



DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÓPTICAS Y MORFOGEOMÉTRICAS DE SEMILLAS DE CACAO TIPO FORASTERO DE DIVERSAS COSECHAS

DETERMINATION OF THE OPTICAL AND MORPHOGEOMETRIC PROPERTIES OF FORASTERO TYPE CACAO SEEDS OF VARIOUS CROPS

***Bueno-Pérez Sandra Milena¹**

¹Universidad de Pamplona, Colombia. Grupo de Investigación Innovaciones Alimentarias – INNOVA. Dirección postal: Km 1, vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Código postal: 543050. *Correo electrónico: sandra.bueno@unipamplona.edu.co .  ORCID:

Recibido: septiembre 15 de 2023; aprobado: noviembre 5 de 2023

RESUMEN

El cacao "*Theobroma cacao* L." es uno de los cultivos más representativos a nivel mundial, siendo el fruto el de mayor demanda. Determinar las propiedades ópticas y morfogeométricas de las semillas de cacao resulta fundamental para evaluar criterios de calidad del grano. Por ello, se obtuvieron 300 g de granos fermentados y secos de diferentes tiempos de cosecha, procedentes de la vereda Vijagual, Municipio de Bucaramanga. El muestreo fue aleatorio, seleccionándose 20 unidades experimentales por cosecha y aplicando un análisis estadístico univariado, usando la mediana y el rango intercuartílico, posteriormente a



éste, un análisis bivariado a través de la prueba no paramétrica U-Mann-Whitney. Los valores de los componentes de color, comprendieron para L^* 29,67 (28,18-33,73), a^* 11,25 (9,99 -12,54) y b^* 9,07 (8,01-10,65). El peso de los granos 1,26 g (1,10-1,48), longitud 23,72 mm (22,36-24,92), ancho 12,47 mm (11,56-13,54), grosor 7,75 mm (6,13-8,53), diámetro aritmético 14,62 (13,94-15,35), área de superficie 13,18 (12,35-14,40), volumen 1,5 ml (1,0-2,0), densidad 0,91 g/ml (0,75-1,16) y relación largo/espesor 3,11 (2,77-3,62). Asimismo, se encontraron diferencias significativas al comparar las semillas de cacao con los tiempos de cosecha en las variables de color para cromaticidad a^* , peso, longitud, ancho, diámetro y área de superficie. Se concluye que estas características físicas del grano de cacao podrían ser usadas para categorizar parámetros de control de calidad y de procesos.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L, índices físicos, semillas, cultivos, variedad.

ABSTRACT

Cocoa "*Theobroma cacao* L." it is one of the most representative crops worldwide, the fruit being the one with the greatest demand. Determining the optical and morphogeometric properties of cocoa beans is essential to evaluate bean quality criteria. Therefore, 300 g of fermented



and dry grains from different harvest times were obtained, coming from the village of Vijagual, Municipality of Bucaramanga. The sampling was random, selecting 20 experimental units per harvest and applying a univariate statistical analysis, using the median and the interquartile range, after this, a bivariate analysis was performed through the non-parametric U-Mann-Whitney test. The values of the color components included for L^* 29.67 (28.18-33.73), a^* 11.25 (9.99 -12.54) and b^* 9.07 (8.01-10.65). Seed weight 1.26 g (1.10-1.48), length 23.72 mm (22.36-24.92), width 12.47 mm (11.56-13.54), thickness 7.75 mm (6.13-8.53), diameter 14.62 (13.94-15.35), surface area 13.18 (12.35-14.40), volume 1.5 mL (1.0-2.0), density 0.91 g/ml (0.75-1.16) and length/thickness ratio 3.11 (2.77-3.62). In addition, significant differences were found when comparing cocoa beans with harvest times in the variables of color for chromaticity a^* , weight, length, width, diameter, and surface area. It is concluded that these physical characteristics of the cocoa bean could be used to categorize quality control and process parameters.

Key words: *Theobroma cacao* L, physical indexes, seeds, crops, variety.



