



05

Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.)

Determination of the effect of the degree of maturity of the mazorcas in the production and the sensory quality of (*Theobroma cacao* L.)

Ing. Luis Alexander Quezada Ramón¹

E-mail: luisalex47@hotmail.com

MSc. José Nicasio Quevedo Guerrero²,

Dr. C. Rigoberto Miguel García Batista²

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

¹Universidad Técnica de Machala. República del Ecuador.

²Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. El Oro. República del Ecuador.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Quezada-Ramón, L. A., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (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-Ext), 36-46. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala con cacao del complejo Nacional. El objetivo principal fue determinar la relación entre los porcentajes de calidad de fermentación de los granos de cacao y el grado de madurez de las mazorcas al momento de la cosecha. Se estableció una escala gráfica de los grados de madurez (5 grados), luego se cosecharon para distintos grados 100 mazorcas sanas, el mismo día se procedió a realizar el beneficio (fermentación y secado) de los granos. Se establecieron seis tratamientos: grado 0 (T1), grado 1 (T2), grado 2 (T3), grado 3 (T4), grado 4 (T5), grado 5 (T6). Se evaluó el porcentaje de calidad mediante pruebas físico-químicas y análisis sensoriales del licor. Los datos se analizaron con el programa SPSS versión 23, mediante ANOVA de una vía y la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad. Los resultados demostraron diferencias significativas. El mayor porcentaje de fermentación total se obtuvo en el grado 5 (T6) con un 93,66 %. El menor porcentaje lo obtuvo el grado 0 (T1) con un 34,00 %. Se concluye que el grado de madurez de las mazorcas, influye directamente en la calidad sensorial del licor de cacao.

Palabras clave:

Grados de madurez, fermentación, características sensoriales del cacao.

ABSTRACT

The present work was carried out in the Santa Inés Farm of the Technical University of Machala with cocoa from the National Complex. The main objective was to determine the relationship between the percentages of fermentation quality of the cocoa beans and the degree of maturity of the ears at the time of harvest. A graphic scale of the degrees of maturity (5 degrees) was established, then 100 healthy ears of corn were harvested for different grades, the same day the benefit was proceeded (fermentation and drying) of the grains. Six treatments were established: grade 0 (T1), grade 1 (T2), grade 2 (T3), grade 3 (T4), grade 4 (T5), grade 5 (T6). The percentage of quality was evaluated through physical-chemical tests and sensory analysis of the liquor. The data were analyzed with the SPSS program version 23, through one-way ANOVA and the Tukey test at 0.05% probability. The results showed significant differences. The highest percentage of total fermentation was obtained in grade 5 (T6) with 93.66%. The lowest percentage was obtained by grade 0 (T1) with 34.00%. It is concluded that the degree of maturity of the ears directly influences the sensory quality of the cocoa liquor.

Keywords:

Degrees of maturity, fermentation, sensory characteristics of cocoa.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), figura como uno de los rubros de mayor importancia económica para el Ecuador, ocupando el tercer lugar en el 2009. El país produce el mejor cacao de calidad del mundo, lo que se debe a sus características organolépticas, las que han ido disminuyendo en los últimos años debido a varios factores, entre ellos, el cambio de variedades, mal manejo post cosecha, entre otros (Rivera et al, 2012). A nivel botánico se reconocen tres grandes grupos de cacao que son: criollos, forasteros y trinitarios, pero en el Ecuador existe una variedad Nacional que es diferente por ser nativa; esta proviene de los declives orientales de la Cordillera de los Andes en la hoya amazónica y se conservó como exclusiva hasta 1890, cuando se inició la introducción de material de origen trinitario desde Venezuela (Wood et al, 1959). Hoy día no existe una variedad nacional genéticamente pura del cacao, sino una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en una población conocida con el nombre de complejo nacional x trinitario (Loor y Amores 2003). Esto ha provocado que los agricultores reemplacen la variedad tradicional por materiales de origen trinitario, más productivos y tolerantes a enfermedades, provocando un deterioro en la calidad del producto (Sánchez-Mora et al, 2013). Rivera et al (2012) determinan que la fermentación incide en gran medida en el procesamiento del grano, ya que se originan reacciones bioquímicas que conllevan a los precursores del aroma y sabor, lo que establece su calidad física y química. Esta fermentación está afectada por el clon o variedad, el tiempo de cosecha, el método para la fermentación, grado de madurez al momento de la cosecha, entre otros (Portillo, Graziani, & Crosi, 2006).

La madurez del cacao al momento de la cosecha es uno de los problemas que generalmente presenta el productor. En los cacaos nacionales es fácil determinar la maduración por el color, que va desde el verde al amarillo; por otro lado, los trinitarios presentan una coloración en estado verde de color rojo oscuro, y en estado maduro rojo claro, por lo que es más difícil identificarlos. Las mazorcas para cosechar deben estar en una etapa de madurez tal que permita una fermentación óptima, o sea, que no deben estar ni tiernas ni inmaduras, ni muy maduras o sobre maduras. Si la baya es inmadura, es porque aún no ha desarrollado totalmente los jugos del hilio, o lo que se conoce como baba de cacao (mucílago). Las almendras que caen junto con otras bien desarrolladas, presentan una resistencia natural a la fermentación, afectando el sabor del chocolate, y la calidad sensorial (Quiroz, 2012). El desarrollo

de la vaina de cacao se demora de 5 a 6 meses desde la fecundación de la flor hasta la madurez. Para determinar el grado madurez del fruto se utiliza como indicador clave, la vaina, tanto su color como la firmeza. Por ejemplo, el cambio de color de verde a amarillo, como los forasteros, o de rojo intenso cuando está verde a un ligero color amarillento con rasgos púrpuras cuando está maduro (Afoakwa, 2016). El color es uno de los factores a considerar para la maduración del fruto, los recolectores confunden el color en el clon "ICS-95" porque su variación de color no es notable, por lo que ellos utilizan el sonido que emite el golpe del dedo sobre la vaina para identificar la madurez; en este caso es un sonido de algo desprendido dentro. No se debe pasar el tiempo de cosecha, porque puede influir en la podredumbre y germinación de los granos, pero lo más dañino es recolectar las mazorcas antes de su estado de madurez óptimo, pues este factor influye sobre la fermentación provocando el incremento de granos pizarrosos, violetas (Amores, Palacios, Jiménez, & Zhang, 2009).

