/2706>

---