INTRODUCCIÓN

El cacao es un árbol procedente de las regiones tropicales del centro y sur de América desde hace unos 6.000 años. Llamado científicamente "*Theobroma cacao* L." que significa "alimento de los dioses", actualmente es un cultivo de categoría mundial, siendo su fruto el de mayor demanda (Chire et al., 2016; Villamizar et al., 2017).

Los productos derivados del cacao se consumen en todo el mundo, principalmente como chocolate. Entre 2018 y 2019 se produjeron cerca de 5 millones de toneladas de cacao. África es la mayor región productora con un 77%, le siguen las Américas y Asia con un 17% (cada una) y Oceanía con un 6%. Los principales productores de cacao son Costa de Marfil y Ghana, con más de 2,1 millones y 800.000 toneladas, respectivamente (Del Prete y Samoggia, 2020; Fountain, A. y Huetz-Adams, F. 2020). Según el informe del año

cacaotero 2019–2020 de la Organización Internacional de Cacao (ICCO, por sus siglas en inglés) Colombia ocupa el décimo puesto como productor de cacao en el mundo y el quinto en Latinoamérica. La producción en el país ha venido incrementando desde el 2011 hasta en un 62%. Según Fedecacao, seis departamentos concentran cerca del 77% de la producción nacional, siendo Santander el mayor productor de cacao en el país con un 42,1% (Federación Nacional de Cacaoteros [Fedecacao], 2020; Wuellins et al., 2019).

El fruto del cacao, comúnmente denominado mazorca, está rodeado por un mesocarpio y contiene insertas en una pulpa viscosa de color blanco entre 20 a 50 semillas (Cienfuegos-Jovellanos, 2016; Graziani de Fariñas, 2002). El volumen de la semilla en el interior está ocupado básicamente por los dos cotiledones del embrión. El cotiledón corresponde del 86-90% del grano de cacao. El tamaño de la mazorca depende del largo,



que oscila de 10 a 30 cm y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm. La calidad del grano depende de muchos factores como, genéticos, medio ambiente, sanidad, fermentado y secado, principalmente (Chire-Fajardo et al., 2019; Mundaca-Vidarte, 2016).

Se conocen tres variedades divididas morfogeográficamente, el forastero, el criollo y el trinitario. El forastero cubre alrededor del 85% de la producción mundial, ya que es un tipo de cacao resistente a enfermedades y plagas, sin embargo, su sabor es fuerte, amargo y ligeramente ácido (Romero y Urrego, 2016; Sornoza et al., 2022). En Colombia, igualmente es el principal tipo de cacao que se cultiva, seguido por el cacao criollo y por último el cacao trinitario que normalmente se encuentra dónde está presente la variedad del criollo, esto por ser híbrido de los dos anteriores (Chacón de Ramírez et al., 2011; Fedecacao, 2020; Riaño et al., 2016).

Las propiedades físicas del grano, como: color, peso, forma, tamaño, dimensiones axiales, área de superficie, densidad y volumen, son atributos de interés en la identificación y descripción de los clones y varían según el tipo de cacao. Para la caracterización de los granos se deben asociar mutuamente estos parámetros, ya que permiten describir el producto y determinar procesos de control de calidad del mismo (Vera y Castellanos, 2017; Bonilla y Vera, 2019; Salazar de Paz, 2022; Vera et al., 2022;). El color del fruto es muy diverso, presentando los frutos inmaduros color verde, rojo violeta o parcialmente pigmentados de rojo violeta y al madurar el color verde pasa a amarillo y el rojo violeta a anaranjado, persistiendo la pigmentación en algunos casos (Braudeau, 1970). Según Sandoval (2009), la coloración del cotiledón es de carácter típico genético que está asociado a la diversidad de cacao y puede variar del tipo blanco (criollo) hasta el bien pigmentado (forastero), con diferentes

tonalidades y distribución de colores. El grano de cacao una vez fermentado y seco predominan los colores marrones oscuros. En cuanto al tamaño del grano, se determina usando el peso promedio del grano en gramos y a partir de una muestra de 100 granos de cacao seco según la Norma Técnica Colombiana NTC 1252 de 2021, dónde clasifica los índices de grano como: pequeño, mediano y grande. Siendo, éste un parámetro físico importante para la comercialización del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