El grado de madurez es el factor más utilizado para distinguir entre la madurez fisiológica de la comercial. La madurez fisiológica se alcanza cuando se ha completado el desarrollo del cultivo, en cambio, la madurez comercial se refiere al estado que es requerido por el mercado; por ejemplo, el tomate alcanza la madurez fisiológica cuando se ha desarrollado la masa gelatinosa dentro del lóculo. La maduración también es definida como la agrupación de cambios externos e internos que aprecia un fruto cuando completa su desarrollo. Puede ser clasificada en tres conceptos de madurez: madurez de cosecha, madurez fisiológica, madurez de consumo. La fruta tiene madurez fisiológica cuando se ha desarrollado por completo fisiológicamente, es decir, cuando las semillas están formadas y aptas para la siembra; tiene madurez de cosecha cuando en cierta fase fenológica se desprende de la planta; y puede llegar a desarrollar su madurez de consumo cuando alcanza todas las características sensoriales (Del Pilar, Fischer, & Corredor, 2007).

El objetivo principal de este estudio fue determinar la relación entre los porcentajes de calidad de fermentación de los granos de cacao y el grado de madurez de las mazorcas al momento de la cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Granja Experimental Santa Inés de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5.5 vía al Cambio, perteneciente a la parroquia El Cambio, provincia de

El Oro, Ecuador, entre las siguientes coordenadas geográficas 79° 54' 05" W y 03° 17' 16" S, a 6 msnm. De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el sitio de ensayo correspondió a un bosque muy seco, Tropical (bms-T), con una precipitación media anual de 1200 mm, una temperatura media anual de 25° C y una humedad relativa de 84%.

Las variables evaluadas fueron:

1. Índice de mazorca: Según Vera-Chang et al, (2014) debe utilizarse el número de mazorcas necesarias para completar un kilogramo de cacao fermentado y seco. Se recolectaron al azar 20 mazorcas fisiológicamente maduras sin síntomas de enfermedades de cada genotipo; luego de extraer sus almendras, se procedió a fermentarlas y secarlas.
2. Número de almendras por mazorca: Se realizó el conteo directo del número de almendras por cada mazorca muestreada y se calculó el promedio (Moreno, & Sánchez, 1989).
3. Índice del grano: Es el peso promedio, en gramos, de una almendra de cacao seco. Se tomaron al azar 100 almendras por cada tratamiento, se pesaron, luego se dividió el peso total para cien y se obtuvo el peso promedio de los granos (Moreno et al, 1989).
4. Número/porcentaje de cascarilla o testa: Se determinó en base al peso de un grupo de 30 almendras fermentadas y secas, tomadas al azar por cada tratamiento, luego se extrajo su cascarilla, se pesó y dividió para el peso de los 30 granos y se multiplicó el resultado por cien (Moreno et al, 1989).
5. Porcentaje de fermentación (prueba de corte): se determinó en almendras secas, utilizando la prueba de corte, la cual consiste en partir longitudinalmente 100 almendras tomadas al azar por cada tratamiento. Luego se analizó con adecuada luz natural una de las mitades; de acuerdo al color y pronunciamiento de las grietas en los cotiledones (Amores et al, 2009) (Rivera et al, 2012). Las almendras se clasificaron en: grano de buena fermentación (grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda), grano ligeramente fermentado (grano cuyos cotiledones ligeramente estriados presentan un color ligeramente violeta, debido al mal manejo durante el beneficiado), grano violeta (grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo durante el beneficiado), grano pizarroso (es un grano sin fermentar, que al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto), grano mohoso (que ha sufrido deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos), grano infestado (grano que contiene insectos vivos en cualquiera de sus estados biológicos).

6. Número/porcentaje de humedad: para medir el porcentaje de humedad de las almendras de los clones, se pesaron 10 g de muestra de cacao molido y previamente esterilizado, las muestras se colocaron en una estufa y se incubaron a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por un tiempo de 16 ± 1 horas, luego se ingresó al desecador dejándolo enfriar por espacio de 40 minutos, para luego proceder a pesar. El porcentaje de humedad contenido en la almendra se determinó en función del peso fresco, por diferencia.

7. Calidad de licor de cacao (catadores): estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de calidad de Cacao de la Estación Experimental Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por catadores experimentados. Se utilizó 150 g de almendras fermentadas y secas para la elaboración del licor de cacao, las almendras fueron sometidas a un proceso de torrefacción en estufa a una temperatura de 112°C durante 12 minutos. Luego de que las almendras se enfriaron se procedió a descascarillarlas manualmente. Posteriormente los cotiledones se trituraron en un molino para granos secos, obteniéndose porciones de 1 a 3 mm. Para la molienda fina de los cotiledones y obtención refinada de la pasta, se utilizó un molino dotado de un sistema de enfriamiento incorporado. Al término de la molienda y refinado, se obtuvieron entre 100 y 120 g de licor de cacao para cada muestra, que luego se almacenaron en un refrigerador, identificadas con su debido código. Durante la evaluación, los licores se llevaron a una temperatura de 40 a 45°C . Cada catador tomó una pequeña cantidad de licor de cacao en el extremo de una paleta plástica pequeña y la colocó uniformemente sobre su lengua. El catador mantuvo la muestra en su boca por espacio de 15 a 20 segundos, determinando los atributos de cada una de ellas y registrando los resultados en un formulario diseñado al efecto. Las degustaciones se realizaron en forma individual y antes de continuar con la siguiente muestra, los catadores esperaron unos minutos para que se perdieran los sabores remanentes de la muestra anterior, tomando agua o consumiendo galletas. En todos los perfiles de sabores (básicos y específicos), individualmente se calificó la degustación del licor de cacao usando la siguiente escala: 1 = normal; 2 = bueno; 3 = excelente.

Los sabores básicos estuvieron formados por: amargor (muestras con sabor fuerte y amargo, detectada en la parte posterior de la lengua y la garganta), acidez (se consideraron aquellas muestras que presentaron un sabor ácido persistente, que se percibió a los lados y en el centro de la lengua), astringencia (muestras que dejaron una sensación fuerte de sequedad en la boca, detectado en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes), verde/crudo (características que señalan deficiente fermentación o tostado).

Los sabores específicos se clasificaron en: cacao (muestras que presentaron un sabor típico a chocolate), floral (muestras que presentaron un sabor agradable, similar al olor de las flores), frutal (muestras identificadas por un sabor a fruta madura, muy agradable) nuez (muestras que presentaron un sabor a almendra o a nuez) y caramelo (muestras que tuvieron sabor agradable parecido al agua azucarada).

Se aplicaron seis tratamientos en total. Cada uno de ellos con sus respectivos grados de maduración (Tabla 1).

Tabla 1. Grados de madurez a utilizar en la obtención de almendras y licor de cacao de alta calidad en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala.

Tratamiento	Grados de madurez
T1	Grado 0 (inicio madurez fisiológica)
T2	Grado 1 (10% coloración amarilla)
T3	Grado 2 (25% coloración amarilla)
T4	Grado 3 (50% coloración amarilla)
T5	Grado 4 (75% coloración amarilla)
T6	Grado 5 (100% coloración amarilla)

Para el proceso se cosecharon cien mazorcas sanas del complejo nacional, de los distintos grados de madurez. El mismo día se procedió a realizar la quiebra con un mazo de madera proporcionando ligeros golpes a la mazorca y fueron desgranadas manualmente colocando los granos en un recipiente plástico y limpio para luego pasar al proceso de fermentación. Para la fermentación se utilizó el método de rotor de madera, el cual obtuvo un porcentaje de fermentación del 96% (Romero, 2016). Este fermentador fue llenado con 100 mazorcas de cada grado de madurez, con un peso aproximado de 10 kg de granos de cacao fresco. La fermentación tuvo una duración de tres días y las masas fueron removidas

Tabla 2. Resumen del ANOVA de los tratamientos.

FV	SC	GL	SCM	F calculada	p ≥ 0,05	F tabla
Peso 100 granos	2944,95	5	588,99	18,35	2,9984E-05	3,1059
Índice de grano	110,06	5	22,013	379,63	8,9405E-13	3,1059
Índice de testa	31,21	5	6,24	12,46	0,00020839	3,1059
Índice de mazorca	46,84	5	9,37	293,05	4,169E-12	3,1059
% de humedad	9,05	5	1,81	28,84	2,7242E-06	3,1059
% ferment. buena	17782,28	5	3556,46	432,54	4,1098E-13	3,1059
% ferment. media	3152,44	5	630,49	119,46	8,3409E-10	3,1059
% Granos violeta	604,5	5	120,9	16,8697674	4,621E-05	3,1059
% Pizarra	298,44	5	59,69	38,37	5,6447E-07	3,1059
% Granos vanos	2267,33	5	453,47	204,06	3,5641E-11	3,1059
% Granos defectuosos	7679,83	5	1535,97	152,75	1,9693E-10	3,1059
% Ferment. total	7679,83	5	1535,97	152,75	1,9693E-10	3,1059

a las 24, 48 y 72 horas de iniciado el proceso; el tiempo de remoción fue de dos minutos. Después de la fermentación, los granos fueron ubicados sin amontonar en una marquesina para su secado natural por un lapso de siete días hasta alcanzar un 7% de humedad. Para que el secado fuese homogéneo los granos se movieron cada 24 horas, utilizando una pala de madera. Luego las muestras fueron llevadas a laboratorio en bolsas de papel, para luego enviarlas al Laboratorio Nacional de Calidad Integral de cacao y café del INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, para su respectivo análisis sensorial. Se aplicó un diseño completamente al azar con igual número de observaciones por tratamientos, se trabajó bajo invernadero en un entorno experimental homogéneo. Los criterios de prueba se realizaron mediante la prueba "F de Fisher", el cual se comparó con el correspondiente valor tabular de la distribución "F de Fisher".

El análisis de varianza se realizó con los datos obtenidos del número y tamaño de los brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento, y se calcularon en el programa estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de mazorca

El análisis ANOVA de una vía (Tabla 2) realizado para determinar la significancia de los índices de mazorca por cada tratamiento, señaló que al obtener un valor de significancia menor que 0,05, existe diferencia estadística entre los tratamientos, confirmando que existe relación entre el grado de madurez de la mazorca y el peso de los granos secos de cacao, y que mientras mayor madurez presente la mazorca, mayor será el peso de los granos (Figura 1).