La investigación fue de tipo experimental. Se obtuvieron granos de cacao (variedad tipo forastero) fermentado y seco de dos tiempos de cosecha. Se evaluaron las propiedades ópticas (color) y morfogeométricas (peso, tamaño, forma y dimensiones axiales, así como el área superficial, volumen, densidad y relación largo/espesor del grano) de los

Como las características ópticas y morfológicas de los granos de cacao pueden variar según las condiciones agroclimáticas, la variedad y las diferentes etapas del procesado, resulta fundamental los análisis de estos parámetros físicos antes del procesamiento o elaboración de los diversos productos alimenticios, y dada la necesidad de un mayor conocimiento en esta área, se propuso como objetivo de investigación determinar las propiedades ópticas y morfogeométricas de semillas de cacao tipo forastero en dos tiempos de cosecha.

granos. Las evaluaciones fueron realizadas en el laboratorio de Análisis Físicoquímico del Departamento de Alimentos de la Universidad de Pamplona, Colombia.

Recolección e identificación

Se obtuvieron 300 g de granos de cacao fermentado y seco por cada cosecha (Cosecha #1: primer trimestre del año y Cosecha #2: último trimestre del año



anterior) provenientes de una finca ubicada en la vereda de Vijagual, del Municipio de Bucaramanga, Santander. Las muestras fueron analizadas y ajustado según Chire et al. (2014).

Análisis Procedimental

Determinación del color

Se evaluaron 20 semillas de cada cosecha y se realizaron las medidas de color sobre la superficie más plana y central del grano, utilizando la escala CIELab que aplica los parámetros L^* , a^* y b^* , donde L^* es un coeficiente de luminosidad que va de negro a blanco, a^* indica los colores rojo-morado (cuando a^* es positivo) y verde azulado (cuando a^* es negativo) y b^* denota los colores amarillos (cuando b^* es positivo) y azul (cuando b^* es negativo). La mediana de las lecturas de las 40 muestras fue tomada en cuenta para la comparación. Las lecturas L^* , a^* y b^* fue determinado utilizando el colorímetro Minolta CR-400.

Determinación de características morfogeométricas

Se calculó el peso de cada grano (40 en total) empleando una balanza analítica, con un grado de precisión 0,0001 g. Además, a cada grano se le midió las dimensiones axiales, Largo (L), Ancho (A) Espesor (S) y Diámetros (D_a : Diámetro medio aritmético y D_g : Diámetro medio geométrico) con el calibrador digital Pie de Rey Ubermann (en milímetros). Utilizando los métodos de Altuntas 2007; Cetin 2007; Dursun et al. 2007 y citado por Salazar de Paz, 2022, para las medidas de longitud: $L = 2A$, ancho: $A = 2b$, grosor: $S = 2c$, como criterio para usar la medida del $D_a = 1/3(L+A+S)$ y el $D_g = (L \cdot A \cdot S)^{1/3}$. Por otra parte, también se evaluó el área superficial total (S) aplicando la fórmula $S = \pi A L^2 / 2L-A$, el volumen (por desplazamiento de agua destilada en probeta), la densidad (aplicando el método de Arquímedes) y la relación L/e (largo/espesor) para cada grano.

Análisis de datos

Se realizó un análisis estadístico univariado, las variables cuantitativas se describieron

con medidas de tendencia central y de dispersión, para el presente estudio, mediana y rango intercuartílico, dado que ninguna de las variables mostraba una distribución normal (evaluación realizada con métodos gráficos). Posteriormente, se realizó un análisis bivariado con la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para evaluar

si la mediana de todas las variables incluidas en el estudio no era igual entre los granos de la cosecha #1 y los de la cosecha #2. Para todos los análisis se usó el software estadístico STATA® versión 16. Los análisis se consideraron significativos con un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación colorimétrica

Los componentes de color, luminosidad (L^*) y cromaticidad (a^* y b^*) de los granos de

cacao se registraron según el sistema CIELab. Los resultados se presentan en la tabla 1 para los dos tiempos de cosecha.