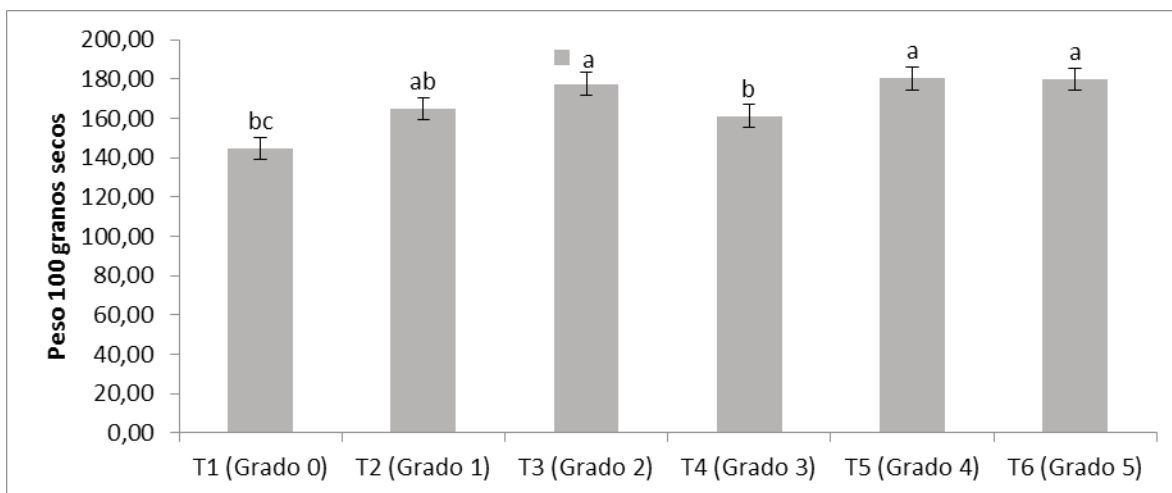


Figura 1. Comparación de medias de los índices de mazorca obtenida en cada tratamiento.

La prueba de Tukey ($p \geq 0,05$) (Tabla 3), indicó que el subconjunto 1 con un valor menor de media, presentó una diferencia estadística con los subconjuntos 2, 3 y 4; es decir, necesitó menor cantidad de mazorcas para completar un kg de cacao seco. Estos datos concuerdan con los de Sánchez-Mora et al (2013), que registraron índices entre 14,6 y 17,7 mazorcas. Según Solís, Zamarripa, Pecina, Garrido, & Hernández (2015), el índice de fruto está afectado por factores genéticos, ambientales y de la edad

de la planta. Por otro lado, Vera-Chang et al (2014) afirman que el índice de mazorcas es un carácter significativo en la industria y en la elección de material para mejoramiento genético, siendo preferible escoger materiales con un índice menor a 20 mazorcas, como indicador de productividad. Cabe recalcar que el estándar internacional para índice de mazorca es de 25 mazorcas para obtener un kg de grano seco (Luis et al, 2015).

Tabla 3. Resumen de las pruebas de Tukey ($p \geq 0,05$) de los tratamientos y niveles de significancia

Tratamientos	Índice grano	Índice testa	Índice mazorca	Humedad (%)	Fermtación buena (%)	Fermtación media (%)	Granos pizarra (%)	Total de fermentación (%)
T1 (gado 0)	1,45c	14,57a	15,54b	7,47a	0,33e	33,67b	12,33a	34,00c
T2 (grado 1)	1,65ab	10,98c	14,23c	5,73b	14,33d	44,00a	8,33ab	58,33bc
T3 (grado 2)	1,78b	14,76a	16,69ab	6,47ab	35,33c	38,33ab	5,00ab	73,67ab
T4 (grado 3)	1,61ab	12,40b	14,27c	6,73ab	56,33b	26,67bc	3,33b	83,00ab
T5 (grado 4)	1,80a	12,88ab	16,20ab	5,73b	78,00ab	12,33c	2,33b	90,35a
T6 (grado 5)	1,80a	12,38b	18,96a	5,40b	86,00a	7,67c	0,00c	93,67a

Índice de grano

El análisis de varianza (Tabla 2) mostró que al obtener una significancia menor a 0,05, sí existió diferencia estadística en el índice de grano en cada uno de los tratamientos. La prueba de Tukey ($p \geq 0,05$) para comparación de medias del índice de grano, de cada uno de los tratamientos, indicó que entre los T2, T3, T6 (subconjunto 3), y los T2 y T4 (subconjunto 2), no existió diferencia estadística; en cambio el T1 presentó el valor de media más bajo y difirió estadísticamente respecto a los demás tratamientos (Tabla 3, Figura 2).

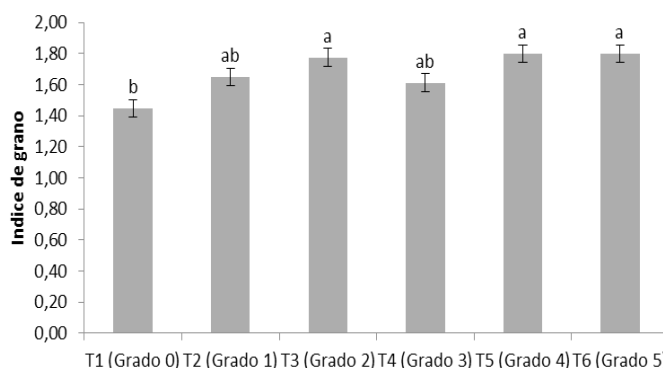


Figura 2. Comparación de medias de los índices de grano obtenidos en cada tratamiento.

El valor de media más elevado lo obtuvo el T6 con 1,80 g, y el valor de media más bajo lo tuvo el T1

con 1,44 g; la mayoría de los tratamientos tuvieron valor superior al mencionado por Ruíz et al (2015) quienes exponen que el índice de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26 g. Solis et al (2015) indican que generalmente se separan los materiales que registran un peso menor a 1,1 g, y Sánchez et al (2014) menciona que los genotipos de cacao con índices de almendra superiores a 1,0 g son aceptables desde la perspectiva filogenética e industrial (Romero, 2016). Los resultados obtenidos superan los pesos establecidos en las normas (INEN, 2016), las cuales forman un rango de 1,35 a 1,40 g para la categoría A.S.S.P.S (Arriba Superior Summer Plantación Selecta), 1,30 a 1,35 g para la categoría A.S.S.S (Arriba Superior Summer Selecto), 1,20 a 1,25 g para la categoría A.S.S (Arriba Superior Selecto), 1,10 a 1,15 g para la categoría A.S.N (Arriba Superior Navidad), y 1,05 a 1,10 g para la categoría A.S.E (Arriba Superior Época).

Porcentaje de cascarilla

El análisis de varianza (Tabla 2), mostró que al obtener una significancia menor a 0,05, sí existe diferencia estadística en el porcentaje de testa en cada uno de los tratamientos. La prueba de Tukey ($p \geq 0,05$) indicó que entre los T2, T4, T6, T5 (subconjunto 1), y los T5, T1 y T3 (subconjunto 2), no existió diferencia estadística (Tabla 3); pero la relación entre subconjuntos presentó una significancia estadística. El T3 presentó el valor de media de porcentaje de testa más elevado (14,76 %) con un peso de 177,57 g (100 granos) y el T6 presentó un valor menor (12,38 %) con un peso de 179,83 g (100 granos) (Figura 3); valores que se mantienen entre los porcentajes que están dentro de 10% a 14% para granos normales (Quintana, Gómez, García, & Martínez, 2015; Afoakwa, 2016). Estos datos concuerdan con la investigación de Clímaco et al (2010), que obtuvo datos similares, por lo que determinó una relación inversa al peso/% testa.

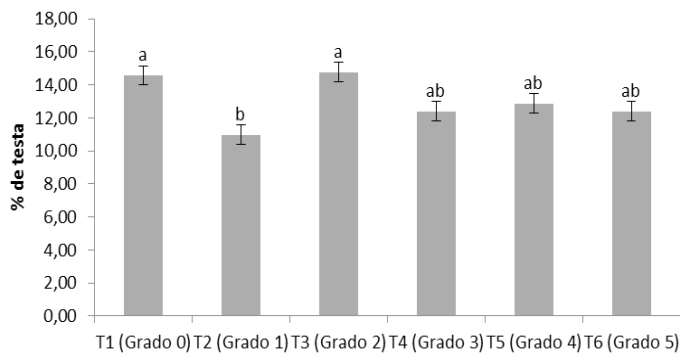


Figura 3. Comparación de medias de los porcentajes de testa obtenidos en cada tratamiento.

Fermentación buena, media y total

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para fermentación buena, también evidenció que el T6, T5 identificado con el subconjunto 5, presentó el valor de media más elevado y difirió estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T4, T3, y T2 identificados con diferentes subconjuntos también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio, el T1 identificado con el subconjunto 1, presentó el valor de media más bajo y difirió estadísticamente con los demás tratamientos. En el análisis de la fermentación total, el T4, T5 y T6 (Figura 4) obtuvieron un valor de media de 83,00; 90,33 y 93,66 % respectivamente, lo que concuerda con lo mencionado por Romero (2016). Estos valores exceden, según Gutiérrez (2012) y Ruíz et al (2015), el mínimo de 75 % de almendras fermentadas, porcentaje requerido para que las industrias de chocolate obtengan el sabor a cacao. El T3 alcanzó un valor de media de 73,667 %, mayor al mencionado por Peláez, Guerra & Contreras (2016), quienes indican que el porcentaje óptimo de fermentación debe ser mayor o igual a 60 %. En relación con las normas del INEN (2016), el T5 y T6, superaron el porcentaje establecido en la categoría A.S.S.P.S (Arriba Superior Summer Plantación Selecta), el cual es de 85 % para fermentación total. Mientras que el T4 se ubicó dentro de la categoría A.S.S.S (Arriba Superior Summer Selecto), la cual establece un mínimo de 75 % para fermentación total. El valor de media más elevado lo obtuvo el T6, debido a su método de rotación que le permite obtener la mezcla homogénea de la masa, con un movimiento de palanca, de forma tal que se realizan los volteos de las almendras en un intervalo de entre 24, 48 y 72 horas (Liendo, 2015). Con esto no se pierde temperatura y al mismo tiempo se oxigena la masa en fermentación, lo que regulariza la acidez, la velocidad del proceso, ya que el incremento de la temperatura y de la acidez depende de la oxigenación de la masa. Álvarez et al (2010) mencionan la importancia que representa la remoción de la masa de cacao sobre la calidad final del chocolate. Los T1 hasta el T3 obtuvieron los valores de media más bajos, debido a que el grado de madurez al momento de la cosecha no es el óptimo, por lo tanto, esto influye generando una fermentación incompleta; esto coincide con lo dicho por Rivera et al, (2012).

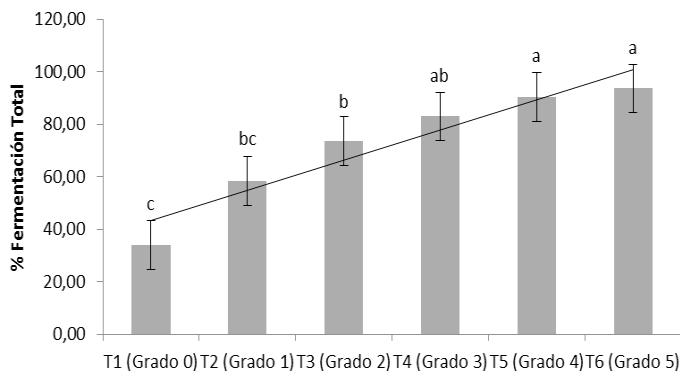


Figura 4. Comparación de medias de los porcentajes de fermentación total obtenidos en cada tratamiento.

Tabla 4. Promedios de las variables evaluadas en los tratamientos estudiados.