Tabla 1. Valores de los componentes de color en granos de cacao en dos tiempos de cosecha

Parámetro	Mediana (IQR)	Cosecha 1	Cosecha 2	Valor p U-Mann Whitney
L^*	29,67 (28,18-33,73)	30,64 (27,84-34,46)	29,66 (28,18-31,94)	0,7868
a^*	11,25 (9,99 -12,54)	10,67 (9,78-11,83)	12,29 (10,47-12,84)	0,0373*
b^*	9,07 (8,01-10,65)	9,87 (8,01-11,74)	8,84 (8,07-9,65)	0,1819

*valor p significación estadística ($< 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Los valores de luminosidad (L^*) varían teóricamente en el rango de 0 a 100, mientras que los componentes de cromaticidad (a^* y b^*) en un rango de -60 a +60. En el presente trabajo, los resultados se

basaron en dos tiempos de cosecha en una misma variedad (forastero). Los valores de L^* obtuvieron una mediana para la cosecha #1 y cosecha #2 de 30,64 a 29,66 respectivamente, es decir, granos de color



oscuro, marrón, con una variación no significativa ($p > 0,05$) según la prueba de U-Mann Whitney, sin embargo, se observa que la luminosidad disminuye con el tiempo de almacenamiento (granos más oscuros), tal como lo demuestran investigaciones realizadas por Andrade-Almeida et al. (2019) y Chire et al. (2016). Respecto al componente de cromaticidad a^* , para el color rojo, se observan cambios en los valores de 10,67 a 12,29 para las cosechas #1 y #2 respectivamente, evidenciando una variación estadísticamente significativa ($p = 0,0373$), es decir, indica un cambio de color hacia un rojo púrpura más intenso con respecto al tiempo de almacenamiento, lo cual puede atribuirse a la descomposición de las antocianinas que imparte este color. Estudios realizados por Graziani de Fariñas et al. (2002), demostraron una amplia gama de colores en los granos de cacao que va

desde rojo púrpura, rojo oscuro y naranja rojizo, hasta tonalidades amarillas, según variedad, madurez y lugar del cultivo. En cuanto a la diferencia entre los componentes de cromaticidad b^* para el color amarillo, se obtuvieron valores de 9,87 para la cosecha #1 y de 8,84 para la cosecha #2, no evidenciando variación significativa ($p > 0,05$) sin embargo, esta leve disminución lo hace tener granos menos amarillos a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento. Resultados similares se obtuvieron de otras investigaciones que han demostrado que los granos de cacao secados al sol después de la fermentación, los parámetros a^* tienden a aumentar y b^* disminuir (Chire et al., 2016; Ortiz et al., 2009; Nogales et al., 2006). En la figura 1, se observa la variación de la luminosidad y las tonalidades para los dos tiempos de cosecha.

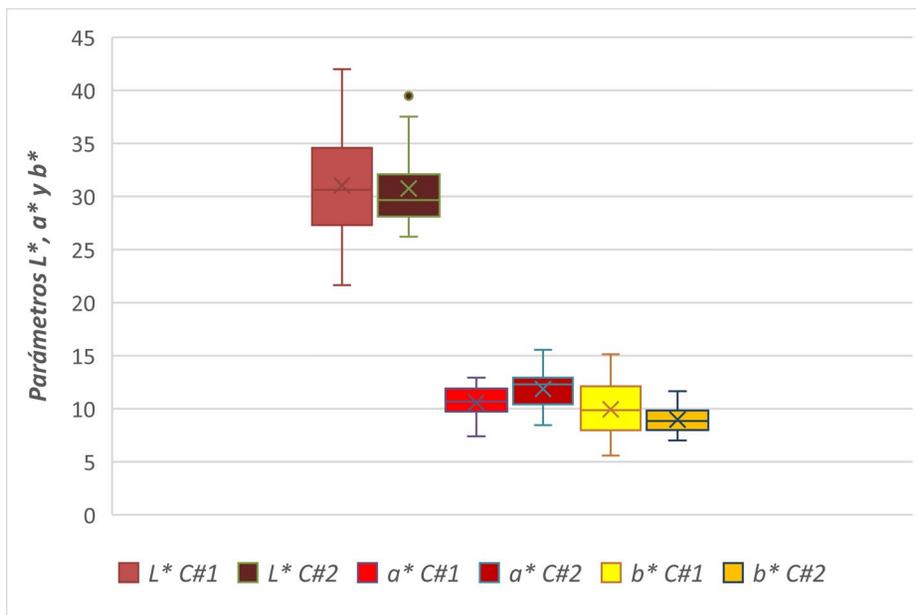


Figura 1. Resultados del diagrama de cajas y bigotes para los parámetros L^* , a^* y b^* en los dos tiempos de cosecha (C#1: Cosecha#1 y C#2: Cosecha#2)

En general, la combinación de L^* , a^* y b^* forman un color oscuro y pardo, siguiendo la misma tendencia reportada por Chire et al. 2016. La variación de color de los granos de cacao fermentados y secos se debería a la formación de pigmentos marrones producto de las reacciones de condensación proteína-quinona ocurridas después de la oxidación enzimática de polifenoles, tales como la leucocianidinas y epicatequinas. Por lo tanto, los cambios de color obtenidos en el estudio, demuestra la sensibilidad de los flavonoides,

principalmente las antocianinas debido a los procesos de fermentación y secado, el tiempo de cosecha con variabilidad en las condiciones climáticas y la exposición a la luz durante el almacenamiento (Ramos, 2021).

Determinación morfogeométrica

Las medidas de peso, tamaño y dimensión de los granos de cacao en dos tiempos de cosecha, así como del área superficial, volumen y densidad, se muestran en la tabla 2.



Con respecto al peso se observa una diferencia significativa al comparar entre cosechas a través de la prueba U de Mann Whitney ($p=0,0005$), siendo la cosecha #1 la de mayor peso (1,47 g) con respecto a la cosecha #2 (1,13 g). Además, lo clasifica con un índice de grano medio para la cosecha #1 (valores entre 1,4 a 1,7 g/grano) y de grano pequeño para la cosecha #2 (valores $<1,4$ g/grano) según la Guía Técnica para el Cultivo de Cacao de Fedecacao 2016, valores muy similares al de otros estudios realizados en algunas zonas del país (Quintana et al., 2015; García et al., 2022). Estas variaciones pueden presentarse por las condiciones ambientales dadas en los tiempos de cosecha y el tiempo de almacenamiento, siendo ésta última mayor para la cosecha #2.

En cuanto a las dimensiones axiales, la longitud de los granos en los diferentes tiempos de cosecha, se observa una diferencia significativa ($p=0,0005$), donde la cosecha #1 presenta una longitud mayor

comparado con la cosecha #2, con valores de 24,21 mm y 22,77 mm, respectivamente, datos muy similares se obtuvieron en las investigaciones realizadas por Ramos et al. (2020). Por otra parte, el ancho también presenta una diferencia significativa al comparar entre los dos tiempos de cosecha ($p=0,0001$), dado que la cosecha #1 presenta 13,54 mm mientras que la cosecha #2 de 11,93 mm. (ver Tabla 2), sin embargo, esto no ocurrió con el espesor. Por otra parte, los granos de cacao a estudio comparado entre cosechas, presentaron diferencias significativas para el Da y el Dg ($p=0,0003$ y $p=0,0005$), respectivamente. La mediana para la cosecha #1 fue de 15,26 y la cosecha #2 de 14,09, esto para el Da y la mediana para la cosecha #1 fue de 14,03 y la cosecha #2 de 13,75 para el Dg.

Al continuar con el análisis de la tabla 2, para el área de superficie se observa una diferencia significativa con un $p=0,0022$, encontrándose una mediana para la cosecha #1 y cosecha #2 de 14,40 y 12,81,

respectivamente. Según la prueba U de Mann Whitney, se acepta la hipótesis nula H_0 para las variables de grosor (espesor), volumen, densidad y relación largo/espesor, es decir, no existen diferencias significativas entre los dos grupos de cacao en los diferentes tiempos de cosecha.

Finalmente, se puede evidenciar que el peso de las semillas tiene una relación

directamente proporcional a otras propiedades físicas como son las dimensiones axiales (longitud, ancho, espesor y diámetros), así como el área superficial, volumen y densidad. Al comparar los valores obtenidos durante el ensayo experimental, se haya concordancia con lo reportado por otros estudios (Rivera, 2018; Salazar de Paz, 2022). Ver tabla 2.