Tratamientos	Peso (100 granos)	Índice grano	Índice testa	Índice mazorca	% de humedad	Ferm-tación buena (%)	Ferm-tación media (%)	Granos pizarra (%)	Granos vanos (%)	Granos defectuosos (%)	Total de fer-men-tación (%)
T1 (Grado 0)	144,73	1,45	14,57	15,54	7,47	0,33	33,67	12,33	34,00	66,00	34,00
T2 (Grado 1)	164,97	1,65	10,98	14,23	5,73	14,33	44,00	8,33	17,67	41,67	58,33
T3 (Grado 2)	177,57	1,78	14,76	16,69	6,47	35,33	38,33	5,00	10,67	26,33	73,67
T4 (Grado 3)	161,17	1,61	12,40	14,27	6,73	56,33	26,67	3,33	5,00	17,00	83,00
T5 (Grado 4)	180,37	7,03	12,88	16,2	5,73	78,00	12,33	2,33	3,33	9,67	90,33
T6 (Grado 5)	179,83	6,68	12,39	18,96	5,4	86,00	7,67	0,00	1,33	6,33	93,67

Respecto a los granos violetas, el valor de media más alto lo adquirió el T1 con un valor de 18,66 %, seguido por el T2 con un valor de 15,66 % y el T3 con un valor de 10,66. El valor de media más bajo lo consiguió el T6 con un valor de 3,00 %. A partir del T2 los valores estuvieron por debajo del 16 % establecido por las normas INEN (2016), según el cual los valores permitidos van del 10 al 25 % en la denominación cacao nacional. Según Rivera et al (2012) existen valores altos de granos violetas cuando en la cosecha se incluyen frutos inmaduros.

La prueba de Tukey ($p \geq 0,05$), señaló que el T1 identificado por el subconjunto 4, presentó el valor de media más elevado y difirió estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T2 y T3 identificados con subconjuntos diferentes (2,3), también difirieron estadísticamente con los demás tratamientos (Tabla 3). En cambio el T5 y T6 identificados con el subconjunto 1, presentaron los valores de media más bajos y fueron estadísticamente iguales, pero difirieron respecto a los demás tratamientos. El valor de media más alto lo alcanzó el T1 con un valor de 12,33 %; mientras que el valor de media más bajo lo obtuvo el T5 y el T6 con valores de 2,33 y 0 %. Vera-Chang et al (2015) menciona que las almendras pizarrosas muestran un aspecto compacto de color gris negruzco, lo cual indica que no ha ocurrido fermentación. Rivera et al (2012) explica el

Granos pizarrosos

El análisis de varianza (Tabla 2), indicó que al obtener una significancia menor a 0,05, sí existió diferencia estadística en el porcentaje de granos pizarrosos en cada uno de los tratamientos. Se observó una correlación directa entre el grado de madurez de las mazorcas de cacao y el porcentaje de granos pizarrosos y los granos vanos en todos los tratamientos (Tabla 4).

porcentaje de granos pizarrosos, por el inadecuado grado de madurez de los frutos, al momento de la cosecha. La normativa ecuatoriana permite entre 4 y 12 % de granos pizarrosos en cacao Nacional. Del T2 hasta el T6 se ubicaron por debajo de este rango, con valores de 8,33; y 0,00 % respectivamente, mientras que el T1 se ubicó sobre el rango con un valor de 12,33 %.

Porcentaje de humedad

El ANOVA y Prueba de Tukey ($p > 0,05$) para comparación de medias del porcentaje de humedad, evidenció diferencias significativas claras entre tratamientos. El T1 presentó el valor de media más alto (7,46 %) (Tabla 2), los demás tratamientos (T2, T3, T4, T5 y T6) presentaron valores entre 5,4 a 6,7 %, es decir, en los rangos propuestos por Vera-Chang et al (2014), quien plantea que las almendras con un rango de humedad entre 6 y 7% no son vulnerables a sufrir ataques de mohos, el contenido de humedad es un elemento de calidad clave para la conservación y el almacenamiento. No obstante, el T1 por poseer un valor de 7,46 % tuvo problemas de infestación con mohos. Esto coincide con lo mencionado por Afoakwa (2016), quien explica que el contenido de humedad de los granos debe reducirse del 5,5 al 7,5 %, que es un nivel adecuado para el almacenamiento seguro del cacao durante un par

de meses antes de su comercialización y elaboración. Por encima del 8% de humedad, hay un riesgo de que se desarrollen mohos dentro de los frijoles, y por debajo del 5% los granos son muy frágiles.

Calidad de licor de cacao

El análisis sensorial del licor de cacao en cada uno de los tratamientos, mostró las calificaciones obtenidas en los diferentes sabores específicos y básicos (Tabla 5). El sabor cacao presentó mayor intensidad en los tratamientos T1, T4, T5 y T6 con respecto a los demás sabores específicos y la calificación más alta la adquirió el T5 y T6, con valor de 6,0 y 4,0, respectivamente; estos valores se asemejan a los determinados por Amores et al (2009), ubicados entre 4 y 5, pero superan a los encontrados por Ruíz et al (2015) los cuales se sitúan en un rango de 2,66 a 3,86 pero se asemejan a los resultados obtenidos en los demás tratamientos, excepto el T3 y T2 que manifestaron valores de 2,5 y 1, colocándose por debajo de este rango.

En el sabor floral, primordial característica del cacao fino de aroma o sabor arriba (Vera et al, 2014), sobresalieron T1 y T6 con una calificación de 1,0 y 0,5. Estos valores son inferiores a los encontrados por Ruíz, Mera, Prado & Cedeño (2015), los cuales se sitúan en un rango de 0,22 a 2,36 respectivamente. Se aclara que en invierno hay ausencia de este atributo en la mayoría de los clones, este aroma se produce por el linalol que es un terpeno, se lo suele encontrar en flores y plantas aromáticas. En el sabor frutal, sobresalieron T5, T6, T3 y T1 con una calificación de 4,5, 2,0, 2,0 y 2,5, respectivamente; valores que superan los encontrados por Pinargote, et al. (2014), los cuales se ubican en un rango de 2,83 a 3,94. En época invernal los resultados son bajos o ausentes, el aroma a fruta está relacionado con los aldehídos. Este aroma es característico del cacao nacional, ya que el medio ambiental del cultivo está encerrado de árboles frutales que conceden un aroma afrutado y floral muy característico (Amores et al, 2009). En el sabor nuez, sobresalió el T3, T5 y T6, con una calificación de 0,5 cada una respectivamente; estos valores están por debajo de los observados por Ruíz et al (2015), los cuales se ubican en un rango de 0,83 a 2,78. En el sabor caramelo, sobresalió el T6

con una calificación de 3,5, valor que supera a los obtenidos por Ruíz et al (2015), en un rango de 0,61 a 1,78. Los T1, T2 y T3, obtuvieron un valor de 0,0, T4 y T5, valor de 0,5 respectivamente, ubicándose por debajo de este rango. El T6 y el T5 obtuvieron las calificaciones más elevadas sobre los sabores específicos, por lo que las diferencias en la calidad de la fermentación podrían presentar los posibles vínculos entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez. Las muestras mejor fermentadas no solo despliegan una expresión más fuerte del sabor a cacao, sino también perfiles sensoriales aromáticos característicos de los cacaos finos o de aroma (Jaime et al, 2014). Algo similar alegan Ventura, González, Rodríguez, & Almonte (2014), al indicar que gran parte de las características organolépticas del cacao están establecidas por el proceso fermentativo de las almendras, debido a que se ha encontrado que los aromas y sabores específicos del cacao son causados por transformaciones enzimáticas durante el beneficio postcosecha de las almendras. En el sabor amargo, sobresalieron los T1, T2, T3 y T4, con calificación de 5,5 para T1 y 3,5 para los otros tres, respectivamente. Estos valores superan a los encontrados por Ruíz et al (2015), situados en un rango de 2,61 a 4,28. Esta nota sensorial está determinada por la theobromina y la cafeína (Reyes et al, 2000). En el sabor ácido, las calificaciones de 3,0 y 2,5, para el T2 y T6, respectivamente, fueron similares a las encontrados por Ruíz et al (2015) los cuales se colocan en un rango de 1,83 a 4,36; excepto el T1, T4 y T5, que obtuvieron valores de 1,5, ubicándose por debajo de este rango. Para el sabor astringente, los T2, T4 y T3 recibieron calificación de 5,0, 4,5 y 3,0, respectivamente, valores superiores al compararse con los hallados por Ruíz et al (2015), situados en un rango de 1,39 a 3,61, pero semejantes a los adquiridos en los demás tratamientos. Reyes et al (2000) afirman que este sabor está relacionado con las antocianinas y epitecatequinas. En el sabor verde, el valor más alto lo obtuvo el T2 con una calificación de 3,5; mientras que el valor más bajo lo adquirieron T1, T3 y T5, con un valor de 0,0. Según alude Solórzano, Amores, Jiménez, Nicklin, & Barzola (2015), el sabor verde procede de la existencia de almendras violetas que no han concluido su proceso de fermentación.

Tabla 5. Análisis sensorial del licor de cacao obtenido en los tratamientos.

Tratamientos	Sabores específicos					Sabores básicos				
	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho
T1 (Grado 0)	3,0	1,0	2,5	0,0	0,0	5,5	1,5	2,5	0,0	1,0
T2 (Grado 1)	1,0	0,0	0,5	0,0	0,0	3,5	3,0	5,0	3,5	0,0
T3 (Grado 2)	2,5	0,0	2,0	0,5	0,0	3,5	2,0	3,0	0,0	1,5
T4 (Grado 3)	3,0	0,0	1,0	0,0	0,5	3,5	1,5	4,5	1,0	0,0
T5 (Grado 4)	6,0	0,0	4,5	0,5	0,5	2,5	1,5	2,0	0,0	0,0
T6 (Grado 5)	4,0	0,5	2,0	0,5	3,5	2,5	2,5	2,0	1,0	0,0

Los resultados se resumen en la escala gráfica acompañada de cada uno de los promedios obtenidos para las variables estudiadas y para los perfiles sensoriales obtenidos en cada grado de madurez

(Figura 5). De esta manera se cuenta con una herramienta guía para que los productores logren obtener el mayor beneficio de sus cosechas.

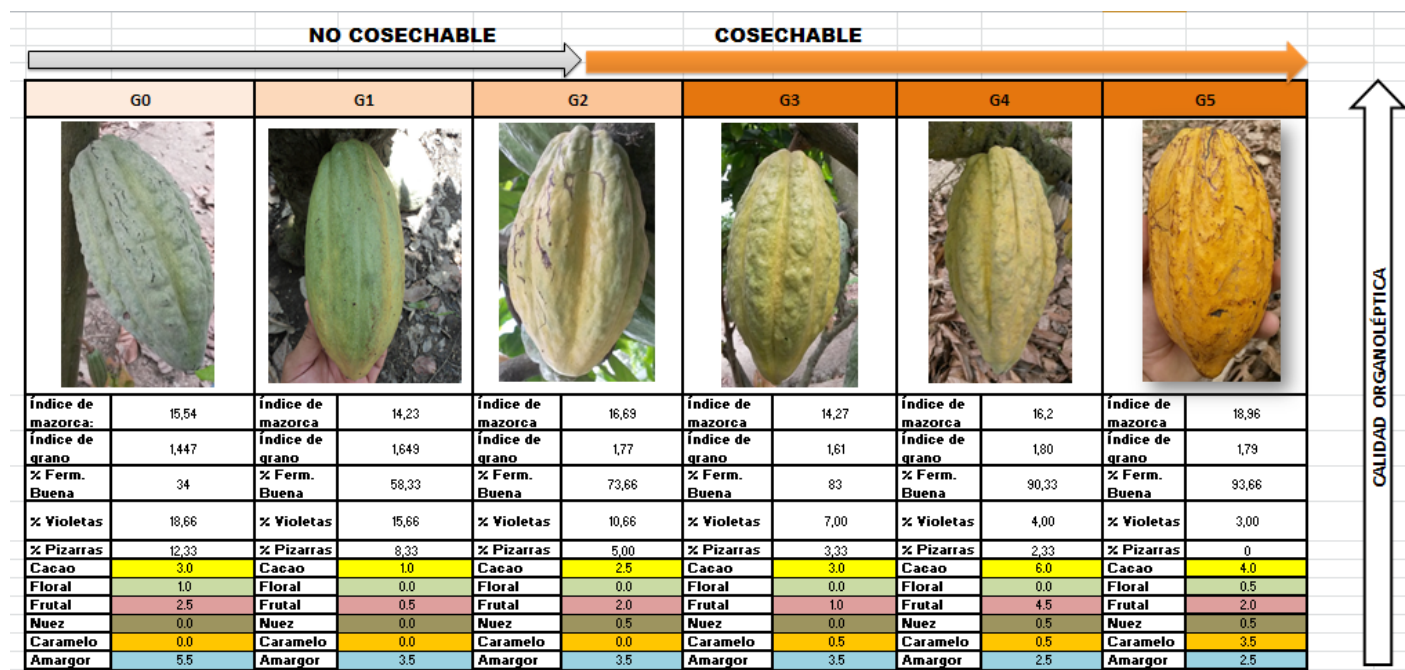


Figura 5. Escala gráfica y valores promedios obtenidos de las variables analizadas.

CONCLUSIONES

El grado óptimo de madurez se obtuvo en el T6 (grado 5) con un valor de 93,33 % de granos fermentados con respecto a los demás tratamientos utilizando el método de rotor de madera lo que demuestra que la madurez del fruto al momento de la cosecha influye en el índice de fermentación. Con respecto a los demás tratamientos, a medida que se aumenta el grado de madurez al momento de la cosecha los valores de fermentación total van aumentando de manera exponencial, desde el T1, T2, T3 y T4 con valores de 34,00, 58,33, 73,66 y 83,00 %, respectivamente. Estos valores indican que a partir del T3 (grado 2) se obtienen granos con calidad accesible para el mercado según las normas INEN 176, que establece un porcentaje de fermentación del 85 %. Los promedios de índice de grano expresaron valores de 1,80 y 1,70 g en el T5 y el T6, respectivamente, lo que se correlaciona con el porcentaje de testa obtenido en las almendras, que fue desde 12,38 y 12,88, cifras que evidencian la eficiencia del rotor de madera y el grado de madurez, como factores que influyen en la obtención de un mayor porcentaje de fermentación e índice de grano. La calidad organoléptica del licor de cacao se vio afectada por el método de fermentación y el grado de madurez al momento de la cosecha (T4 y T5) desarrollando más intensidad aromática del sabor cacao, floral, frutal y

nuez, con el uso del rotor de madera, mientras que el resto de tratamientos fueron afectados por la presencia pronunciada del sabor amargo y astringente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afoakwa, E.O. (2016). *Chocolate Science and Technology* (2nd ed.). New Jersey: Wiley Blackwell.
- Álvarez, C., et al. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *UDO Agrícola*, 10(1), 76–87.
- Amores, F., Palacios, A., Jiménez, J., & Zhang, D. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de esmeraldas, 120 (Boletín Técnico, 135).
- Del Pilar, I., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa. *Agronomía Colombiana*, 1(25), 83–95.
- Gutiérrez, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 914–918.
- Liendo, R. J. (2015). Efecto del volteo sobre los perfiles sensoriales del cacao fermentado. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 32(1), 41–62.

- Loor, R., & Amores, F. (2003). Explorando la variabilidad del cacao tipo Nacional para identificar clones elite. *Revista Sabor Arriba*, 2(4), 18–19.
- Moreno, L. & Sánchez, J. (1989). Beneficio del cacao. *Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas*, (6), 26.
- Peláez, P.P., Guerra, S., & Contreras, D. (2016). Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semi-mechanized transfer, between fermentation boxes. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 111–119.
- Portillo, E., Graziani, L., & Cros, E. (2006). Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Revista de la Facultad de agronomía*, 23, 49–57.
- Quintana, L.F, 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. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 253–266.
- Quiroz, J. (2012). Influencia de la agronomía y cosecha sobre la calidad del cacao. *Boletín Técnico INIAP (Ecuador)*, (147), 12.
- República del Ecuador. Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2016). Norma técnica ecuatoriana 176. Recuperado de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/nte_inen_176.pdf
- Reyes, H., & Capriles, L. (2000). *El cacao en Venezuela. Moderna tecnología para su cultivo*. Caracas: Chocolates del Rey, CA.
- Rivera, R., et al. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. *Ciencia y Tecnología*, 5, 7–12.
- Romero-López, J.A. (2016). Incidencia del método de fermentación en la calidad de las almendras y licor de *Theobroma cacao* L., tipo Nacional (Tesis de pregrado). Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Ecuador.
- Ruíz-Pinargote, M.A., Mera-Morán, O.L., Prado-Cedeño, A.J., & Cedeño-Guzmán, W.P. (2015). Influencia de la época de cosecha en la calidad del licor de cacao tipo nacional, *ESPAMCIENCIA*, 5(2), 73–85.
- Sánchez-Mora, F., et al. (2013). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33–41.
- Sánchez-Mora, F., et al. (2014). Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Solis-Bonilla, L., Zamarripa-Colmenero, A., Pecina-Quintero, V., Garrido-Ramírez, E., & Hernández-Gómez, E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a Moniliasis, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 71-82.
- Solórzano, E., Amores, F., Jiménez, J., Nicklin, C., Barzola, S. (2015). Comparación sensorial del cacao. *Ciencia y Tecnología*, 8(1), 37–47.
- Ventura, M.A, González, J., Rodríguez, O., & Almonte, J. (2014). Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo. *Revista Agropecuaria y Forestal*, 3(1), 55–60.
- Vera-Chang, J.V. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica*, (15), 26-37.
- Vera-Chang, J.V., et al. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador/ Physical-chemical and sensory attributes of the cocoa nacional (*Theobroma cacao* L.) Fifteen clone beans in Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.
- Wood, G.A.R. (1959). El cacao en el Ecuador. En: *Notes on Three Cocoa Diseases, Cocoa Growing in Venezuela, Colombia, and Ecuador* (pp. 35-52). Bournville: Cadbury Brothers Ltd.