Tabla 2. Análisis estadístico de la morfogeometría de semillas de cacao en dos tiempos de cosecha

Parámetros	Total Mediana (IQR)	Cosecha #1	Cosecha #2	Valor p U-Mann Whitney
Peso (g)	1,26 (1,10-1,48)	1,47 (1,25-1,55)	1,13 (0,96-1,29)	0,0005*
Longitud (mm)	23,72 (22,36-24,92)	24,21 (23,34-26,37)	22,77 (21,68-24,08)	0,0094*
Ancho (mm)	12,47 (11,56-13,54)	13,54 (12,75-14,01)	11,93 (11,15-12,45)	0,0001*
Espesor (mm)	7,75 (6,13-8,53)	7,97 (7,30-8,57)	7,46 (6,76-8,26)	0,2448
Diámetro medio aritmético (Da)	14,62 (13,94-15,35)	15,26 (14,55-15,97)	14,09 (13,46-14,84)	0,0003*
Diámetro medio geométrico (Dg)	13,92 (13,46-15,26)	14,03 (14,28-15,80)	13,75 (13,26-14,26)	0,0005*
Área de superficie	13,18 (12,35-14,40)	14,40 (12,76-14,72)	12,81 (12,07-13,59)	0,0022*
Volumen (ml)	1,5 (1,0-2,0)	1,5 (1,0-2,0)	1,25 (1,0-2,0)	0,4111
Densidad (g/ml)	0,91 (0,75-1,16)	1,02 (0,76-1,24)	0,88 (0,71-1,01)	0,2134
Relación Largo/espesor	3,11 (2,77-3,62)	3,05 (2,84-3,53)	3,12 (2,70-3,64)	0,6652

*valor p significación estadística (< 0,05)

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se concluye que las propiedades ópticas y morfogeométricas de las semillas de cacao son rasgos físicos y morfológicos que podrían usarse en futuros estudios para diferenciar y caracterizar los granos de cacao, información fundamental para tener

en cuenta otros parámetros de calidad para la comercialización de la materia prima y, por ende, contribuir en la obtención de productos derivados del cacao con mejores características sensoriales, nutricionales y funcionales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los campesinos productores de cacao de la Vereda de Vijagual del Municipio de Bucaramanga,

Santander, por su apoyo en la materia prima para la realización del presente proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altuntas, E. y Yildiz, M 2007. Effect of moisture contain on some physical and mechanical properties of fava bean (*Vicia faba* L.) grains, *Journal of Food Engineering* 78: 174- 183.

Andrade-Almeida, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G., Ureña-Peralta M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. Enfoque UTE, vol. 10, núm. 4, pp. 1-12. Universidad Tecnológica Equinoccial.

Braudeau, J. (1970). *El Cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Editorial Blumé. Barcelona, España. 297 p.

Bonilla R., María J. y Vera R., José M. (2019). Características fisicoquímicas y colorimétricas de licores de cacao obtenidos de los clones TCS 06, FEAR 5 Y FSV 41. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-7125. Volumen 17 N° 1. Pp: 40 -59



- Cetin, M. 2007. Physical properties of barbania bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbania') seed. *Journal of Food Engineering*; 80: 353– 358.
- Chacón de Ramírez I., Ramis, C., Gómez, C. (2011) Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del Lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 28:1-13.
- Chire-Fajardo, G., Ureña-Peralta, M., García-Torres, S., Hartel, R. (2019). Optimization of the dark chocolate formulation from the mixture of cocoa beans and cocoa content by applying surface response method. *Enfoque UTE*, 10(3), 42–54. <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/432>.
- Chire, G.; Orosco, P.; Valdivia, R., y Ureña, M. (2014). Determinación de las propiedades físicas, químicas y termofísicas de diferentes granos de cacao del Perú. *CIBIA IX*, 3(9), 545-551.
- Chire, G., Verona, P., Guzmán J. (2016). Cambios en el color durante el beneficio del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) peruano procedente de Piura. *Ciencia e Investigación* 19 (1):29-34.
- Cienfuegos-Jovellanos, E. (2016). Estudio del contenido de compuestos bioactivos del cacao y su aplicación en la obtención de un ingrediente rico en (poli)fenoles para el diseño de un chocolate enriquecido. In *TDR (Tesis Doctorales en Red)*. <https://doi.org/10.17161/bi.v1i0.3>.
- Del Prete, M., & Samoggia, A. (2020). Chocolate consumption and purchasing behaviour review: Research issues and insights for future research. *Sustainability (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/su12145586>.
- Dursun, N. y Dursun, E. (2005). Some Physical Properties of Caper Seed. *Biosystems Engineering*; 92 (2):237–245.
- Federación Nacional de Cacaoteros. (2020). Informe de Gestión 2019-2020. In *FEP – Cacao*.
- Fountain, A., & Huetz-Adams, F. (2020). Barómetro del Cacao 2020.
- García-Jerez A., Quintana-Fuentes L. (2022). Determinación del índice de grano y del porcentaje cascarrilla de los genotipos de cacao regionales FSV41, FEAR5 y FLE2 y genotipo universal CCN 51. *Ingeniería y Competitividad*. e21411420.



<https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11420>

Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop.* [online]. Vol.52, n.3, pp.343-362. ISSN 0002-192X.

Guía Técnica para el cultivo de cacao. 2016. Quinta Edición. Fedecacao.

Mundaca-Vidarte, G. (2016). Análisis de la calidad del grano de cacao mediante imágenes hiperespectrales usando técnicas de visión artificial. In *Universidad de Piura*.

Nogales, J., Graziani de Fariñas y Ortiz de Bertorelli, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.* 56(1):5-20.

Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021. ICONTEC. Quinta actualización. Editada 2021-03-17.

Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas L. y Rovedas G. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano

de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Tropical*. Vol. 59. No. 2.

Quintana, L., Gómez, S, García, A., Martínez, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* No. 6:253-66.

Ramos, E. (2021). Antocianinas: revisión bibliográfica de su procesamiento y potencial uso como colorante natural en alimentos. Tesis.

URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/250/185067>

Ramos, A., Gómez, M., Machado-Sierra, E. & Aranguren, Y. (2020). Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3).

Riaño, N., Chica, M. J., Echeverri, L. F., Aguirre, J. L., Ortiz, A., Pineda, S. R., & Olarte, H. H. (2016). Contenido de grasa total, perfil de Ácidos grasos y triglicéridos proveniente de cacao finos de aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela. *Vitae*, 23(April), S226–S230.

Rivera G. J. (2018). Correlación de la porosidad con el grado de fermentación



- del grano de cacao peruano (*Theobroma cacao* L.). Tesis. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Romero, C., & Urrego, E. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú.
- Sandoval, A. (2009). Evaluación de fermentaciones de cacao clon Catongo y comparación con dos clones. Universidad EARTH. Costa Rica.
- Salazar de Paz, L. (2022). Caracterización físico-mecánica del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en Llaylla de la microcuenca del río Chahuamayo, Satipo. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sornoza, L., Valencia, L., Corozo-Quiñónez, L., Sánchez, F., Salas-Macías, C., y Peña Monserrate, G. (2022). Recursos genéticos de cacao tipo Nacional en Ecuador: una revisión sistemática. *Ciencia Y Tecnología*, 15(2), 30–42.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.582>.
- Vera R. José M.; Arrieta S. Alexandre; Quintana Lucas F.; García J. Alberto. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de Cacao CCN51, TSC01. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 15 N° 2. Pp: 76 -86.
- Vera R. José M.; Castellanos S. Laura. (2022). Evaluación de características colorimétricas y fisicoquímicas en licores de cacao variedades Santander Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 66 - 76.
- Villamizar, Y., Rodríguez, J., & León, L. (2017). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. Characterization physicochemical, microbiological and functional of cacao shell flour (*Theobroma cacao* L.) variety CCN. *Cuaderno Activa*, 9, 65–75.
- Wuellins, D., Caicedo, M., Vera, D., Sotomayor, I., Saini, E., & Chávez, E. (2019). La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y el Caribe. Cacao 2030-2050.
https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf.