

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE
ALMENDRAS SECAS DEL CACAO FINO DE AROMA
(*Theobroma cacao* L.) PROVENIENTES DE LA REGIÓN
AMAZONAS**

**Autor :
Bach. Sandy Rubith Chapa Gonza**

**Asesor :
M.Sc. Aline Camila Caetano**

**Coasesor :
M.Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar**

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2022

DATOS DEL ASESOR DE LA TESIS

M.Sc. Aline Camila Caetano

CE: N° 001630382

Registro ORCID: N° 0000-0002-9910-8518

<https://orcid.org/0000-0002-9910-8518>

Campo de la Investigación y el Desarrollo, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):

4.05.00 - Otras Ciencias Agrícolas

DATOS DEL COASESOR DE LA TESIS

M. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar

DNI: 26663772

Registro ORCID: N° 0000-0003-3185-6779

<https://orcid.org/0000-0003-3185-6779>

Campo de la Investigación y el Desarrollo, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):

4.04.01 – Biotecnología Agrícola, Biotecnología Alimentaria

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño a mis padres María Gonza y Jorge Chapa por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mí, cada logro se los debo a ustedes, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en mi formación académica, por haberme formado en valores, principios y forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanas, por el apoyo y cariño que siempre me brindaron en el transcurso de mi carrera universitaria, por motivarme a seguir adelante para cumplir mis metas y objetivos.

Sandy Rubith Chapa Gonza

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, por su infinita bondad y amor, por estar conmigo en cada paso que doy y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante este período de mi formación profesional.

A mis padres, mi eterno agradecimiento por su confianza, amor y paciencia. Por impulsarme ser cada día mejor y por creer en mí.

A mi Alma Mater la “Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas”, institución a la cual le debo mi realización profesional, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agraria, docentes y técnicos, por sus enseñanzas, valores y experiencias transmitidas que contribuyeron en mi formación.

A la M.Sc. Aline Camila Caetano asesora de la tesis, por brindarme sus conocimientos, por la dedicación y el apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar coasesor de la tesis, por su confianza y conocimientos brindados durante la presente investigación.

Mi agradecimiento al Proyecto Concytec – Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia [contrato número 033-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV], con el cual se ejecutó el subproyecto "Innovación biotecnológica para la producción masiva de embriones somáticos de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino de aroma en la Región Amazonas” y que hizo posible la realización de la tesis.

Al PhD. Pedro Javier Mansilla Córdova, por su apoyo y conocimientos aportados durante el desarrollo del trabajo.

A la Dra. Natalie Verónica Rondinel Mendoza por la orientación y apoyo en los análisis estadísticos de los datos.

Al personal docente, administrativo y de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias – FICA (UNTRM) por su apoyo y las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

Al personal del laboratorio FISIOBVEG del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva – INDES-CES (UNTRM) por el apoyo e infraestructura otorgados para la realización del presente trabajo.

A mis familiares, amigos y a todas las personas que me apoyaron y de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional, y por formar parte en esta etapa de mi vida.

Sandy Rubith Chapa Gonza

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

M.Sc. ARMSTRONG BARNARD FERNANDEZ JERI
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE ALMENDRAS SECAS DEL CACAO FINO DE AROMA (Theobroma cacao L.) PROVENIENTES DE LA REGIÓN AMAZONAS del egresado Sandy Rubith Chapa Gonza de la Facultad de FRACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 02 de febrero del 2022

Aline Camila Caetano

Firma y nombre completo del Asesor
Aline Camila Caetano

VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE ALMENDRAS SECAS DEL CACAO FINO DE AROMA (Theobroma cacao L.) PROVENIENTES DE LA REGIÓN AMAZONAS; del egresado SANDY RUBITH CHAPA GONZA de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 01 de FEBRERO del 2022

Firma y nombre completo del Asesor
WALTER DANIEL SANCHEZ

AGUILAR

CO-ASESOR

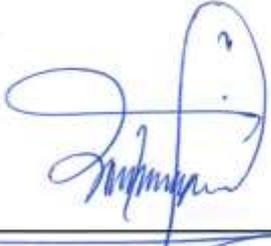
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo
PRESIDENTE



Ing. Ms. Guillermo Idrogo Vásquez
SECRETARIO



Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE ALMENDRAS SECAS DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.) PROVENIENTES DE LA REGIÓN AMAZONAS

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Bach. Sandy Rubith Chapa Gonza

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional sandy.chapa@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

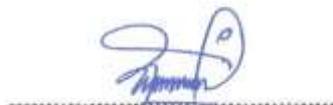
- La citada Tesis tiene 20 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 02 de marzo del 2022




SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

INDICE GENERAL

DATOS DEL ASESOR DE LA TESIS	ii
DATOS DEL COASESOR DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	vii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	viii
VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS.....	ix
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	x
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	xi
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	xii
INDICE GENERAL	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
I. INTRODUCCIÓN	21
II. MATERIAL Y MÉTODOS	24
2.1. Muestra	24
2.2. Diseño de la investigación.....	24
2.3. Métodos	24
2.3.1. Análisis físicos	24
2.3.2. Análisis químicos.....	27
2.3.3. Caracterización de los compuestos volátiles por SPME y GC-MS	30
2.4. Análisis de datos	31

III. RESULTADOS	33
3.1. Análisis Físicos.....	33
3.1. Análisis Químicos	37
IV. DISCUSIÓN	56
V. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES	65
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis físicos de las almendras de cacao.....	34
Tabla 2. Grado de fermentación (%) – Prueba de Corte	36
Tabla 3. Análisis químicos de las almendras de cacao	38
Tabla 4. Compuestos volátiles identificados por SPME-GC-MS en almendras de cacao antes y después del tostado.....	41
Tabla 5. Resumen del análisis de varianza del índice de almendras de los granos de cacao	75
Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de testa en los granos de cacao	76
Tabla 7. Resumen del análisis de varianza del número de almendras por 100 g de granos de cacao	77
Tabla 8. Resumen del análisis de varianza del largo de los granos de cacao	78
Tabla 9. Resumen del análisis de varianza del ancho de los granos de cacao	79
Tabla 10. Resumen del análisis de varianza del rendimiento de los granos de cacao (datos desbalanceados).....	80
Tabla 11. Resumen del análisis de varianza de la humedad de los granos de cacao	81
Tabla 12. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de cenizas en los granos de cacao.....	82
Tabla 13. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de grasa, con 3h de extracción, en los granos de cacao	83
Tabla 14. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de grasa, con 10h de extracción, en los granos de cacao	84
Tabla 15. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de proteína en las almendras de cacao	85
Tabla 16. Resumen del análisis de varianza de porcentaje de carbohidrato en las almendras de cacao.....	86

Tabla 17. Resumen del análisis de varianza del contenido de compuestos fenólicos totales (mg AcTE/g de cacao) en las almendras de cacao	87
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de almendras de cacao (g/grano)	88
Figura 2. Porcentaje de testa de almendras de cacao	88
Figura 3. Número de almendras en 100 g	89
Figura 4. Largo de las almendras de cacao	89
Figura 5. Ancho de las almendras de cacao	90
Figura 6. Prueba de corte de las almendras de cacao	90
Figura 7. Porcentaje de humedad de las almendras de cacao	91
Figura 8. Porcentaje de cenizas de las almendras de cacao	91
Figura 9. Porcentaje de proteína de las almendras de cacao	92
Figura 10. Porcentaje de grasas con 3 horas de extracción.....	92
Figura 11. Porcentaje de grasas con 10 horas de extracción.....	93
Figura 12. Porcentaje de carbohidrato de las almendras de cacao.....	93
Figura 13. Contenido de compuestos fenólicos totales (mg AcTE/g de cacao) de las almendras de cacao	94
Figura 14. Determinación del índice de almendras y porcentaje de testa.....	94
Figura 15. Determinación del número de almendras en 100 g y el largo y ancho de la almendra.....	95
Figura 16. Determinación de impurezas visibles y grado de fermentación.....	95
Figura 17. Determinación de humedad.....	96
Figura 18. Determinación de pH y cenizas	96
Figura 19. Determinación de proteína	97
Figura 20. Determinación de grasa total	97
Figura 21. Determinación del índice de fermentación.....	98
Figura 22. Determinación de compuestos fenólicos totales.....	98
Figura 23. Abundancia promedio del compuesto volátil acetofenona en los granos sin tostar y tostados.....	99

Figura 24. Abundancia promedia del compuesto volátil 2,3,5-trimetil-6-etilpirazina en los granos sin tostar y tostados.....	99
Figura 25. Abundancia promedia del compuesto volátil trimetilpirazina en los granos sin tostar y tostados.....	100
Figura 26. Abundancia promedia del compuesto volátil 2,3-dimetil-pirazina en los granos sin tostar y tostados	100
Figura 27. Abundancia promedia del compuesto volátil linalool en los granos sin tostar y tostados	101
Figura 28. Abundancia promedia del compuesto volátil bencenoacetaldehído (fenilacetaldehído) en los granos sin tostar y tostados.....	101

RESUMEN

El cacao es uno de los principales productos de exportación en el Perú y nuestro país cuenta con una alta diversidad y variabilidad genética de cacao, con más de 80 genotipos proveniente de cinco regiones. El objetivo de esta investigación fue determinar las características físicas y químicas de almendras secas del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la región Amazonas, además de los compuestos volátiles de las almendras sin tostar y tostadas. Los parámetros que se determinaron fueron el índice de almendras, porcentaje de cascarilla, número de almendras en 100 g, largo y ancho de la almendra, impurezas visibles, rendimiento de la almendra, grado de fermentación (prueba de corte), humedad, pH, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos, índice de fermentación, compuestos fenólicos totales y compuestos volátiles por SPME Y GC-MS (sin tostar y tostados a 110^a C por 20 min). Se caracterizaron ocho genotipos: ABL01, ABL03, VVA01, VVA02, MRC05, MRC10, JBB02 y JBB04, teniendo como muestra control al clon CCN51; todos provenientes de la cooperativa de servicios múltiples APROCAM – provincia de Bagua – Región Amazonas. Los resultados obtenidos mostraron que el genotipo que destacó en cuanto a las características físicas fue el VVA02, sin embargo, solo obtuvo un 79.32% de rendimiento del grano, mientras que la muestra control CCN51 obtuvo el porcentaje más alto con 88.22%, la humedad de los genotipos estudiados fue menor al 7% y el contenido de grasa obtuvo bajos porcentajes que variaron de 21.37 y 31.87%. En cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales el menor fue de 66.88 mg AcTE/g de cacao, mientras que el valor más alto fue obtenido por el CCN51 con 125.40 mg AcTE/g de cacao. Se identificó un total de 108 compuestos volátiles, los cuales corresponden a los ésteres, seguidos de alcoholes, aldehídos y cetonas, encontrándose en algunos casos los mismos compuestos tanto en almendras sin tostar y tostadas, los cuáles se diferencian en la intensidad del compuesto.

Palabras-clave: biodiversidad, CCN51, fenoles, GC-MS, compuestos volátiles

ABSTRACT

Cocoa is one of the main export products in Peru and our country has a high diversity and genetic variability of cocoa, with more than 80 genotypes from five regions. The objective of this research was to determine the physical and chemical characteristics of dry almonds of some genotypes of fine aroma cocoa (*Theobroma cacao* L.) from the Amazon region, in addition to the volatile compounds of fermented and dry, unroasted and roasted beans. The parameters that were determined were the index of almonds, percentage of husk, number of almonds in 100 g, length and width of the almond, visible impurities, grain yield, degree of fermentation (cut test), moisture, pH, protein, fat, ashes, carbohydrates, fermentation rate, total phenolic compounds, and volatile compounds by SPME and GC-MS (unroasted and roasted at 110 °C for 20 min). The results showed that the genotype that stood out in terms of physical characteristics was the VVA02 genotype, however, it only obtained a 79.32% yield, while the control sample CCN51 obtained the highest percentage in terms of grain yield with 88.22%. The moisture results were less than 7% and the fat content obtained low percentages that varied from 21.37 and 31.87%. Regarding the content of total phenolic compounds, the lowest value was 66.88 mg AcTE/g of cocoa, while the highest value was obtained by CCN51 with 125.40 mg AcTE/g of cocoa. A total of 108 volatile compounds were found, which correspond to esters, followed by alcohols, aldehydes, and ketones, finding in some cases the same compounds in both unroasted and roasted almonds, the qualities differ in the intensity of the compound.

Keywords: biodiversity, CCN51, phenols, GC-MS, volatile compounds

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los principales productores y proveedores de cacao fino de aroma y el segundo productor mundial de cacao orgánico (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). Esto lleva a las empresas extranjeras realizar tratos directamente con productores de cacao en el Perú y de esta manera incentivan a los productores a mejorar las prácticas agrícolas y manufactureras en toda la cadena de valor y así ofrecer un producto de calidad (Romero & Urrego Vargas, 2016). En el 2019 la producción nacional de cacao registró un récord histórico de 135.9 mil toneladas, de las cuales la región Amazonas aportó el 4%, con 5.1 mil toneladas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). El 60% de la producción de cacao en grano es exportado y el 40% es comercializado en el mercado nacional, de los cuales un 80% es considerado de descarte. Este grano de descarte se origina especialmente por un mal manejo de post cosecha y compromete la calidad de los lotes del grano (López-Monzón, 2016).

La existencia de una alta variabilidad genética del cacao en el Perú, que puede ser percibida en las diferentes razas nativas o ecotipos, clones y subespecies, dispersas en toda la selva alta y baja de la Amazonía, sumada a las favorables condiciones edafoclimáticas existentes en el país, representan un gran potencial para la industria. Sin embargo, se requiere invertir en métodos de mejoramiento como la selección, caracterización, evaluación, multiplicación y regeneración para utilizar los materiales genéticos con mayor potencial (M & O Consulting, 2008). Hasta inicios del 2017 ya se han recolectado más de 80 genotipos provenientes de las regiones de Amazonas, Cusco, San Martín, Piura y Huánuco. El conocimiento de información genómica permite salvaguardar la biodiversidad nativa otorgándole a los productores herramientas para proteger sus recursos genéticos en cuanto a la asociación genotipo-calidad (Chía Wong et al., 2017).

Según la ICCO (2016) existen dos variedades de granos: el cacao en grano a granel y el cacao en grano fino de aroma. Generalmente, los granos a granel provienen de la variedad Forastero y los granos de cacao fino de aroma se producen a partir de las variedades Criollo o Trinitario. Los granos del cacao fino de aroma poseen aromas y sabores (frutales, florales y herbales), este sabor es característico y lo diferencia de los demás cacaos en el mundo.

La calidad final de un grano de cacao es un punto crítico en la cadena de valor y es producto de los efectos combinados de: 50% factores genéticos, 20% postcosecha (fermentación y secado), 25% transformación (tostado y conchado) y 5 % suelo y época de cosecha (Gutierrez, 2007). Las variedades de cacao fino de aroma en el Perú son utilizadas para elaborar los mejores chocolates del mundo por sus exquisitas y poco comunes características organolépticas que hacen que estos hayan ganado reconocimiento internacional (Chía Wong et al., 2017). Después de los procesos de fermentación y secado se ve afectada la composición química del grano de cacao, por ejemplo, la humedad, la grasa, la proteína, la fibra, los carbohidratos y cenizas. La magnitud de este cambio va a depender de la variedad y su origen geográfico, el grado de madurez, la calidad de fermentación y el secado (Díaz-Ponce & Pinoargote-Chang, 2012). El índice de calidad del cacao (IQC) incluye un importante conjunto de características bioquímicas como el contenido de grasa total, fenoles totales, metales pesados, pH (Araujo et al., 2014). La FEDECACAO (2004) considera además el tamaño del grano o almendra, el porcentaje de humedad y el porcentaje de cascarilla.

Andrade et al. (2019) evaluaron las propiedades físicas y químicas de almendras de cacao procedentes de Ecuador y de Perú, teniendo como resultados en cuanto a dimensiones de la almendra que el CCN51 de Perú destacó con 2.50 cm de largo y 1.38 cm de ancho, en el índice de almendra el CCN51 de Ecuador obtuvo el mayor valor con 1.50 g, el porcentaje de cascarilla varió de 10.05 – 16.22%; referente al análisis proximal: el contenido de proteína del cacao peruano CCN51 fue de 14.23% y el contenido de grasa varió de 45.28 – 47.28%. Vera-Chang et al. (2014) caracterizaron atributos físico-químicos de almendras de quince clones de cacao nacional de Ecuador y obtuvieron 1.32 g como promedio general del índice de almendra, porcentaje de cascarilla 18.92%, pH 6.31, humedad 6 – 7%, grasa 30.82 (obteniendo el mayor valor la muestra testigo CCN51 con 41.44%) y ceniza el promedio general fue 3.49%.

Las almendras de cacao son una fuente rica en polifenoles y contribuyen con aproximadamente 10% del peso seco de todo el grano, otorgando amargor y astringencia. Los polifenoles se almacenan en las células de los cotiledones, encontrándose en tres grupos: catequinas o flavan-3-ol un 37%, antocianinas un 4% y las proantocianidinas un 58% (Rusconi & Conti, 2010). Sin embargo, se produce una fuerte disminución en la

cantidad durante la fermentación y el secado de almendras de cacao y una mayor retención durante el tostado (Wollgast & Anklam, 2000).

Los diferentes compuestos volátiles producidos durante el proceso de fermentación y secado se consideran indicadores de la calidad de los granos de cacao (Rodríguez-Campos et al. 2011). El tostado conduce a la disminución de la humedad en las almendras de cacao hasta un 2.5%, la eliminación parcial del ácido acético y el desarrollo de los compuestos aromáticos, realizándose entre 100 y 150 °C durante 20 a 40 minutos, dando lugar a las principales reacciones químicas las cuales se desarrollan durante el tostado como la reacción de Maillard, la caramelización de los azúcares, la degradación de las proteínas y la síntesis de compuestos azufrados (Portillo et al., 2009). Además permite la formación de nuevos compuestos volátiles, en su gran mayoría pirazinas (Ziegleder, 1990).

El objetivo general en la presente investigación fue determinar las características físicas y químicas de almendras secas del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la región Amazonas, además de los compuestos volátiles de las almendras sin tostar y tostadas.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Muestra

El material de estudio utilizado en la presente investigación estuvo conformado por ocho muestras diferentes de almendras fermentadas y secas de cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) de aproximadamente 1 kg cada uno, obtenidos de genotipos élitos seleccionados por los agricultores debido a sus características deseables o poco comunes que los diferencia al resto de plantas; identificados con un código y número, tales como: ABL01, ABL03, VVA01, VVA02, MRC05, MRC10, JBB02 y JBB04. Una muestra perteneciente a lotes comerciales del clon CCN51 fue utilizado como control. Todos, provenientes de la cooperativa de servicios múltiples APROCAM – provincia de Bagua – Región Amazonas. Las muestras recibidas fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Provincia de Chachapoyas.

El muestreo se llevó a cabo de acuerdo con los requisitos de cada metodología empleada en esta investigación, para lo cual se utilizó el método del cuarteo que consiste en extender la muestra sobre una superficie limpia y dividirla en cuatro cuadrantes, luego se eliminaron las almendras de dos cuadrantes opuestos seleccionados al azar. Este procedimiento se utilizó para cada análisis realizado.

2.2. Diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo analítico, debido a que se buscó caracterizar las propiedades físicas y químicas de ocho genotipos de cacao, además del control CCN51, mediante la evaluación de variables que permitan establecer las propiedades de cada uno de estos.

2.3. Métodos

Todos los análisis fueron realizados por triplicado.

2.3.1. Análisis físicos

a. Índice de almendras

El índice de almendras fue determinado pesando al azar 100 almendras fermentadas y secas de cada muestra (Gutierrez, 2007). Una vez obtenido el peso de las 100 almendras dicho valor se dividió entre 100 para obtener el peso promedio de un grano, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de almendras} = \frac{\text{gramos de muestra de cacao}}{100 \text{ granos de cacao}} \dots\dots\dots (1)$$

b. Porcentaje cascarilla

Se separó la cascarilla de 35 almendras fermentadas y secas, luego fueron pesadas, como lo descrito por Gutierrez (2007). El porcentaje de cascarilla se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cascarilla} = \frac{\text{peso de cascarilla}}{\text{peso de almendras}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

c. Número de almendras en 100 g

Se determinó seleccionando al azar almendras enteras libres de impurezas, hasta obtener 100 g. Luego se contó la cantidad total de almendras que se necesitaron. (NTP ISO - 2451:2018).

d. Largo y ancho de la almendra

Para el largo y ancho se seleccionaron 20 almendras al azar para ser medidas con la ayuda de un vernier, según lo descrito por Chire et al. (2014).

e. Impurezas visibles

De una muestra de aproximadamente 300g de almendras de cacao, se separaron las impurezas visibles como trozos de cáscara, piedras, ramas, insectos, larvas y tierra y se pesaron (Gutierrez, 2007).

$$\% \text{ impurezas} = \left(\frac{I}{mx} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

I = impurezas (g)

mx = muestra total (g)

f. Rendimiento del grano

Para la determinación del rendimiento del grano , fue necesario tener los porcentajes de impureza, cascarilla y humedad y, se aplicó la fórmula a continuación (Gutierrez, 2007).

$$\% R = \frac{(100-\%H-\%T-\%I)}{0.99} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

% R: Rendimiento del grano en porcentaje.

% H: Contenido de humedad.

% T: Contenido de cascarilla en porcentaje.

% I: Peso de impurezas en porcentaje.

g. Grado de fermentación

El grado de fermentación se determinó mediante la prueba de corte aplicando la norma NTP – ISO 2451: 2018.

Se realizó un corte longitudinal por la parte central de 100 almendras, con la finalidad de exponer la superficie de corte de los cotiledones y se examinaron visualmente las dos mitades de cada almendra bajo luz natural.

Las almendras defectuosas, considerados como tales los mohosos, pizarrosos, partidos, violetas, vanos, múltiples, germinados o dañados por insectos.

$$\% F = \frac{Nf}{100 \text{ almendras}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

% F= Grado de fermentación en porcentaje

Nf = Número de almendras fermentadas

h. Humedad

Se determinó mediante el método de la AOAC 931.04 (AOAC, 2010). En una estufa 2 g de muestra fueron expuestos a 105 °C por un lapso de 16 horas. Luego se pesaron los granos hasta obtener un peso constante.

$$\% H = \frac{\text{peso inicial (placa+ muestra)} - \text{peso final (placa+muestra)}}{\text{peso (placa+muestra)} - \text{peso (placa)}} \times 100 \dots\dots (6)$$

2.3.2. Análisis químicos

a. pH

Se determinó con el método AOAC 970.21 (AOAC, 2010). En un vaso de precipitado de 150 mL se pesaron 10 g de almendras trituradas. Luego, se añadieron 90 mL de agua destilada hirviendo. La mezcla se filtró con papel filtro y se dejó enfriar a 20 – 25 °C. Finalmente el electrodo se sumergió en el filtrado.

b. Proteína

Se determinó utilizando el método AOAC 970.22 (AOAC, 2010) con algunas modificaciones.

Se pesó 1 g de muestra y se colocó en un tubo Kjeldahl, luego se añadió 5 g de catalizador y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla se llevó al digestor, se calentó durante tres horas y luego se dejó enfriar. Se adicionó 50 mL de agua destilada, 150 mL de NaOH 32% y se llevó al destilador. El hidróxido de amonio generado se recibió en 50 mL de ácido bórico, hasta tener un volumen de destilado de 200 mL y se agregaron diez gotas de indicador mixto. El destilado se tituló con HCl 0.25 N. El porcentaje de nitrógeno se obtuvo mediante la siguiente ecuación.

$$\% N = \left(\frac{Vg}{1000} \right) \times (N) \times 14 \times \left(\frac{100}{W} \right) \dots\dots\dots (7)$$

El contenido de proteína se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\% P = \% N (\text{Total}) \times 6,25 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

% N: Porcentaje de Nitrógeno.

Vg: Volumen de Ácido Clorhídrico (HCl) gastado.

N: Normalidad de ácido clorhídrico.

W: peso de la muestra (g).

%P: Porcentaje de proteína cruda.

c. Grasa

Se empleó el método AOAC 963.15 (AOAC, 2010) con algunas modificaciones.

Se pesaron alrededor de 5 g de muestra seca y triturada, se envolvió en papel filtro con la finalidad de que esta quede retenida y se colocó en el equipo de extracción de grasa (Soxhlet). Se agregó 150 mL de éter de petróleo a cada uno de los equipos de extracción los cuales contenían balones previamente secados y pesados, luego se procedió a utilizar el equipo de acuerdo con los protocolos del fabricante.

Concluida la extracción de grasa, se retiró la capsula de extracción y el balón con la grasa extraída se llevó a una estufa a 100 °C para eliminar residuos de reactivo.

$$\% G = (M1 - M0) \times \frac{100}{M2} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

% G: Porcentaje de grasa.

M0: Peso del balón vacío.

M1: Peso del balón con grasa.

M2: Peso inicial de la muestra.

d. Cenizas

Se utilizó la metodología de la AOAC 972.15 (AOAC, 2010).

Se pesaron 2 g de muestra seca en un crisol de porcelana previamente secado y pesado. Se llevó a una mufla a 600 °C durante cuatro horas, luego se dejó enfriar en un desecador y se pesó.

$$\% C = \frac{(W_2 - W_0)}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

% C: Porcentaje de Cenizas (%)

W0: Peso del crisol (g)

W1: Peso de muestra (g)

W2: Peso del crisol y ceniza (g)

e. Carbohidratos

Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia según la siguiente formula:

$$\% C = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Grasas} + \% \text{ Proteína}) \dots\dots\dots (11)$$

f. Índice de fermentación

El índice de fermentación se realizó según el método propuesto por Gourieva & Tserevitinov (1979).

Se pesaron 0.5 g de almendras de cacao previamente molidas, se añadieron 50 mL de una solución de metanol:ácido clorhídrico HCl (97:3 v/v). La mezcla se mantuvo a 8 °C durante 16-18 h y después se filtró a través de papel Whatman N° 1. El filtrado se leyó en un espectrofotómetro y se estimó el índice de fermentación a través de la relación de absorbancia del filtrado entre las lecturas de 460 nm y 530 nm. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

$$IF = \frac{A_{460}}{A_{530}} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

IF: Índice de fermentación

A_{460} : Absorbancia a 460 nm

A_{530} : Absorbancia a 530 nm

g. Compuestos fenólicos totales

El contenido fenólico total se determinó por el método Folin-Ciocalteu basado en una curva de calibración para ácido tánico, descrita por Efraim et al. (2006).

Para la extracción se pesaron 100 mg de muestra desengrasada en tubos de centrífuga a lo que se añadió 5 mL de solución de acetona al 70%. Los tubos sellados se agitaron durante 20 minutos y fueron mantenidos a 4° C. En seguida, fueron centrifugados a 5000 rpm.

En los tubos de ensayo se añadieron los siguientes reactivos en el orden indicado: 250 uL de sobrenadante obtenido en la extracción de la muestra, 1.25 mL de reactivo Folin-Ciocalteu y 1 mL de una solución acuosa de carbonato de sodio 7.5% y tartrato de sodio 1.2%, luego se homogenizó. El tartrato de sodio fue utilizado como catalizador de la reacción colorimétrica.

El tiempo para la adición de la última solución (carbonato de sodio) fue después de 1 min y antes de 8 minutos desde que se controló la adición del reactivo Folin-Ciocalteu. Los tubos fueron mantenidos en oscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente antes de la lectura en un espectrofotómetro a 765 nm. La curva estándar se realizó con ácido tánico y los resultados fueron expresados como mg de ácido tánico equivalente por gramo de cacao (mg AcTE/g).

2.3.3. Caracterización de los compuestos volátiles por SPME y GC-MS

Los compuestos volátiles fueron analizados a partir de almendras sin tostar y de almendras tostadas a 110 °C por 20 min. Fue utilizada la técnica de la microextracción en fase sólida (SPME) y la cromatografía de gases acoplada al detector de masas (GC-MS), como descrito por Moreira et al. (2018) con algunas modificaciones. Las muestras de

cacao fueron fragmentadas en un mortero de porcelana utilizando nitrógeno líquido y 4 g de la muestra molida fueron depositados en un vial de 20 mL que fue cerrado herméticamente.

Se utilizó la fibra de SPME recubierta con una película de Divinilbenceno/Carboxen/Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) con un diámetro exterior de 50/30 μm . El tiempo de equilibrio de la muestra fue de 15 min a 60 °C. Luego la fibra fue expuesta al espacio de cabeza del vial por 30 minutos a la misma temperatura.

Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo de gases Agilent 7890B equipado con detector de masas MSD 5977B y columna capilar DB – 5MS UI (60 m \times 0.25 mm \times 1.0 μm). La temperatura del horno fue programada a 50°C/5 min, luego se hizo un gradiente de 4°C/min hasta 250 °C. El tiempo de corrida fue de 55 min. Como gas de arrastre fue utilizado Helio con un flujo de 1.1 mL/min. El inyector (operado en modo split 1:1) y el detector fueron mantenidos a 250 °C. El tiempo de desorción de la fibra SPME fue de 5 min (Álvarez et al., 2016) para disminuir el efecto de *carry-over*, o sea, que los compuestos de una muestra aparezcan en la muestra siguiente.

Los compuestos volátiles fueron identificados por la comparación de los espectros de masa de los compuestos de la muestra y la base de datos de la biblioteca NIST 2017 y la inyección de la serie de estándares de n-alcános homólogos (C₁₀ - C₄₀). Todas las muestras (tostadas y sin tostar) fueron analizadas por triplicado. Solamente los compuestos encontrados en las tres repeticiones fueron considerados.

2.4. Análisis de datos

Un análisis exploratorio utilizando los diagramas de caja fue realizado para observar el comportamiento de las variables respuestas del análisis químico y físico. Las variables del análisis químico fueron el pH, cenizas, proteína, índice de fermentación, grasas (3 horas y 10 horas de extracción). Las variables del análisis físico fueron el porcentaje de testa, número de almendras, largo y ancho de la almendra, porcentaje de impurezas visibles, humedad, rendimiento del grano, índice de almendra y prueba de corte.

En el análisis estadístico se utilizaron dos metodologías: una prueba paramétrica utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y otra no paramétrica utilizando la prueba de Kruskal-Wallis (análogo al ANOVA). Antes se verificó el cumplimiento de las

suposiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas de los residuos para cada una de las variables de los respectivos análisis químico y físico. Las variables pH y fermentación del análisis químico requirieron transformación de datos, pero no cumplieron con los requisitos de la normalidad y, por eso, fueron analizadas utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Todos los ensayos fueron realizados por triplicado y analizados con el paquete estadístico del software R (R Development Core Team, 2020).

Para los compuestos volátiles fue realizado un análisis exploratorio descriptivo según almendras sin tostar y tostadas por genotipos.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis Físicos

En la tabla 1 se puede observar que en general las características físicas de los genotipos estudiados poseen diferencias significativas. En cuanto al índice de almendras la variedad VVA02 es el genotipo con mayor valor (1.82 ± 0.02 g/almendra), seguido por el JBB02 (1.74 ± 0.04 g/almendra), y el genotipo con el menor valor fue el JBB04 (1.19 ± 0.01 g/almendra), la muestra control CCN51 presentó un índice de almendra intermedio de 1.48 ± 0.02 g/almendra.

El porcentaje de cascarilla de las muestras analizadas presentó un rango de variación entre 16.91% y 13.72% de los genotipos JBB02 y CCN51 (muestra control) siendo el valor más alto y bajo respectivamente.

La variedad con el menor número de almendras en 100 g fue el genotipo VVA02 con 56 almendras; los genotipos MRC05 y JBB04 no presentaron diferencias ($P < 0.05$) obteniendo el mayor número con 84 y la muestra control CCN51 presentó 69 almendras de cacao, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1*Análisis físicos de las almendras de cacao*

Código de genotipo	Índice de almendras (g/grano)	Porcentaje de Cascarilla (%)	Número de almendras en 100 g	Largo (cm)	Ancho (cm)	Impurezas visibles %	Rendimiento del grano %
ABL01	1.28 ± 0.03 ef	16.40 ± 0.23 abc	76.00 ± 1.00 b	2.44 ± 0.01 b	1.40 ± 0.02 bc	0.26 ± 0.05	78.02 ± 0.21 cd
ABL03	1.60 ± 0.02 c	15.38 ± 0.22 d	63.33 ± 1,53 d	2.47 ± 0.03 ab	1.40 ± 0.02 bc	0.28 ± 0.02	79.29 ± 0.04 bc
VVA01	1.31 ± 0.02 e	16.57 ± 0.27 abc	77.00 ± 1.73 b	2.27 ± 0.02 d	1.30 ± 0.01 de	0.18 ± 0.03	77.51 ± 0.33 d
VVA02	1.82 ± 0.02 a	15.63 ± 0.37 cd	56.00 ± 1.00 e	2.58 ± 0.04 a	1.58 ± 0.02 a	0.09 ± 0.0	79.37 ± 0.35 bc
MRC05	1.21 ± 0.04 fg	15.11 ± 0.41 d	83.67 ± 2.31 a	2.24 ± 0.09 d	1.27 ± 0.04 e	0.06 ± 0.03	79.91 ± 0.33 b
MRC10	1.25 ± 0.01 efg	16.08 ± 0.41 bcd	76.67 ± 1.15 b	2.29 ± 0.02 cd	1.31 ± 0.03 de	0.08 ± 0.01	79.61 ± 0.38 b
JBB02	1.74 ± 0.04 b	16.91 ± 0.56 ab	57.00 ± 1.00 e	2.49 ± 0.02 ab	1.45 ± 0.02 b	0.26 ± 0.00	78.05 ± 0.74 cd
JBB04	1.19 ± 0.01 g	17.30 ± 0.40 a	83.67 ± 0.58 a	2.40 ± 0.02 b	1.33 ± 0.02 de	0.18 ± 0.01	77.76 ± 0.51 cd
CCN51	1.48 ± 0.02 d	13.72 ± 0.15 e	68.67 ± 0.58 c	2.40 ± 0.06 bc	1.36 ± 0.02 cd	0.19 ± 0.01	81.22 ± 0.17 a

Nota. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar de tres repeticiones. Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05) entre los diferentes genotipos

En las figura 4 y 5 (anexos) se muestran los resultados de las mediciones del largo y ancho de las almendras de cacao. Cada valor es el resultado de un total de 60 almendras medidas en las tres repeticiones. El CCN51 obtuvo un largo y ancho de 2.40 y 1.36 cm, respectivamente. El genotipo VVA02 presentó las medidas más altas con un largo de 2.58 y un ancho de 1.58 cm; mientras que el MRC05 presentó el valor más bajo con 2.24 y 1.27 cm de largo y ancho, respectivamente (tabla 1).

En cuanto al porcentaje de impurezas visibles, el mayor valor se registró en el genotipo ABL03 con 0.28% seguido por el ABL01 y JBB02, ambos con 0.26%. El porcentaje más bajo lo presentó el MRC05 con 0.06% mientras que la muestra control CCN51 obtuvo 0.19% de impurezas visibles (tabla 1).

Los resultados de la prueba de corte mostraron que el mayor grado de fermentación lo presentó el genotipo MRC05 con 98% y con menor grado de fermentación el JBB04 con 84%; presentando un total de almendras defectuosas (mohoso, dañado por insectos, germinado, múltiple, plano, partido, pizarroso y violeta) de 2% y 16%, respectivamente. Además, se puede observar una variación en el genotipo JBB02, esto se debe a que la tercera repetición se realizó solo con 50 almendras de cacao, presentando un total de 94% de almendras fermentadas y 6% de almendras defectuosas (Tabla 2).

Con respecto al rendimiento del grano se puede observar en la tabla 1 que el promedio más alto fue de 81.22% para el CCN51 y el más bajo 77.51% correspondiente al genotipo VVA01.

El análisis del porcentaje de humedad expresa que existieron diferencias entre los genotipos (tabla 2), siendo así los mayores valores para los genotipos VVA01 ($6.52\% \pm 0.06$), ABL01 ($6.11\% \pm 0.17$) y VVA02 ($6.12\% \pm 0.04$) y los menores valores JBB02 ($5.47\% \pm 0.15$) y MRC10 ($5.03\% \pm 0.05$).

Tabla 2*Grado de fermentación (%) – Prueba de Corte*

Prueba de Corte	Código de genotipo								
	ABL01	ABL03	VVA01	VVA02	MRC05	MRC10	JBB02	JBB04	CCN51
Mohoso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dañado por insectos	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Germinado	5.0	7.0	1.0	0.0	0.0	3.0	1.0	9.0	0.0
Múltiple	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	2.0	1.0
Plano	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
Partido (quebrado)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Pizarroso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Violeta	2.0	2.0	9.0	2.0	1.0	1.0	3.0	5.0	2.0
Total, defectuosos	7.0	9.0	10.0	4.0	2.0	9.0	6.0	16.0	5.0
Buena fermentación	93.0	91.0	90.0	96.0	98.0	91.0	94.0	84.0	95.0

3.1. Análisis Químicos

Los resultados de los análisis químicos de las almendras de cacao se pueden observar en la tabla 3. En cuanto a la medición de pH se obtuvo el mayor valor de los genotipos ABL01, VVA02 y CCN51 con 5.4 y el menor valor de pH se presentó en el genotipo JBB02 con 5.4. Los análisis de cenizas variaron en un rango de 2.14% - 3.12% de los genotipos CCN51 y VVA01 respectivamente, correspondientes al menor y mayor valor de contenido de cenizas.

Tabla 3*Análisis químicos de las almendras de cacao*

Código de genotipo	Humedad %	Ceniza	Proteína %	Grasa (10 horas de extracción)	Carbohidratos	pH	Índice de fermentación	Compuestos fenólicos (mg AcTE/g de cacao)
ABL01	6.11 ± 0.17 b	2.56 ± 0.07 bc	16.19 ± 0.38 a	29.54 ± 2.19 ab	45.61 ± 1.93 d	5.4 ± 0.06 ab	2.10 ± 0.04 ab	69.89 ± 6.46 ef
ABL03	5.85 ± 0.16 bc	2.66 ± 0.05 bc	13.64 ± 0.55 cd	26.54 ± 1.98 abc	51.31 ± 1.40 b	5.1 ± 0.00 d	1.71 ± 0.01 b	86.59 ± 5.15 cd
VVA01	6.52 ± 0.06 a	3.13 ± 0.17 a	11.81 ± 0.66 e	27.79 ± 1.92 ab	50.75 ± 1.94 bc	5.3 ± 0.06 bc	1.54 ± 0.03 d	73.92 ± 2.57 def
VVA02	6.12 ± 0.04 b	2.66 ± 0.20 bc	13.64 ± 0.55 cd	31.87 ± 0.50 a	45.71 ± 0.77 cd	5.4 ± 0.00 a	1.61 ± 0.01 c	74.85 ± 3.15 def
MRC05	5.73 ± 0.07 cd	2.38 ± 0.14 cd	12.83 ± 0.33 de	24.49 ± 2.18 bc	54.57 ± 2.14 ab	5.3 ± 0.00 c	2.57 ± 0.06 a	66.88 ± 3.57 f
MRC10	5.03 ± 0.05 e	2.58 ± 0.10 bc	15.09 ± 0.22 ab	24.57 ± 1.97 bc	52.73 ± 1.78 ab	5.1 ± 0.06 d	1.63 ± 0.03 c	105.65 ± 2.94 b
JBB02	5.47 ± 0.15 d	2.38 ± 0.08 cd	14.00 ± 0.44 bcd	26.50 ± 0.76 abc	51.65 ± 1.22 ab	4.7 ± 0.00 e	1.62 ± 0.01 c	85.29 ± 9.66 de
JBB04	5.73 ± 0.15 cd	2.74 ± 0.13 b	13.49 ± 0.33 cd	21.37 ± 0.76 c	56.67 ± 0.45 a	4.8 ± 0.06 e	1.38 ± 0.26 d	101.66 ± 6.33 bc
CCN51	5.68 ± 0.04 cd	2.14 ± 0.01 d	14.51 ± 0.25 bc	27.12 ± 3.16 ab	50.55 ± 3.08 bcd	5.4 ± 0.00 a	1.46 ± 0.03 d	125.40 ± 7.13 a

Nota. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar de tres repeticiones. Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes genotipos

Según los estudios realizados, como resultado del análisis de proteína se obtuvo a los genotipos ABL01 ($16.19\% \pm 0.38$) y MRC10 ($15.09\% \pm 0.22$) con los mejores valores y al VVA01 ($11.81\% \pm 0.66$) con el porcentaje más bajo; mientras que la muestra control CCN51 obtuvo $14.51\% \pm 0.25$.

El análisis del contenido de grasa se realizó con dos tiempos diferentes. El primero con 3 horas extracción, donde el VVA02 con 31.07% obtuvo el mayor valor, el MRC10 presentó el menor valor con 17.72% y el CCN51 obtuvo un porcentaje de 23.49% . El segundo análisis se realizó con 10 horas de extracción, donde el mayor valor lo obtuvo el genotipo VVA02 con 31.87% , el JBB04 presentó el menor valor con 21.37% y la muestra control obtuvo un porcentaje de grasa de 27.12% .

En los análisis de carbohidratos, el valor más bajo lo presentó el genotipo VVA02 ($48.44\% \pm 0.70$) y el más alto JBB04 ($59.36\% \pm 0.51$), el CCN51 obtuvo un porcentaje de carbohidratos de 53.45 ± 3.09 (Tabla 3).

El índice de fermentación presentó valores de 1.38 ± 0.26 y 1.46 ± 0.03 con respecto a los genotipos JBB04 y CCN51. Los valores más altos lo obtuvieron el ABL01 con 2.10 ± 0.04 y MRC05 con 2.57 ± 0.06 (tabla 3).

En cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales el menor valor lo presentó el genotipo MRC05 con $66.88 \text{ mg AcTE/g de cacao} \pm 3.57$ mientras que los valores más altos los obtuvo el CCN51 con $125.40 \text{ mg AcTE/g de cacao} \pm 7.13$ seguido del JBB04 y el MRC10 con $101.66 \text{ mg AcTE/g de cacao} \pm 6.33$ y $105.65 \text{ mg AcTE/g de cacao} \pm 2.94$, respectivamente (tabla 3).

En el análisis del perfil de compuestos volátiles por SPME-GC-MS fueron identificados un total de 88 compuestos en las almendras de cacao no tostadas. La tabla 4 presenta los compuestos que fueron identificados: 28 ésteres, 9 alcoholes, 8 hidrocarburos, 7 aldehídos, 7 cetonas, 4 pirazinas, 5 furanos, 2 oxolanos, un ácido, un alcano, un fenol, una piridina, un pirrol, un sulfuro, un terpeno y otros. En la tabla 4 se muestra la descripción del aroma y los compuestos identificados en los distintos genotipos de granos de cacao. Los compuestos predominantes encontrados en todas los genotipos sin tostar fueron: 2-metil-propanal; .alpha.-etilideno-bencenoacetaldehído; benzaldehído; bencenoacetaldehído; nonanal; acetofenona; acetato de 2-nonanol; acetato de 2-heptanol;

acetato de 2-hexanol; pentil éster del ácido acético; éster etílico del ácido hexanoico; éster etílico del ácido octanoico; éster etílico 3-metil del ácido butanoico; éster etílico del ácido decanoico; éster etílico del ácido benceno acético; beta-mirceno; estireno; 1,3-dimetilbenceno y trimetilpirazina, contribuyendo a la almendra con aromas florales y frutales.

En las almendras de cacao tostadas fueron identificados 94 compuestos: 30 ésteres, 10 cetonas, 9 aldehídos, 8 alcoholes, 7 hidrocarburos, 7 furanos, 5 pirazinas, 2 ácidos, un fenol, una piridina, un pirrol, un sulfuro, un terpeno y otros. En la tabla 4, se puede observar una mayor cantidad de compuestos volátiles en las almendras de cacao tostados, incluyendo compuestos que no estuvieron presentes en las almendras de cacao sin tostar, como es el caso del ácido L-láctico; alpha-metil-bencenometal (floral, miel, rosa); 2-heptanol (cítricos, tierra, fritos, champiñones, aceite); decanal (floral, frito, cáscara de naranja, penetrante, sebo); 2-butenal; acetona (acre); 2-undecanona (fresco, verde, naranja, rosa); acetato de 3-metil-1-butanol (manzana, plátano, pegamento, pera); éster etílico del ácido nonanoico (floral); éster etílico del ácido dodecanoico (floral, fruta, hoja); 2-fenil-furan; cloruro de metileno (aditivos alimentarios); tetrametilpirazina (cacao, café, verde, moca, tostado) y otros compuestos.

Tabla 4*Compuestos volátiles identificados por SPME-GC-MS en almendras de cacao antes y después del tostado*

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Ácidos			
Ácido benzoico	Agentes saborizantes (picante, agrio)	JBB02, VVA01	CCN51, VVA01
Ácido L-láctico			JBB04
Alcanos			
Tridecano	Fuera de sabor	ABL01	
Alcoholes			
3-metil-2-butanol	Agentes saborizantes	ABL01, ABL03	VVA01
2-Nonanol	Pepino	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, VVA01, VVA02	CCN51, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
2-Octanol	Grasa, champiñón	JBB02, MRC10, VVA02	CCN51, MRC10, VVA01
(S)-2-Octanol		ALB01, MRC05, VVA01	
(S)-.alpha.-metil-bencenometanol		CCN51, MRC10	
alpha.-metil-bencenometanol	Floral, Miel, Rosa		CCN51, JBB04, MRC05, MRC10

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Alcohol de bencilo	Cerezas hervidas, musgo, pan tostado, rosa	ABL03, JBB02	CCN51, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Alcohol feniletílico	Pétalos de rosa y miel	MRC05, MRC10	
Linalool	Cilantro, floral, lavanda, limón, rosa	JBB04, MRC05, VVA02	CCN51, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
2,4-dimetil-3-pentanol		CCN51, MRC05, MRC10	CCN51, MRC05, MRC10
2-heptanol	Cítricos, tierra, fritos, champiñones, aceite		ABL01, JBB04
Aldehídos			
Decanal	Floral, frito, cáscara de naranja, penetrante, sebo		VVA01
2-metil-propanal	Quemado, caramelo, cacao, verde, malta	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC10, VVA01
5-metil-2-fenil-2-hexanal	Cacao	JBB04, VVA01, VVA02	ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
.alpha.-etilideno-bencenoacetaldehído	Cacao, tostado, ron	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Benzaldehído	Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta, pimienta asado	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Bencenoacetaldehído	Baya, geranio, miel, nuez, picante	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, JBB04, MRC10, VVA01
Nonanal	Grasa, floral, verde, limón	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
5-metil-2-furancarboxaldehído	Agentes saborizantes	MRC05, VVA02	ABL01, ABL03, JBB04, MRC10
2-butenal			CCN51, ABL01, ABL03, MRC05, MRC10, VVA01
Cetonas			
Acetona	Acre		ALB01, ABL03, MRC05, MRC10, VVA01
2-heptanona	Queso azul, fruta, verde, nuez, especias	CCN51, ALB01, JBB04	CCN51, ABL01, JBB04
2-nonanona	Fragante, fruta, verde, leche caliente	ALB01, VVA01, VVA02	ALB01, VVA01
2-octanona	Grasa, fragante, moho	CCN51, ABL03, JBB02, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	ABL03, MRC05, MRC10, VVA01
4-heptanona	Fruta	ALB03, VVA02	

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Acetofenona	Almendras, flor, carne, mosto	CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
2-acetoxi-3-butanona	Fruta	CCN51, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
3,6-Heptanediona			ABL03
2-undecanona	Fresco, verde, naranja, rosa		CCN51, ABL03
3-Hepten-2-ona	Frutas	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
3-(hidroximetil)-2-nonanona			JBB04, MRC05, MRC10
Ésteres			
Acetato de 2-nonanol		CCN51, ALB01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, MRC05, MRC10, VVA01
Acetato de 2-metil-1-butanol	Manzana, plátano, pera	CCN51, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Acetato de 3-metil-1-butanol	Manzana, plátano, pegamento, pera		CCN51, JBB04, MRC10

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Propanoato de 3-metil-1-butanol	Manzana, albaricoque, piña	MRC10, VVA02	
Acetato de 3-metil-2-buten-1-ol	Masilla	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Acetato de 2-heptanol	Agentes saborizantes	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Acetato de 2-hexanol		CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Acetato de 2-octanol	Agentes saborizantes	ABL03, JBB02, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	ABL03, JBB04, MRC05, VVA01
Éster etílico del ácido 3-fenil-2-propenoico	Balsámico, canela, floral, fruta, miel	JBB02, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	ABL03, JBB04, MRC05, VVA01

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Éster hexilo del ácido acético	Manzana, plátano, hierba, pera	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, VVA01
Metil éster del ácido acético	Ester, verde	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Octil éster del ácido acético	Agentes saborizantes	CCN51, VVA02	CCN51
Pentil éster del ácido acético	Agentes saborizantes	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, MRC10, VVA01
Fenilmetil éster del ácido acético	Frutas	CCN51, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Lactato de isoamilo	Agentes saborizantes	JBB04	JBB04, VVA01
Éster etílico del ácido hexanoico	Cáscara de manzana, brandy, goma de fruta, fruta demasiado madura, piña	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Acetato de .alpha.-metil-bencenometanol	Frutas	CCN51, ABL01, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Éster etílico del ácido bencenopropanoico	Flor, miel	ABL01, JBB02, JBB04, MRC05, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, VVA01
Éster etílico del ácido benzoico	Manzanilla, apio, grasa, flor, fruta	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, VVA01
Éster etílico del ácido pentanoico	Manzana, pescado seco, hierba, nuez, levadura	CCN51	
Éster etílico 2-hidroxi-4-metil del ácido pentanoico		ABL01, ABL03, JBB04, VVA01, VVA02	ABL01, ABL03, JBB04
Éster etílico del ácido octanoico	Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Éster etílico del ácido nonanoico	Floral		MRC05, VVA01
Éster dietílico del ácido butanedioico	Algodón, tela, floral, fruta, vino	ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, VVA01	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, VVA01
Éster etílico 2-metil del ácido butanoico	Manzana, éster, manzana verde, kiwi, fresa	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, VVA01
Éster etílico 3-metil del ácido butanoico	Manzana, fruta, piña, agria	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03
Éster etílico del ácido decanoico	Brandy, uva, pera	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Éster etílico del ácido dodecanoico	Floral, fruta, hoja		CCN51, ABL01, ABL03, MRC05, MRC10

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Acetato 3-metil-3-buten-1-ol	Frutas	CCN51, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01	MRC10
Éster etílico del ácido benceno acético	Floral, fruta, miel, rosa	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Éster pent-2-ilico del ácido benzoico		CCN51, ABL01, JBB02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC10
Diacetato 1,2-propanodiol	Frutas		MRC05
Fenoles			
2-metoxi-fenol	Quemado, fenol, madera	JBB02, MRC10	CCN51, MRC10
Furanos			
(2R,5S)-2-metil-5-(prop-1-em-2-il)-2-viniltetrahidrofuran		JBB04	JBB04

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
3-Furaldehído		MRC05	CCN51, ABL03, JBB04, MRC05
3-fenil-furan	Cacao, verde, menta	CCN51, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ALB01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Butirolactona	Cre moso, aceitoso, graso	CCN51, ABL03, JBB02, MRC05, MRC10, VVA02	ABL01, ABL03, MRC05, MRC10
2-fenil-furan			CCN51
(3R,6S)-2,2,6-Trimetil-6-viniltetrahidro- 2H-piran-3-ol		JBB04	CCN51, JBB04, MRC05, MRC10
2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran- 4-ona			JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Hidrocarburos			

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
.beta-mirceno	Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01,
Trans-.beta.-ocimeno	Floral	JBB04	JBB04
Tolueno	Aditivos alimentarios	ABL01, ABL03, VVA01	MRC10
Estireno	Agentes saborizantes	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
1,2,4-trimetil-benceno		ABL01, ABL03, VVA01	
1,3-dimetil-benceno		CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	ABL01, VVA01
1-etil-2-metil-benceno		ABL01	

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Etilbenceno		CCN51, ABL01, ABL03, VVA01, VVA02	ABL01, VVA01
Cloruro de metileno	Aditivos alimentarios		ABL01
Pirazinas			
2,3,5-trimetil-6-etilpirazina		MRC05, MRC10	MRC05, MRC10
Trimetilpirazina	Cacao, tierra, mosto, papa, tostado	CCN51, ABL01, ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
3,5-dietil-2-metil-pirazina	Cacao, tostado, ron	CCN51, JBB04, VVA02	VVA01
2,3-dimetil-pirazina	Caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado	CCN51, JBB02, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01, VVA02	CCN51, ABL01, ABL03, JBB04, MRC05, MRC10, VVA01
Tetrametilpirazina	Cacao, café, verde, moca, tostado		ABL01, ABL03, VVA01
Piridinas			

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
2-piridinealdoxima		VVA01	MRC10
Pirroles			
1-(1H-pirrol-2-il)-etanona	Pan, cacao, avellana, regaliz, nuez	MRC05, MRC10	CCN51, ABL01, MRC05, MRC10, VVA01
Sulfuros			
Etanetioli	Tierra, cebolla, caucho, azufre	ABL03	CCN51
Terpenos			
2,6-dimetil-2,4,6-octatrieno	Agentes saborizantes	CCN51	
(E,Z)-2,6-dimetil-2,4,6-octatrieno			MRC05
Oxolano			
óxido de trans-linalool (furanoide)		CCN51	

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
2-Furanmetanol,5-ethenyltetrahydro- .alpha.,.alpha.,5-trimethyl, cis-		ABL01, JBB04	
Otros			
3-metilciclohexanol		ABL03	
Bencenonitrilo	Almendra	ABL03, MRC05	CCN51
Tetrahydro-2H-piran-2-ona	Agentes saborizantes	ABL03, JBB04, MRC05	CCN51, VVA01
Diacetamida		MRC10	CCN51
Etil 2-(5-metil-5-viniltetrahidrofuran-2-il) propan-2-il carbonato		ABL03, JBB02, JBB04, MRC05, VVA01, VVA02	CCN51, ABL03, JBB04, MRC10, VVA01
4-etil-3-etilideno-ciclohexeno		CCN51, MRC05	ABL03
3-Oxobutan-2-il 2-metilbutanoato		MRC05, MRC10	MRC10

Compuestos	Descripción del olor	Genotipos	
		Sin tostar	Tostado
Dihidro-5-metil-2(3H)-furanona		CCN51, VVA01	CCN51
3,4-dimetil-1-nonen-4-ol		MRC10	
2,4,5-trimetil-1,3-dioxolano		ABL01, ABL03, VVA01	ABL01, ABL03, VVA01
(Z)-Undec-6-en-2-ona		ABL03, JBB02	ABL03
2-metil-undecano			MRC05

IV. DISCUSIÓN

Además del procesamiento postcosecha, los genotipos pueden influenciar de forma significativa en la calidad del cacao (Osorio-Guarín et al., 2017). Arciniegas (2005) y Sánchez-Mora et al. (2014) señalan que los genotipos de cacao que tienen índices de almendra superiores a 1.0 g son aceptables desde el punto de vista fitogenético e industrial. Los genotipos estudiados tuvieron un rango de variación entre 1.19 y 1.82 g. El CCN51 presentó un valor de 1.48 g. Este resultado fue similar a lo reportado por Andrade et al. (2019), quienes evaluaron las propiedades físicas y químicas del CCN51 de Ecuador y Perú, teniendo resultados de 1.50 y 1.41 g, respectivamente. Vera-Chang et al. (2014) estudiaron clones de cacao de Ecuador obteniendo como mayor índice de almendra 1.65 g, seguido por el CCN51 con 1.62 g. Las variedades evaluadas de almendra de cacao peruano ICS-6 y CCN-51 presentan índices de 1.37 y 1.51 g, respectivamente (Rivera, 2018).

Con respecto al porcentaje de cascarilla, Ruíz-Pinargote et al. (2015) indican que esta varía ligeramente según la época de cosecha. En la época lluviosa el rango promedio se ubica entre 11.50 a 13.15% y, en la época menos lluviosa incrementa de 13.24 a 15.87%. lo cual coincide con los resultados obtenidos ya que la mayoría de los genotipos estudiados fueron cosechados en épocas menos lluviosas, entre junio y diciembre. Sánchez (2007) estudió 21 genotipos de cacao obteniendo valores que fluctuaron entre 12.25 y 21.26%. El porcentaje de cascarilla encontrado en el cacao fino de aroma varió entre 13.72 y 16.91%, correspondiente a los genotipos CCN51 (muestra control) y JBB04. Los resultados mostraron que el porcentaje es más alto en almendras pequeñas y menor en almendras más grandes. Esto concuerda con lo mencionado por Aguilar (2016), quien indica que el tamaño de la almendra es inversamente proporcional a la cantidad de cascarilla, siendo además un indicador importante en la industria del cacao ya que a mayor tamaño de almendra habrá mayor rendimiento industrial.

En el cacao fino de aroma se encontró que el número de almendras en 100 g varió de 56 a 83.7. El clon CCN51 presentó un número de almendras en 100 g de 68.67, muy próximo a 69.67, que fue lo reportado por Sánchez (2007).

Es importante la uniformidad en el tamaño de almendra, ya que cuando existe variación y se cosechan almendras grandes, medianas y pequeñas, se ve afectada la calidad de la

fermentación, del tostado y el sabor del producto final (Aguilar, 2016). Los resultados obtenidos en cuanto al largo de la almendra variaron de 2.24 a 2.58 cm y el ancho de 1.27 a 1.58 cm. El CCN51 presentó un largo y ancho de 2.38 y 1.36 cm, respectivamente. Arciniegas (2005) obtuvo una longitud de 2.8 cm y 1.1 cm de ancho para el CCN51.

El grado de fermentación varió de 84 a 98%. El CCN51 presentó 95% de almendras fermentadas y 5% de almendras defectuosas, lo cual se asemeja a lo obtenido por Aldave-Palacios (2016) quién determinó un promedio de 93% para almendras bien fermentadas y 7% de almendras sin fermentar. El color marrón encontrado durante la prueba de corte en las almendras, no necesariamente es señal de buena fermentación, ya que, debido al tiempo de fermentación que transcurrió previo al análisis, podría significar sobre fermentación, provocando pérdida de precursores de sabor deseables y formación de compuestos químicos indeseables (Efraim et al., 2010).

Según la NTP ISO - 2451:2018, los estándares de clasificación se dividen en dos grados de acuerdo con la proporción de granos defectuosos. Para un cacao de grado uno, los límites permisibles de granos mohosos, pizarrosos y dañados por insectos, planos o germinados no debe exceder el 3%; en cambio, para un cacao de grado dos, se acepta un máximo de 4% de granos mohosos, 8% pizarrosos y 6% dañados por insectos, planos o germinados. Por lo tanto, se puede decir que el porcentaje de almendras defectuosas encontradas en la presente investigación estuvo dentro de los límites exigidos por los mercados, presentando grados uno y dos.

El rendimiento del grano influye notablemente en su valor, existen varios factores que afectan su rendimiento, como el tamaño de almendra y el contenido de cascarilla, determinados en gran medida por factores climáticos y genéticos (CAOBISCO/AEC/FCC, 2015). El genotipo con mayor rendimiento de grano fue el CCN51 con 81.22 %.

Con respecto al contenido de humedad, los valores encontrados están comprendidos entre 5.03 y 6.52%, similar a lo encontrado por otros investigadores (Afoakwa et al., 2013; Hu et al., 2016). Los valores considerados aceptables para cacaos almacenados son menores que 7 o 8 % (Afoakwa et al., 2013; Fowler & Coutel, 2017; Sánchez et al., 2019). Los bajos resultados de humedad evitan el crecimiento de hongos filamentosos que pueden

producir micotoxinas, que son metabolitos secundarios con potencial carcinogénico y resistentes a condiciones extremas de procesamiento (Copetti et al., 2010).

Sánchez et al. (2019) indica que las impurezas de las almendras de cacao de calidad no deben sobrepasar el 4%. Sin embargo, la NTC1252 indica un valor de 0.3% y la Norma Venezolana 1372:79 (COVENIN, 1979) considera un valor próximo, $\leq 0.5\%$ de impurezas. En esta investigación se obtuvo un rango de 0,06 – 0.28% de impurezas visibles, estando dentro de los límites exigidos por la NTP ISO-2451:2018, que indica, que las impurezas no deben exceder el 0,75% de la masa de la muestra. Según Aguilar (2016), toda la materia orgánica e inorgánica que no sea almendra de cacao es considerada impureza, además de ser un defecto grave en la industria del cacao.

Las almendras de cacao secados bajo el sol presentan valores de pH entre 4.5 y 5.5 (Guehi et al., 2010). Durante este proceso, la humedad se reduce de 60% a 8%. Durante la pérdida lenta de humedad también hay volatilización del ácido acético haciendo que la disminución del pH no llegue a valores menores a 4 por la pérdida de este ácido orgánico. Los resultados encontrados, indican que se realizó un buen beneficio del cacao, ya que se obtuvieron valores son próximos a 5 (Zambrano et al., 2010). Además, se puede decir que los valores obtenidos conducen a un incremento del potencial aromático del cacao, mientras que niveles bajos de $\text{pH} \leq 4,5$ disminuyen este potencial (Portillo et al., 2007). Sin embargo, altos valores de pH pueden indicar una mala fermentación del grano (Afoakwa et al., 2008). Según Rottiers et al. (2019), la acidificación y el incremento de la temperatura durante la fermentación tienen efecto sobre el desarrollo del *flavour* de las almendras de cacao, así como en la calidad del producto final elaborado con esta materia prima. El pH entre 4.75 y 5.19 indica una buena fermentación y también está implicado en las buenas condiciones para la acción eficiente de enzimas que degradan la proteína del grano y favorecen a la generación de precursores del aroma y sabor (Biehl et al., 1982).

Durante la fermentación, el contenido de proteínas disminuye, pudiendo llegar a valores entre 11.5 y 13.9%, que puede deberse por la degradación de globulinas a través de la acción de enzimas peptidasas (Voigt et al., 1994). La sobrefermentación podría ser la explicación para los altos índices de fermentación y el bajo contenido de proteína del genotipo MRC05, sin embargo, no todos los genotipos que están sobrefermentados (índice de fermentación mayores que 1.6) son los que obtuvieron también los mayores

porcentajes de proteína. El contenido de proteína de las almendras del cacao CCN51 obtenido en el presente trabajo fue de 14.0% y una variación de 11.81 a 16.19% para los demás genotipos. Esto coincide con los resultados obtenidos por Perea et al. (2011), que fue de 14.51% para el CCN51. Lares-Amaíz et al. (2012) estudiaron las propiedades fisicoquímicas de granos de cacao de Venezuela, obteniendo un valor de 12.21% de proteína para granos fermentados secados al sol. Sin embargo, Hashimoto et al. (2018) realizaron control de calidad de almendras de cacao comerciales obteniendo valores de proteína entre 13.8% y 16.0%.

El contenido de grasa es un índice de calidad importante y el más valioso, el cual influye en la comercialización del cacao en grano (Afoakwa et al., 2013). Según Bravo & Mingo (2011), la determinación de este parámetro es de interés para la industria cacaotera y está relacionado con factores como la calidad de suelo, genotipo y clima.

Vera-Chang et al. (2014) evaluaron el contenido de grasa de quince clones de cacao en Ecuador, obteniendo un promedio general de 30.82% de grasa. El bajo contenido de grasa puede estar relacionados con factores genéticos. Ese resultado es similar al obtenido en esta investigación, donde el mayor contenido de grasa fue de 31.87% y la muestra control CCN51 presentó un valor de 27.12% de grasa. Sin embargo, difiere con lo descrito por Álvarez et al. (2007) que encontró un rendimiento de grasa cruda promedio entre 53% a 56%, dependiendo de la variedad. Los bajos resultados de grasa encontrados en nuestro trabajo con cacao fino de aroma podrían estar relacionados con el tiempo de extracción (Efraim, 2004) o con el grado de fermentación de las almendra, ya que el rendimiento de extracción de grasa en almendras no fermentadas es mayor que en almendras con fermentación parcial o completa (Asep et al., 2008).

Los valores de porcentaje de ceniza de los genotipos estudiados variaron de 2.14% correspondiente al CCN51 a 3.11% para el VVA01. Estos valores fueron similares a lo presentado por Vera-Chang et al. (2014) en su estudio realizado en clones de cacao nacional, donde obtuvieron un rango entre 2.55 a 4.04% de ceniza. Por otro lado, Perea et al. (2011) mencionan que el porcentaje de ceniza debe estar entre 3.2% y 3.9% para ser considerado cacao fino de primera. La ceniza (o el contenido de minerales) disminuye con el proceso de fermentación y con el mayor tiempo de almacenamiento de las mazorcas, procesos que también disminuyen los porcentajes de proteína y de grasa total mientras aumenta el contenido de carbohidratos (Afoakwa et al., 2013).

El índice de fermentación (IF) se estimó a través de la relación entre las lecturas de absorbancia a 460 y 530 nm, obteniendo valores entre 1.38 y 2.57. El grano de cacao es considerado poco fermentado cuando presenta un IF menor a 1.0 y cualquier valor por encima de este se considera completamente fermentado (Gourieva & Tserevitinov, 1979). Cuando los valores de IF son superiores a 1.6 son considerados sobrefermentados (Bariah, 2014). De acuerdo con esta clasificación, solamente los genotipos VVA01, JBB04 y CCN51 tuvieron buena fermentación. Es importante considerar que el tiempo de almacenamiento de los granos en el laboratorio, entre la colecta y el análisis, varió entre 8 y 15 meses, y podría haber influenciado en los altos índices de fermentación encontrados. Asimismo, estos índices de fermentación pueden haber sido influenciados por diferentes condiciones de fermentación, ya que este procedimiento no necesariamente fue realizado simultáneamente para cada genotipo en la cooperativa. Esta última posibilidad es mucho más probable. Para futuras investigaciones, sería importante cuidar este aspecto.

El contenido de compuestos fenólicos totales es uno de los responsables del deseable sabor a chocolate (Efraim, 2004). Estos pueden variar debido a varios factores como el material genético y las condiciones climáticas. Además, el análisis de los compuestos fenólicos es de gran importancia porque estos están relacionados con la calidad sensorial. Su alto contenido contribuye a la amargura y la astringencia en la industria chocolatera (Hashimoto et al., 2018). La concentración de compuestos fenólicos totales en el cacao fino de aroma osciló entre 66.8 y 125.40 mg AcTE/g de cacao. El contenido de compuestos fenólicos encontrados, fue similar a lo reportado por Efraim et al. (2006) quienes estudiaron nueve genotipos de cacao, obteniendo valores entre 60.0 y 215.5 mg AcTE/g. El contenido elevado de los compuestos fenólicos desempeña un importante papel en la bioactividad y su efecto benéfico a la salud (Calvo et al., 2021). Como niveles muy altos pueden afectar la calidad sensorial de los productos obtenidos, es de gran importancia el estudio de tecnologías alternativas de procesamiento de postcosecha para el mantenimiento de los compuestos fenólicos, sin pérdida del sabor y aroma (Efraim et al., 2010).

Durante la fermentación, una gran parte de los compuestos volátiles (ésteres, alcoholes y ácidos grasos de cadena corta), así como precursores del sabor del chocolate (azúcares reductores y aminoácidos) son formados (Kyi et al., 2005). Los aminoácidos libres,

péptidos de cadena corta y azúcares reductores liberados durante el proceso de fermentación tienen una función importante en las reacciones de Maillard durante el tostado, generando principalmente aldehídos y pirazinas, dichos compuestos aumentaron durante el tostado realizado en esta investigación. Estos juntamente con los ésteres, alcoholes y cetonas confieren notas de cocoa, nueces, malta, afrutadas y florales a los productos de cacao (Calvo et al., 2021). Durante el proceso de fermentación, los precursores esenciales de los compuestos volátiles específicos del cacao son generados por proteólisis de las proteínas de la semilla. Este proceso es inducido por la presencia del ácido producido en el proceso de fermentación (Hinneht et al., 2018). Si la fermentación no ocurre o es incompleta, los sabores típicos del chocolate no se producen en el tostado y el sabor del producto final es excesivamente amargo y astringente, debido a su alto contenido en polifenoles y cantidad limitada de precursores de aroma (Ganeswari et al., 2015). Según Rodríguez-Campos et al. (2011), los diferentes compuestos volátiles y no volátiles producidos durante el proceso de fermentación y secado son considerados como indicativos de la calidad de los granos de cacao. El sabor es fundamental para la aceptabilidad en la elaboración de chocolates, estando influenciado por la liberación de volátiles para la percepción del sabor (Afoakwa et al., 2009).

El origen geográfico y genético de los granos de cacao conllevan a distintos métodos de fermentación que dan como resultado diferentes calidades en el grano y por ende en la elaboración de chocolates, siendo los más aceptados sabores dulces y amargos tales como 2,3-butanodiol y 2-metil-1-butanol (Moreira et al., 2018). Tales compuestos no fueron encontrados en las muestras evaluadas. Sin embargo, aldehídos y pirazinas son los principales compuestos formados durante el tostado (Afoakwa et al., 2009; Ramli et al., 2006).

Algunos autores encontraron solamente la tetrametilpirazina en cacaos no tostados (Reineccius et al., 1972). En el presente trabajo, este compuesto fue encontrado solamente en los granos tostados de los genotipos ABL01, ABL03 y VVA01. En trabajos más recientes fue demostrado que las pirazinas pueden ser formadas no solamente en el tostado, pero también durante la fermentación debido a reacciones enzimáticas (Jinap et al., 2008), corroborando los resultados en los granos no tostados del presente trabajo, en los cuales predominaron la trimetilpirazina (cacao, tierra, mosto, patata, tostado) y 2,3-dimetil-pirazina (caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado). Hay trabajos

que indican que la utilización de altas temperaturas de secado además de consumir más energía y hacer con que el proceso se vuelva más caro, puede disminuir la concentración de algunos compuestos deseables como la tetrametilpirazina, mientras que la concentración de compuestos indeseables como 2-metoxifenol, fenol y concentraciones de ácido pueden aumentar (Rodríguez-Campos et al., 2012). El genotipo MRC10 fue la única muestra en la cual el compuesto 2-metoxifenol fue encontrado, tanto en los granos sin tostar, como en el cacao tostado.

Bonvehí (2005) encontró mayores concentraciones del compuesto acetofenona en granos de cacao tostados, que confiere notas florales y aromas dulces (Rodríguez-Campos et al., 2012). Sin embargo, en esta investigación no hubo mucha variación entre las muestras sin tostar y tostadas, con excepción del genotipo ABL01 (Figura 23 - anexos), en que la abundancia promedio aumentó en los granos tostados.

La mayor cantidad de compuestos identificados forman parte del grupo de los ésteres, los cuales están relacionados a las notas de frutas y flores y representan el segundo grupo más importante de compuestos volátiles después de las pirazinas. Las levaduras en el proceso de fermentación cumplen un papel importante en la producción de los ésteres durante el proceso de fermentación, principalmente, en el inicio de este proceso en que estos microorganismos condensan moléculas de acetyl CoA y el etanol u otros alcoholes superiores para la formación de los ésteres (Rottiers et al., 2019).

Los ésteres son compuestos importantes del sabor de los productos naturales (Ramli et al., 2006), en general, son encontrados con mayor frecuencia y abundancia en los granos de cacao fermentados (Ho et al., 2014). Asimismo, pueden tener su concentración aumentada durante el tostado, principalmente, durante el sobre tostado (Ramli et al., 2006). Los resultados obtenidos demuestran que estos compuestos aparecieron en menos genotipos tostados, cuando comparamos con las muestras sin tostar (tabla 4).

Según Ziegler (1990), el linalool forma parte de los compuestos responsables del fino aroma del cacao, es producto de la biosíntesis y es generado de acuerdo a la variedad de la planta, condiciones de cultivo y de fermentación. Durante el tostado, su contenido puede disminuir debido a la volatilización, lo que se evidencia en los genotipos JBB04 y MRC05 (Figura 27 - anexos). El linalool es importante para el aroma del cacao; y fue

identificado como compuesto volátil formado a partir de aminoácidos degradados térmicamente (Ramli et al., 2006).

Los aldehídos son componentes de aroma comunes de los productos naturales y son utilizados como saborizantes de alimentos. La presencia de este grupo de compuestos puede ser un indicativo del grado de tostado del cacao (Ramli et al., 2006). La presencia de aldehídos y cetonas en los granos de cacao favorece su calidad al producir notas de frutas y flores (Bonvehí, 2005). La menor concentración de ácidos grasos en el grano está relacionada con una mayor concentración de compuestos lipofílicos de cadena larga, como aldehídos y ésteres (Keršiene et al., 2008). Por lo tanto, a pesar de que los resultados de grasa puedan haber sido bastante influenciados por el tamaño de la partícula de los granos analizados; al tener un menor contenido de grasa se incrementa la concentración de aldehídos y ésteres, componentes que caracterizan a un cacao fino de aroma.

Afoakwa et al. (2009) encontraron que los compuestos bencenoacetaldehído (fenilacetaldehído), feniletil alcohol (2-feniletanol), metilpirazina y 2, 3, 5-trimetil-6-etilpirazina aportaron con notas acarameladas, dulces y de miel en el chocolate oscuro. En el presente trabajo, solamente fueron identificados los compuestos bencenoacetaldehído (Figura 28 - anexos) y 2, 3, 5-trimetil-6-etilpirazina (Figura 24 - anexos) en los granos sin tostar y tostados y, el compuesto feniletil alcohol únicamente en los granos sin tostar de los genotipos MRC05 y MRC10. El compuesto 2-heptanol fue identificado en los genotipos ABL01 y JBB04 tostados. Según Tuentner et al. (2020) y Rottiers et al. (2019), este compuesto contribuye para el aroma de frutas en el cacao.

Hay que tener en cuenta que varios compuestos están presentes en los granos de cacao sin tostar y tostados, estos se diferencian en su concentración o intensidad (Frauendorfer & Schieberle, 2008). Es muy difícil evaluar qué componentes son realmente importantes y cuáles no, porque el impacto del aroma depende de la concentración y la intensidad del olor de cada compuesto (Bonvehí, 2005).

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que existe una gran variabilidad entre los diferentes genotipos evaluados. El genotipo VVA02 destacó presentando los mejores resultados en cuanto a características físicas, los cuales son aceptables desde el punto de vista fitogenético ya que debido a las características encontradas representa un potencial para la agricultura, además de ofrecer un alto rendimiento en la industria.

El genotipo ABL01 presentó las mejores características químicas, siendo este un índice de calidad y un punto de interés para la industria cacaotera y alimentaria ya que la composición de la almendra está relacionada con la obtención de productos con un alto nivel nutricional, mejorando la calidad del producto final.

Se encontró un total de 108 compuestos volátiles en almendras sin tostar y tostadas, de los cuáles la mayor cantidad que se encuentran en las almendras corresponden a los ésteres (acetato de 2-nonanol, acetato de 2-metil-1-butanol, acetato de 2-heptanol, metil éster del ácido acético, éster etílico del ácido hexanoico, acetato de .alpha.-metil-bencenometanol, éster etílico del ácido decanoico), aldehídos (2-metil-propanal, alpha.-etilideno-bencenoacetaldehído, nonanal), hidrocarburos (beta-mirceno, estireno), pirazinas (trimetilpirazina, 2,3-dimetil-pirazina) y cetonas (acetofenona, 3-hepten-2-ona), los cuales contribuyen con el aroma del cacao.

Uno de los aspectos importantes en el desarrollo productivo cacaotero es la calidad del grano y el nivel que se alcance determinará la demanda que posea en el mercado. Alcanzar un cacao de rigurosa calidad exige que se cumpla con una serie de requerimientos que comienzan con seleccionar el lugar de siembra y los suelos que lo caracterizan, hasta el empleo de una tecnología post cosecha adecuada. La propuesta de este trabajo fue analizar los diferentes genotipos de cacao con el fin de obtener un conocimiento profundo de la composición de las muestras.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ El genotipo VVA02, según lo obtenido resulta ser uno de más competitivos a las exigencias del mercado, por lo tanto, se recomienda realizar nuevas investigaciones para su aprovechamiento industrial.

- ✓ Para los análisis de grasas es recomendable triturar los granos de cacao lo más finamente posible y luego tamizar, para obtener una muestra uniforme y mejores resultados en la extracción de grasas.

- ✓ Las muestras de granos de cacao se deben analizar lo más pronto que sea posible una vez fermentadas y secas, y no ser almacenadas por mucho tiempo ya que esto puede influenciar en los resultados obtenidos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–857.
<https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2009). Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC-mass spectrometry and GC-olfactometry. *Food Chemistry*, 113(1), 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.088>
- Afoakwa, E. O., Quao, J., Takrama, J., Budu, A. S., & Saalia, F. K. (2013). Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1097–1105. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0446-5>
- Aguilar, H. (2016). *Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao*. 11.
- Aldave-Palacios, G. J. (2016). Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L .) procedente de Uchiza , San Martín – Perú para la obtención de NIBS. *Tesis de Maestría, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD*, 121(7), 112.
- Álvarez, C., Pérez, E., Lares, M. del C., Boulanger, R., Davrieux, F., Assemat, S., & Cros, E. (2016). Identification of the Volatile Compounds in the roasting Venezuela Criollo cocoa beans by Gas Chromatography-Spectrometry Mass. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 5(4).
<https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00178>
- Álvarez, C., Pérez, E., & Mares, M. C. (2007). Caracterización Física Y Química De Almendras De Cacao Fermentadas , Secas Y Tostadas Cultivadas En La Región De Cuyagua , Estado Aragua Physical-Chemical Characterization of Fermented , Dried and Roasted Cocoa Beans Cultivated in the Region of Cuyagua ,. *Agronomía Tropical*, 57(4), 249–256.
- Andrade-Almeida, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Physical and chemical properties of cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.)

- from Ecuador and Peru. *Enfoque UTE*, 10(4 SE-), 1–12.
<https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/462>
- AOAC. (2010). Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs / edited by William Horwitz. In *Official methods of analysis of AOAC International , Volume 1*.
- Araujo, Q. R., Fernandes, C. A. F., Ribeiro, D. O., Efraim, P., Steinmacher, D., Lieberei, R., Bastide, P., & Araujo, T. G. (2014). Cocoa Quality Index - A proposal. *Food Control*, 46, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.003>
- Arciniegas, A. (2005). Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. *Catie*, 125. <http://hdl.handle.net/11554/4571>
- Asep, E. K., Jinap, S., Tan, T. J., Russly, A. R., Harcharan, S., & Nazimah, S. A. H. (2008). The effects of particle size, fermentation and roasting of cocoa nibs on supercritical fluid extraction of cocoa butter. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 450–458. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.008>
- Bariah, K. (2014). Impact of Fermentation Duration on the Quality of Malaysian Cocoa Beans Using Shallow Box. *KKU Research Journal*, 19(supplement), 74–80.
- Biehl, B., Passern, D., & Sagemann, W. (1982). Effect of acetic acid on subcellular structures of cocoa bean cotyledons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(11), 1101–1109. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740331107>
- Bonvehí, J. S. (2005). Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder. *European Food Research and Technology*, 221(1–2), 19–29. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-1147-y>
- Bravo, N., & Mingo, F. (2011). Valoración de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) en la parroqui Panguitza del Cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe. *Universidad Nacional de Loja*, 244.
- Calvo, A. M., Botina, B. L., García, M. C., Cardona, W. A., Montenegro, A. C., & Criollo, J. (2021). Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Scientific Reports*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95703-2>
- CAOBISCO/AEC/FCC, C. biscuits & confectionery of E. E. C. A. ;Federation of C. C.

- (2015). Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. In *Revista Brasileira de Medicina* (Vol. 69, Issue 12).
- Chía Wong, J., Marquéz Dávila, Ka., Cárdenas Salazar, H., Hurtado Gonzales, O., Huaman Camacho, T., Cespedes del Pozo, W., Saavedra Arbildo, R., Beraun Cruz, Y., Carranza Cruz, M., & Gutarra Castillo, B. (2017). Avances en el estudio de las bases genéticas y organolépticas del cacao fino o de aroma en el Perú. *International Symposium on Cocoa Research (ISCR), November, 4.*
https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/68-icco-workshops-and-seminars/352-international-cocoa-research-symposium-lima-peru-2017/438-proceedings-of-the-international-symposium-on-cocoa-research-2017/439-thematic-1.html
- Chire, G., Orosco, P., Valdivia, R., & Ureña, M. (2014). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y termofísicas de granos de cacao del Perú* (Vol. 3). CIBIA IX.
- Copetti, M. V., Pereira, J. L., Iamanaka, B. T., Pitt, J. I., & Taniwaki, M. H. (2010). Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in cocoa during farm processing. *International Journal of Food Microbiology, 143*(1–2), 67–70.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.031>
- COVENIN. (1979). *Norma Venezolana 1372-79_Cacao y productos derivados. Determinacion de materias extrañas.pdf.*
- Díaz-Ponce, S. L., & Pinoargote-Chang, M. H. (2012). Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN51 Tratado Enzimáticamente y Tostado a Diferentes Temperaturas (Tesis para obtención del título profesional de Ingeniero de Alimentos). *Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería En Mecánica y Ciencias de La Producción.*
- Efraim, P. (2004). Estudio para minimizar as perdas de flavonóides durante a fermentação de sementes de cacau para produção de chocolate. *Tesis de Maestría, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.*
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000313897&opt=4>
- Efraim, P., Pezoa-garcía, N. H., Calil, D., Jardim, P., Nishikawa, A., Haddad, R., & Eberlin, M. N. (2010). Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial Influence of cocoa beans

- fermentation and drying on the polyphenol content and sensory acceptance. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 30, 142–150.
- Efrain, P., Tucci, M. L., & Pezoa-García, N. H. (2006). Phenolic Compound Content in Cocoa Seeds from Different Genotypes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 9(4), 229–236.
- Fedecacao, F. N. D. C. (2004). *El beneficio y características físico químicas del cacao (Theobroma cacao L.)*. <http://www.fedecacao.com.co/site/index.php/1publicaciones>
- Fowler, M. S., & Coutel, F. (2017). Cocoa beans: from tree to factory. In *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use*. <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch2>
- Frauendorfer, F., & Schieberle, P. (2008). Changes in key aroma compounds of Criollo cocoa beans during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10244–10251. <https://doi.org/10.1021/jf802098f>
- Ganeswari, I., Khairul Bariah, S., Amizi, M. A., & Sim, K. Y. (2015). Effects of different fermentation approaches on the microbiological and physicochemical changes during cocoa bean fermentation. *International Food Research Journal*, 22(1), 70–76.
- Gourieva, K. B., & Tserevitinov, O. B. (1979). Method of evaluating the degree of fermentation of cocoa beans. In *USSR Patent 646*.
- Guehi, T. S., Zahouli, I. B., Ban-Koffi, L., Fae, M. A., & Nemlin, J. G. (2010). Performance of different drying methods and their effects on the chemical quality attributes of raw cocoa material. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(8), 1564–1571. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02302.x>
- Gutierrez, M. (2007). *Prácticas de Control de Calidad de Cacao en Centro de Acopio*. 12.
- Hashimoto, J. C., Lima, J. C., Celeghini, R. M. S., Nogueira, A. B., Efrain, P., Poppi, R. J., & Pallone, J. A. L. (2018). Quality Control of Commercial Cocoa Beans (*Theobroma cacao L.*) by Near-infrared Spectroscopy. *Food Analytical Methods*, 11(5), 1510–1517. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1137-2>
- Hinne, M., Semanhyia, E., Van de Walle, D., De Winne, A., Tzompa-Sosa, D. A.,

- Scalone, G. L. L., De Meulenaer, B., Messens, K., Van Durme, J., Afoakwa, E. O., De Cooman, L., & Dewettinck, K. (2018). Assessing the influence of pod storage on sugar and free amino acid profiles and the implications on some Maillard reaction related flavor volatiles in Forastero cocoa beans. *Food Research International*, *111*(January), 607–620.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.064>
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2014). Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, *174*, 72–87.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>
- Hu, S. J., Kim, B. Y., & Baik, M. Y. (2016). Physicochemical properties and antioxidant capacity of raw, roasted and puffed cacao beans. *Food Chemistry*, *194*, 1089–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.126>
- Jinap, S., Ikrawan, Y., Bakar, J., Saari, N., & Lioe, H. N. (2008). Aroma precursors and methylpyrazines in underfermented cocoa beans induced by endogenous carboxypeptidase. *Journal of Food Science*, *73*(7). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00858.x>
- Keršienė, M., Adams, A., Dubra, A., Kimpe, N. De, & Leskauskaitė, D. (2008). Interactions between flavour release and rheological properties in model custard desserts: Effect of starch concentration and milk fat. *Food Chemistry*, *108*(4), 1183–1191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.011>
- Kyi, T. M., Daud, W. R. W., Mohamad, A. B., Samsudin, M. W., Kadhum, A. A. H., & Talib, M. Z. M. (2005). The kinetics of polyphenol degradation during the drying of Malaysian cocoa beans. *International Journal of Food Science and Technology*, *40*(3), 323–331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00959.x>
- Lares-Amaíz, M. del C., Gutiérrez, R., Pérez, E., & Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, *12*(2), 439–446.
- López-Monzón, R. (2016). Desarrollo de un modelo matemático para la fermentación del cacao blanco (Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Automática y Optimización). *Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería*.
- M & O Consulting. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao

- en el Perú. *Consultoría: 24/2007 PNRC/Lote 2. “Proyecto de Cooperación UE-Perú En Materia de Asistencia Técnica Relativa Al Comercio - Apoyo Al Programa Estratégico Nacional Exportaciones (PENX 2003-2013).”*
<http://www.minag.gob.pe/direccion-general-de-competitividad-agraria/2.html>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). Observatorio de Commodities - Cacao. *Boletín de Publicación Trimestral*.
- Moreira, I. M. da V., Vilela, L. de F., Santos, C., Lima, N., & Schwan, R. F. (2018). Volatile compounds and protein profiles analyses of fermented cocoa beans and chocolates from different hybrids cultivated in Brazil. *Food Research International*, 109(September 2017), 196–203.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.012>
- NTP ISO - 2451:2018. (2018). *Normas Técnica Peruana ISO - 2451-2018. Granos de cacao. Especificaciones y requisitos de calidad. 5a Edición. Lima 27*.
- Osorio-Guarín, J. A., Berdugo-Cely, J., Coronado, R. A., Zapata, Y. P., Quintero, C., Gallego-Sánchez, G., & Yockteng, R. (2017). Colombia a source of cacao genetic diversity as revealed by the population structure analysis of germplasm bank of theobroma cacao l. *Frontiers in Plant Science*, 8(November), 1–13.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01994>
- Perea, J. A., Ramirez, O. L., & Villamizar, A. R. (2011). Regionais Do Cacao Colombian. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 35–42.
- Portillo, E., Graziani De Farinas, L., & Betancourt, E. (2007). Análisis Químico del Cacao Criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.*, 24, 522–546.
- Portillo, E., Labarca, M., Grazziani, L., Cros, E., Assemat, S., Davrieux, F., Boulanger, R., & Marcano, M. (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 458–468.
- R Development Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. In *R Foundation for Statistical Computing* (Vol. 2).

- Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W., & Idris, N. A. (2006). Influence of roasting conditions on volatile flavor of roasted Malaysian cocoa beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(3), 280–298.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00065.x>
- Reineccius, G. A., Keeney, P. G., & Wesiberger, W. (1972). Factors Affecting the Concentration of Pyrazines in Cacao Beans. *J. Agric. Food. Chem.*, 20, 202–206.
http://alias.libraries.psu.edu/eresources/proxy/login?url=http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&res_dat=xri:pqm&rft_dat=xri:pqdiss:7116657
- Rivera, J. (2018). *Correlación de la porosidad con el grado de fermentación del grano de cacao peruano (Theobroma cacao L.)*. 168.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3843>
- Rodriguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H. B., Contreras-Ramos, S. M., Orozco-Avila, I., Jaramillo-Flores, E., & Lugo-Cervantes, E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132(1), 277–288. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.078>
- Rodriguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H. B., Orozco-Avila, I., Lugo-Cervantes, E., & Jaramillo-Flores, M. E. (2011). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao L.*) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research International*, 44(1), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.028>
- Romero, C. A., & Urrego Vargas, E. (2016). Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo. Un Análisis de la producción y el comercio. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 1–90. <https://bibliotecavirtual.minagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2016/21-estudio-del-cacao-en-el-peru-y-en-el-mundo/file>
- Rottiers, H., Tzompa Sosa, D. A., De Winne, A., Ruales, J., De Clippeleer, J., De Leersnyder, I., De Wever, J., Everaert, H., Messens, K., & Dewettinck, K. (2019). Dynamics of volatile compounds and flavor precursors during spontaneous fermentation of fine flavor Trinitario cocoa beans. *European Food Research and Technology*, 245(9), 1917–1937. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03307-y>
- Ruíz-Pinargote, M. A., Mera-Morán, O. L., Prado-Cedeño, Á. del 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.
http://espamciencia.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/85/71
- Rusconi, M., & Conti, A. (2010). Theobroma cacao L., the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological Research*, 61(1), 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.08.008>
- Sánchez-Mora, F., Zambrano-Montufar, J., Vera-Chang, J., Ramos-Remache, R., Gárce-Fiallos, F., & Vásconez-Montúfar, G. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque tropical de la provincia de Los Ríos. *CienciaTecnología*, 7(1), 33–41.
http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V7 N1 3Morante.pdf
- Sánchez, V. (2007). *Caracterización organoléptica del cacao (Theobroma cacao L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial*. 52–55.
[http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_organoleptica_cacao_Theobroma cacao L._seleccion_arboles_perfiles_sabor_interes_comercial.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_organoleptica_cacao_Theobroma_cacao_L._seleccion_arboles_perfiles_sabor_interes_comercial.pdf)
- Sánchez, V. H., Zambrano, J. L., Iglesias, C., Rodríguez, E., Villalobos, V., Díaz, F. J., Carrilo, N., Gutiérrez, A., Camacho, A., & Rodríguez, O. (2019). Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe. In *La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Tuenter, E., Delbaere, C., Winne, A. De, Bijttebier, S., Custers, D., Foubert, K., Durme, J. Van, Messens, K., Dewettinck, K., & Pieters, L. (2020). Non-volatile and volatile composition of West African bulk and Ecuadorian fine-flavor cocoa liquor and chocolate. *Food Research International*, 130(September 2019), 108943. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108943>
- Vera-Chang, J. F., Vallejo-Torres, C., Párraga-Morán, D. E., Macías-Véliz, J., Ramos-Remache, R., & Morales Rodríguez, W. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (Theobroma cacao L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>
- Voigt, J., Heinrichs, H., Voigt, G., & Biehl, B. (1994). Cocoa-specific aroma precursors

- are generated by proteolytic digestion of the vicilin-like globulin of cocoa seeds. *Food Chemistry*, 50(2), 177–184. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90117-1](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90117-1)
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00068-5)
- Zambrano, A., Gómez, Á., Ramos, G., Romero, C., Lacruz, C., & Rivas, E. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical*, 60(4), 389–396.
- Ziegleder, G. (1990). Linalool contents as characteristic of some flavor grade cocoas. *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung*, 191(4–5), 306–309. <https://doi.org/10.1007/BF01202432>

ANEXOS

Tabla 5

Resumen del análisis de varianza del índice de almendras de los granos de cacao

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	1.37583	0.171979	256.01	6.2139e-17*	CCN51	1.4787 ^d
Residuo	18	0.01209	0.000672			ABL01	1.2817 ^{ef}
						ABL03	1.5990 ^c
Total	26	1.38792				JBB02	1.7447 ^b
						JBB04	1.1860 ^g
CV%	1.81					MRC05	1.2097 ^{fg}
						MRC10	1.2510 ^{efg}
						VVA01	1.3077 ^e
						VVA02	1.8193 ^a
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas	
^{ns} Diferencias no significativas						en la columna no difieren	
						entre sí por el test de Tukey	
						a 5%	

Tabla 6*Resumen del análisis de varianza de porcentaje de testa en los granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	28.3254	3.5407	28.337	1.1299e – 08*	CCN51	13.7200 ^e
Residuo	18	2.2491	0.1249			ABL01	16.3967 ^{abc}
						ABL03	15.3800 ^d
						JBB02	16.9133 ^{ab}
Total	26	30.5745				JBB04	17.3033 ^a
CV%	2.22					MRC05	15.1067 ^d
						MRC10	16.0767 ^{bcd}
						VVA01	16.5667 ^{abc}
						VVA02	15.6333 ^{cd}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 7*Resumen del análisis de varianza del número de almendras por 100 g de granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	2694.67	336.83	193.5	7.468e-16*	CCN51	68.6667 ^c
						ABL01	76.0000 ^b
Residuo	18	31.33	1.74			ABL03	63.3333 ^d
						JBB02	57.0000 ^e
Total	26	2726.00				JBB04	83.6667 ^a
						MRC05	83.6667 ^a
CV%	1.85					MRC10	76.6667 ^b
						VVA01	77.0000 ^b
						VVA02	56.0000 ^e
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 8*Resumen del análisis de varianza del largo de los granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	0.29717	0.037146	22.646	6.8633e-08*	CCN51	2.3967 ^{bc}
Residuo	18	0.02953	0.001640			ABL01	2.4380 ^b
						ABL03	2.4700 ^{ab}
						JBB02	2.4900 ^{ab}
Total	26	0.32670				JBB04	2.4033 ^b
						MRC05	2.2433 ^d
CV%	1.69					MRC10	2.2867 ^{cd}
						VVA01	2.2733 ^d
						VVA02	2.5767 ^a
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas	
^{ns} Diferencias no significativas						en la columna no difieren	
						entre sí por el test de Tukey	
						a 5%	

Tabla 9*Resumen del análisis de varianza del ancho de los granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	0.208996	0.0261245	55.21	4.2761e-11*	CCN51	1.3567 ^{cd}
						ABL01	1.3983 ^{bc}
Residuo	18	0.008517	0.0004732			ABL03	1.4033 ^{bc}
						JBB02	1.4533 ^b
Total	26	0.217514				JBB04	1.3300 ^{de}
						MRC05	1.2733 ^e
CV%	1.58					MRC10	1.3133 ^{de}
						VVA01	1.3033 ^{de}
						VVA02	1.5767 ^a
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas	
^{ns} Diferencias no significativas						en la columna no difieren	
						entre sí por el test de Tukey	
						a 5%	

Tabla 10

Resumen del análisis de varianza del rendimiento de los granos de cacao (datos desbalanceados)

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	33.18	4.148	26.54	3.52e-7*	CCN51	81.2200 ^a
Residuo	14	2.19	0.156			ABL01	78.0200 ^{cd}
						ABL03	79.2867 ^{bc}
Total	22	35.37				JBB02	78.0450 ^{cd}
						JBB04	77.7600 ^{cd}
CV%	0.49					MRC05	79.9100 ^b
						MRC10	79.6067 ^b
						VVA01	77.5100 ^d
						VVA02	79.3700 ^{bc}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 11*Resumen del análisis de varianza de la humedad de los granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	4.3429	0.54286	42.93	3.6129e-10*	CCN51	5.6800 ^{cd}
Residuo	18	0.2276	0.01265			ABL01	6.1080 ^b
						ABL03	5.8533 ^{bc}
						JBB02	5.4667 ^d
Total	26	4.5705				JBB04	5.7300 ^{cd}
						MRC05	5.7267 ^{cd}
CV%	1.94					MRC10	5.0310 ^e
						VVA01	6.5200 ^a
						VVA02	6.1233 ^b
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 12*Resumen del análisis de varianza de porcentaje de cenizas en los granos de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	1.84856	0.231071	16.693	7.379e-07*	CCN51	2.1367 ^d
						ABL01	2.5573 ^{bc}
Residuo	18	0.24917	0.013843			ABL03	2.6600 ^{bc}
						JBB02	2.3800 ^{cd}
Total	26	2.09773				JBB04	2.7433 ^b
						MRC05	2.3767 ^{cd}
CV%	4.56					MRC10	2.5767 ^{bc}
						VVA01	3.1257 ^a
						VVA02	2.6633 ^{bc}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas	
^{ns} Diferencias no significativas						en la columna no difieren	
						entre sí por el test de Tukey	
						a 5%	

Tabla 13

Resumen del análisis de varianza de porcentaje de grasa, con 3h de extracción, en los granos de cacao

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	377.26	47.158	25.641	2.5396e-08*	CCN51	23.4947 ^{bc}
Residuo	18	33.10	1.839			ABL01	26.2840 ^b
						ABL03	23.5547 ^{bc}
Total	26	410.37				JBB02	20.7660 ^{cde}
						JBB04	18.9990 ^{de}
CV%	5.89					MRC05	22.4723 ^{bcd}
						MRC10	17.7157 ^e
						VVA01	22.8133 ^{bcd}
						VVA02	31.0737 ^a
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas	
^{ns} Diferencias no significativas						en la columna no difieren	
						entre sí por el test de Tukey	
						a 5%	

Tabla 14

Resumen del análisis de varianza de porcentaje de grasa, con 10h de extracción, en los granos de cacao

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	221.955	27.7444	7.7027	0.00017183*	CCN51	27.12078 ^{ab}
Residuo	18	64.835	3.6019			ABL01	29.54166 ^{ab}
						ABL03	26.53739 ^{abc}
Total	26	286.790				JBB02	26.50164 ^{abc}
						JBB04	21.37249 ^c
CV%	7.12					MRC05	24.49392 ^{bc}
						MRC10	24.57005 ^{bc}
						VVA01	27.79367 ^{ab}
						VVA02	31.86847 ^a
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 15*Resumen del análisis de varianza de porcentaje de proteína en las almendras de cacao*

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	38.534	4.8167	25.445	2.7016e-08*	CCN51	14.51 ^{bc}
Residuo	18	3.407	0.1893			ABL01	16.19 ^a
						ABL03	13.64 ^{cd}
Total	26	41.941				JBB02	14.00 ^{bcd}
						JBB04	13.49 ^{cd}
CV%	3.13					MRC05	12.84 ^{de}
						MRC10	15.09 ^{ab}
						VVA01	11.81 ^e
						VVA02	13.64 ^{cd}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 16

Resumen del análisis de varianza de porcentaje de carbohidrato en las almendras de cacao

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	317.02	39.628	12.312	7.0516e-06*	CCN51	50.55 ^{bcd}
Residuo	18	57.93	3.219			ABL01	45.61 ^d
						ABL03	51.31 ^b
Total	26	374.96				JBB02	51.65 ^{ab}
						JBB04	56.67 ^a
CV%	3.51					MRC05	54.57 ^{ab}
						MRC10	52.73 ^{ab}
						VVA01	50.75 ^{bc}
						VVA02	45.71 ^{cd}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Tabla 17

Resumen del análisis de varianza del contenido de compuestos fenólicos totales (mg AcTE/g de cacao) en las almendras de cacao

FV	GL	SQ	QM	F	Pr (>F)	Tratamientos	Promedios
Tratamientos	8	9153.1	1144.13	35.477	1.7796e-09*	CCN51	125.40 ^a
Residuo	18	580.5	32.25			ABL01	69.89 ^{ef}
						ABL03	86.59 ^{cd}
Total	26	9733.6				JBB02	85.29 ^{de}
						JBB04	101.66 ^{bc}
CV%	6.47					MRC05	66.88 ^f
						MRC10	105.65 ^b
						VVA01	73.92 ^{def}
						VVA02	74.85 ^{def}
* Diferencias significativas a 5% por el test F.						Promedios seguidos por las	
** Diferencias significativas a 1% por el test F.						mismas letras minúsculas en	
^{ns} Diferencias no significativas						la columna no difieren entre	
						sí por el test de Tukey a 5%	

Figura 1

Índice de almendras de cacao (g/grano)

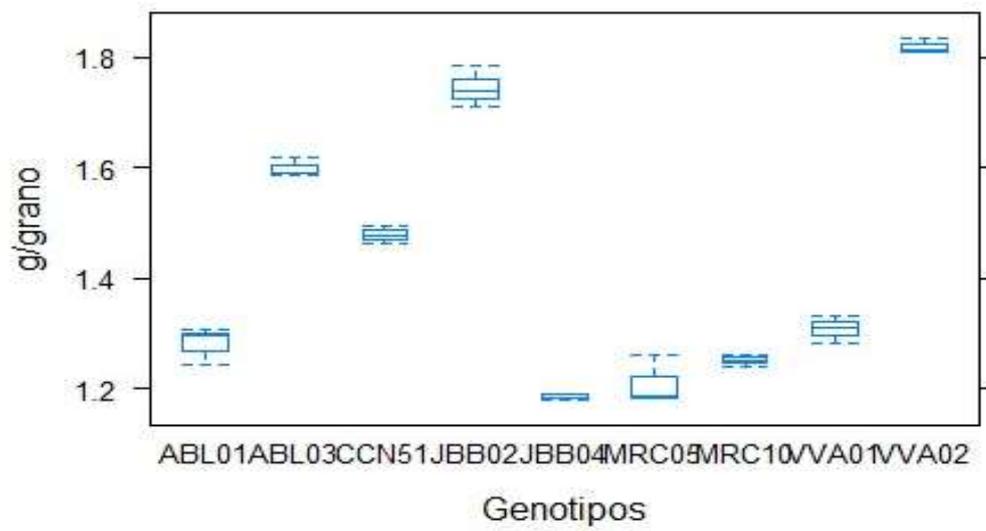


Figura 2

Porcentaje de testa de almendras de cacao

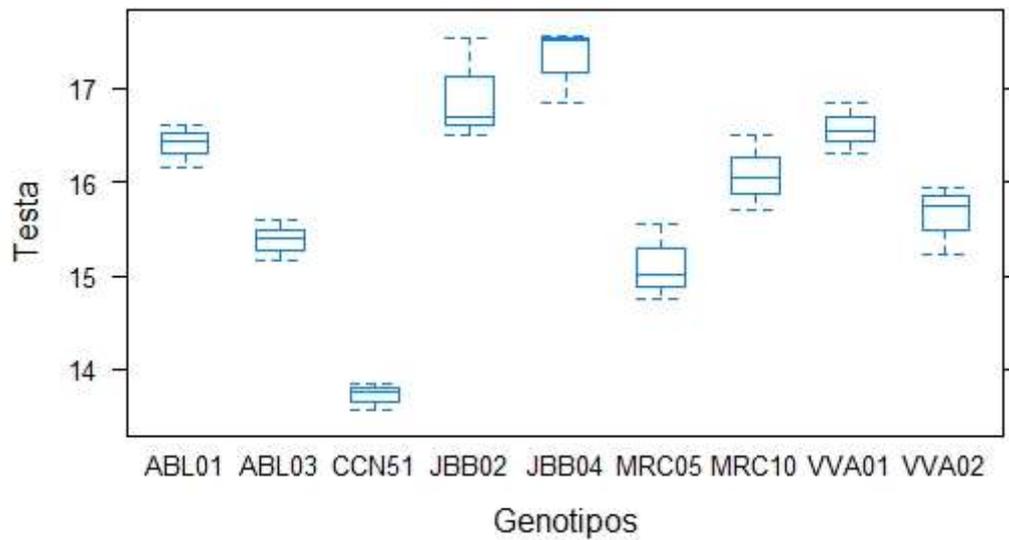


Figura 3

Número de almendras en 100 g

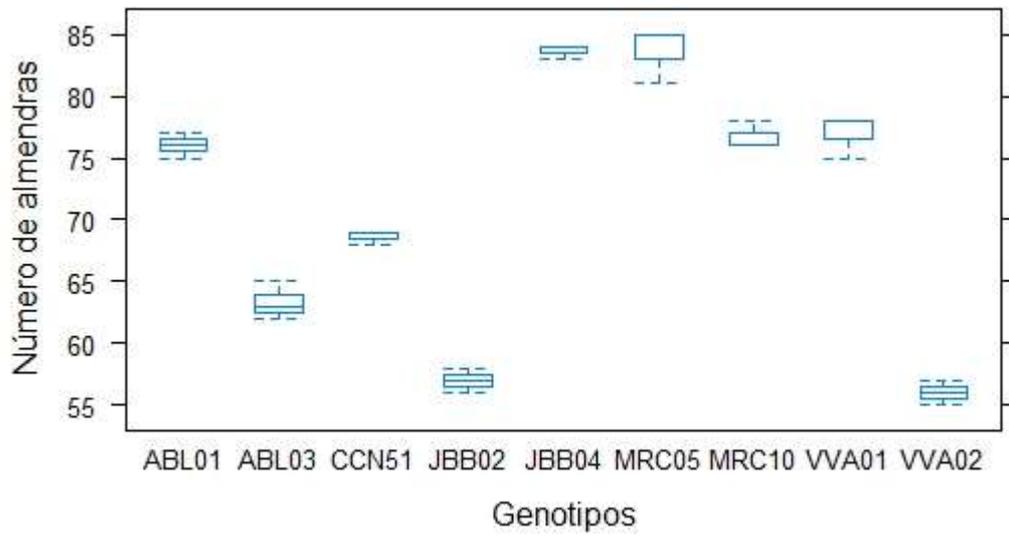


Figura 4

Largo de las almendras de cacao

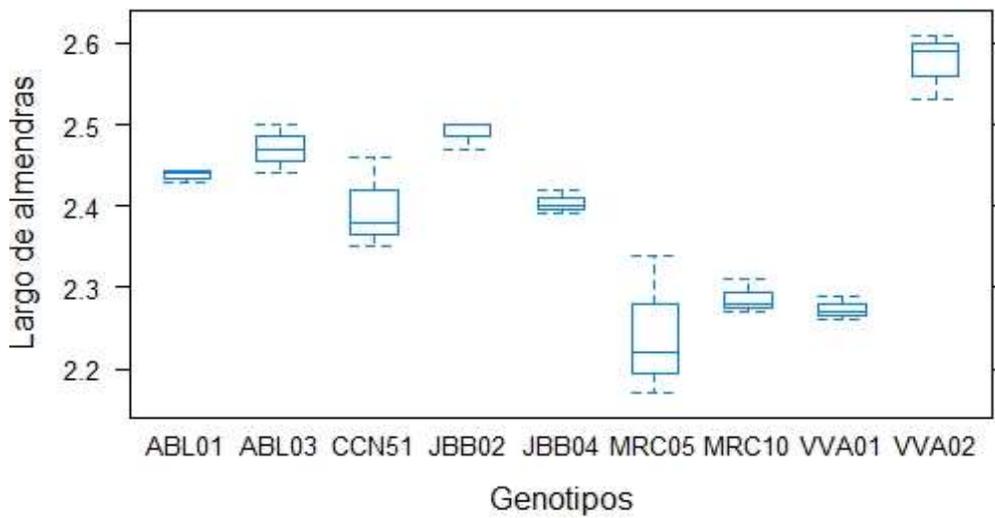


Figura 5

Ancho de las almendras de cacao

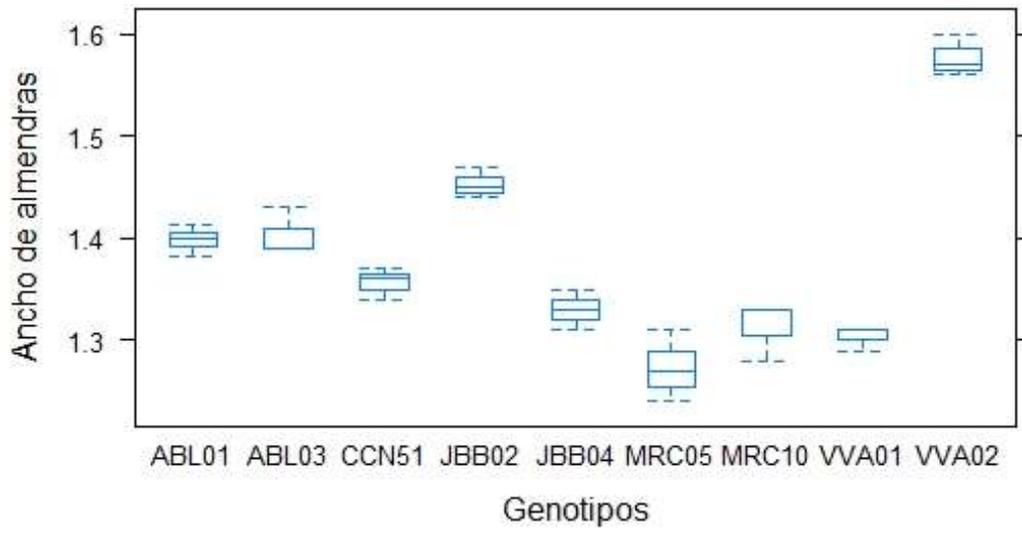


Figura 6

Prueba de corte de las almendras de cacao

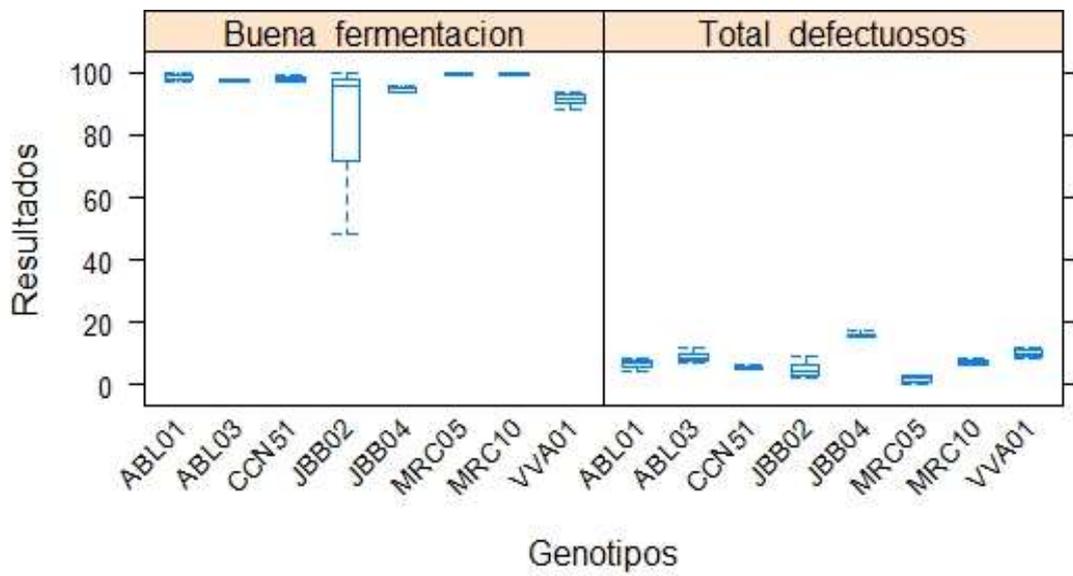


Figura 7

Porcentaje de humedad de las almendras de cacao

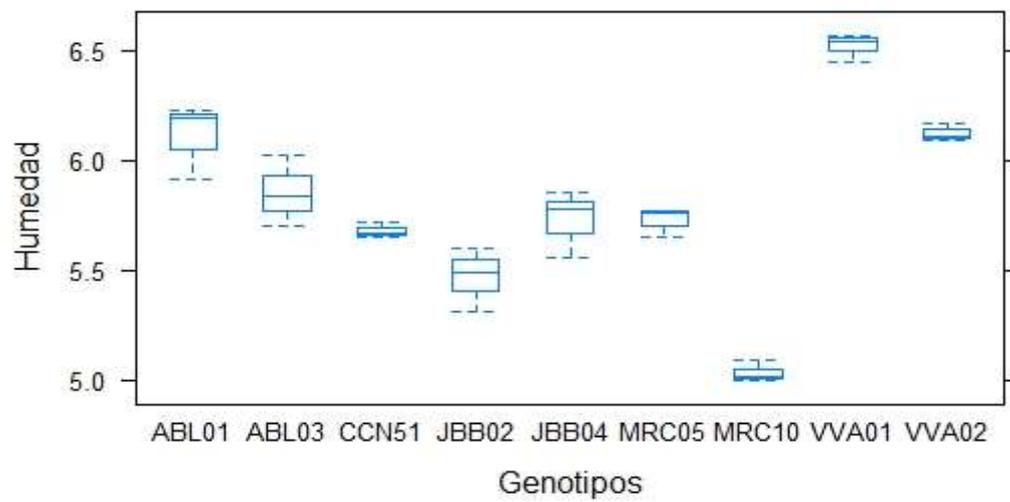


Figura 8

Porcentaje de cenizas de las almendras de cacao

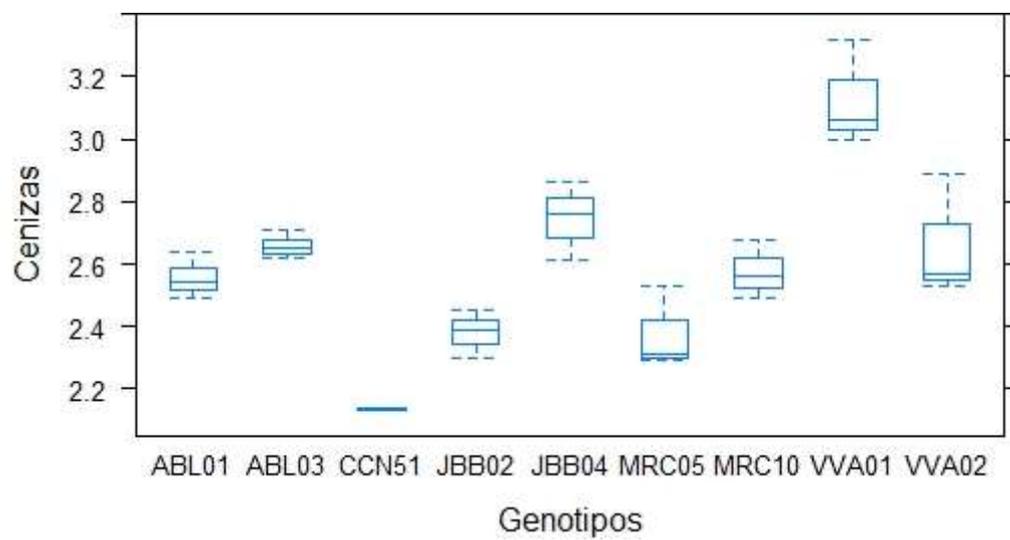


Figura 9

Porcentaje de proteína de las almendras de cacao

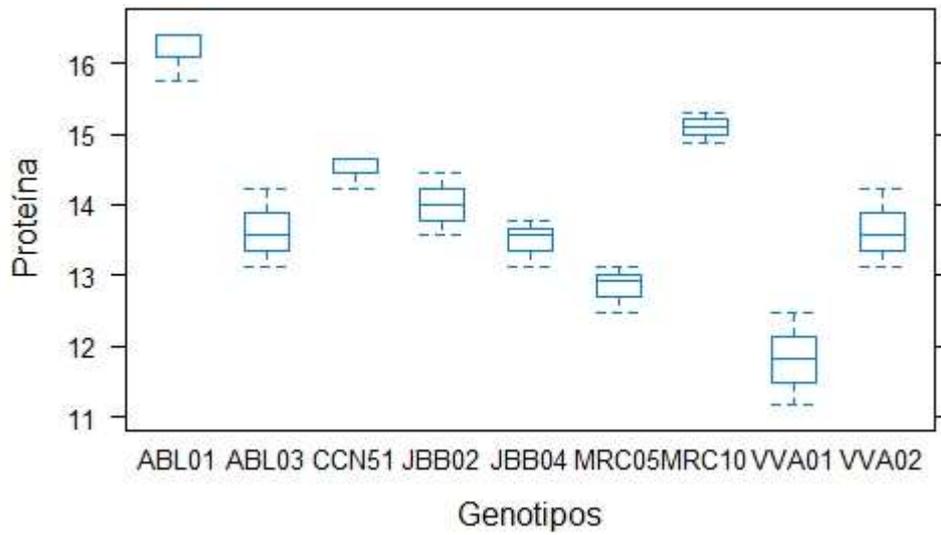


Figura 10

Porcentaje de grasas con 3 horas de extracción

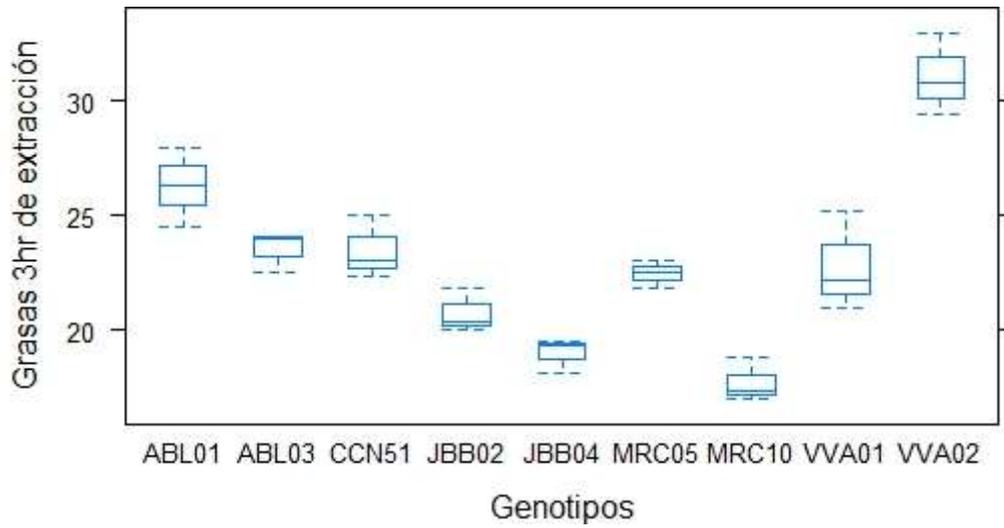


Figura 11

Porcentaje de grasas con 10 horas de extracción

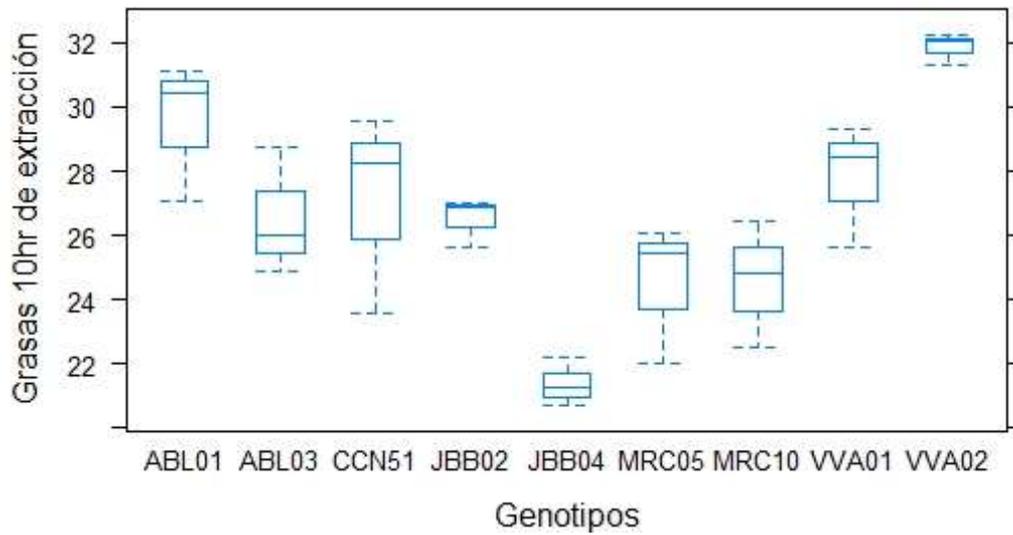


Figura 12

Porcentaje de carbohidrato de las almendras de cacao

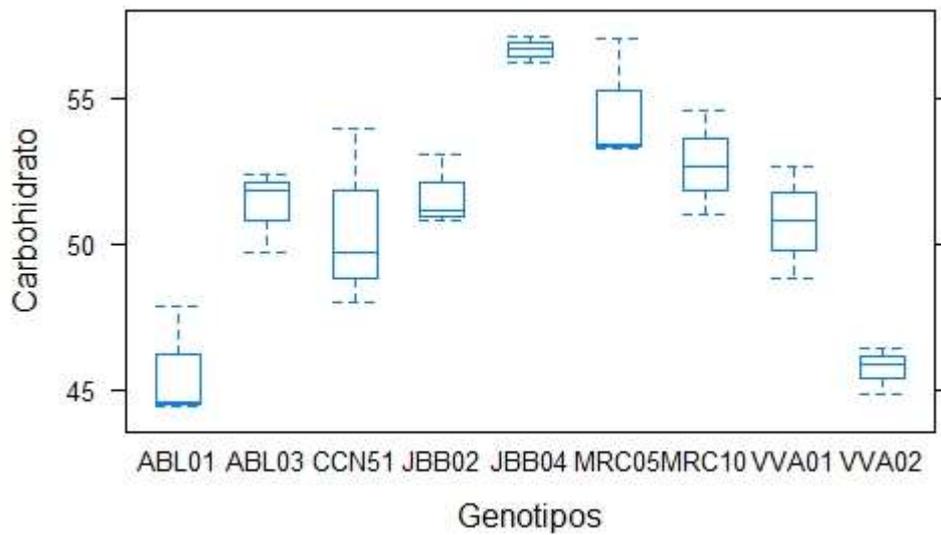


Figura 13

Contenido de compuestos fenólicos totales (mg AcTE/g de cacao) de las almendras de cacao

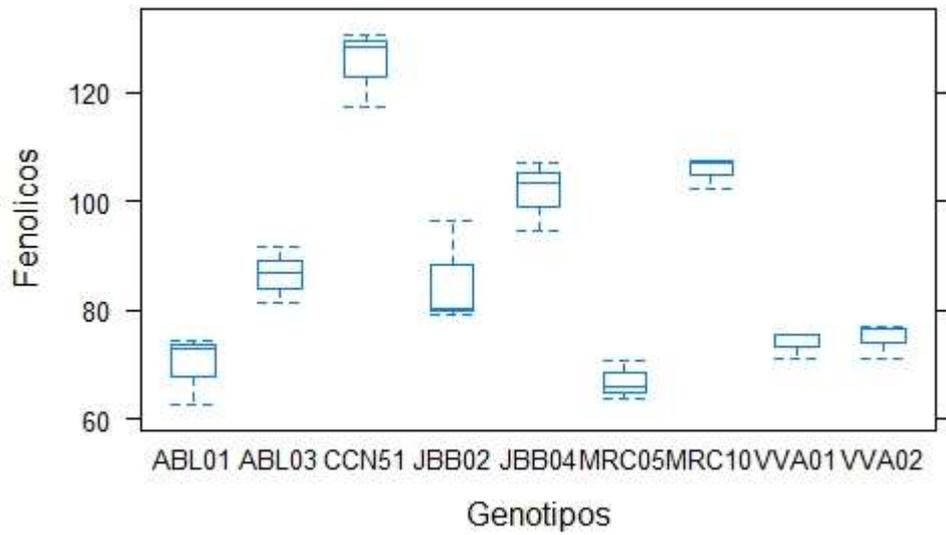


Figura 14

Determinación del índice de almendras y porcentaje de testa



Figura 15

Determinación del número de almendras en 100 g y el largo y ancho de la almendra



Figura 16

Determinación de impurezas visibles y grado de fermentación



Figura 17

Determinación de humedad



Figura 18

Determinación de pH y cenizas



Figura 19

Determinación de proteína



Figura 20

Determinación de grasa total



Figura 21

Determinación del índice de fermentación



Figura 22

Determinación de compuestos fenólicos totales

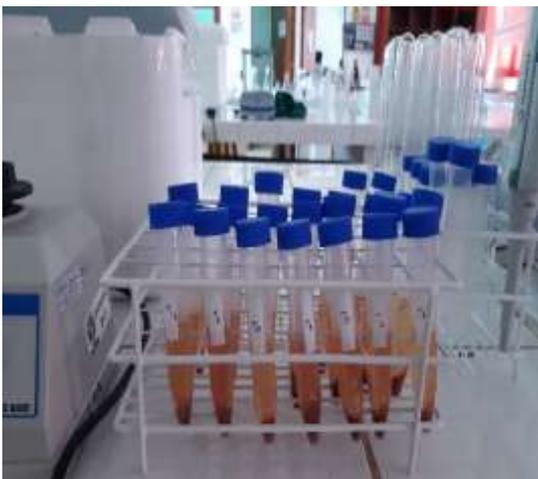


Figura 23

Abundancia promedio del compuesto volátil acetofenona en los granos sin tostar y tostados

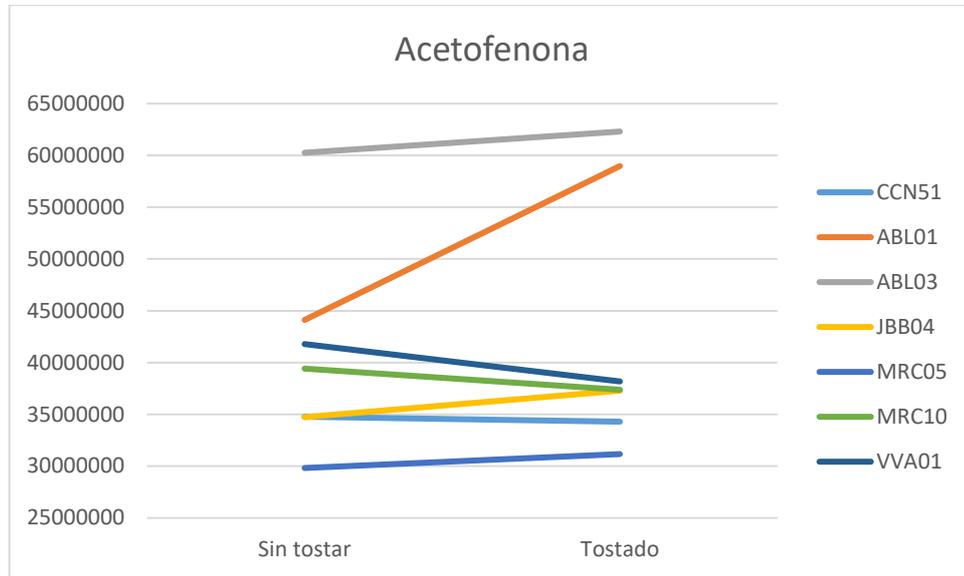


Figura 24

Abundancia promedio del compuesto volátil 2,3,5-trimetil-6-etilpirazina en los granos sin tostar y tostados

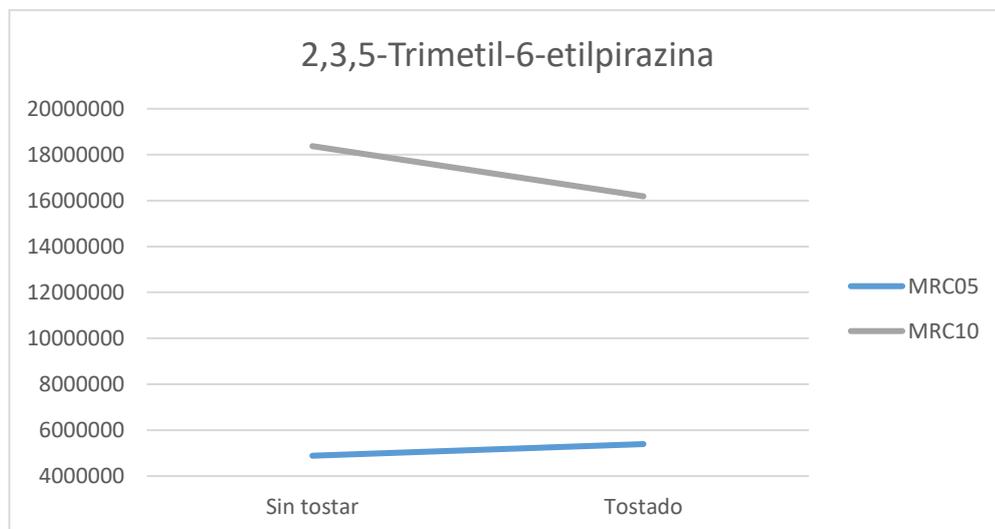


Figura 25

Abundancia promedio del compuesto volátil trimetilpirazina en los granos sin tostar y tostados

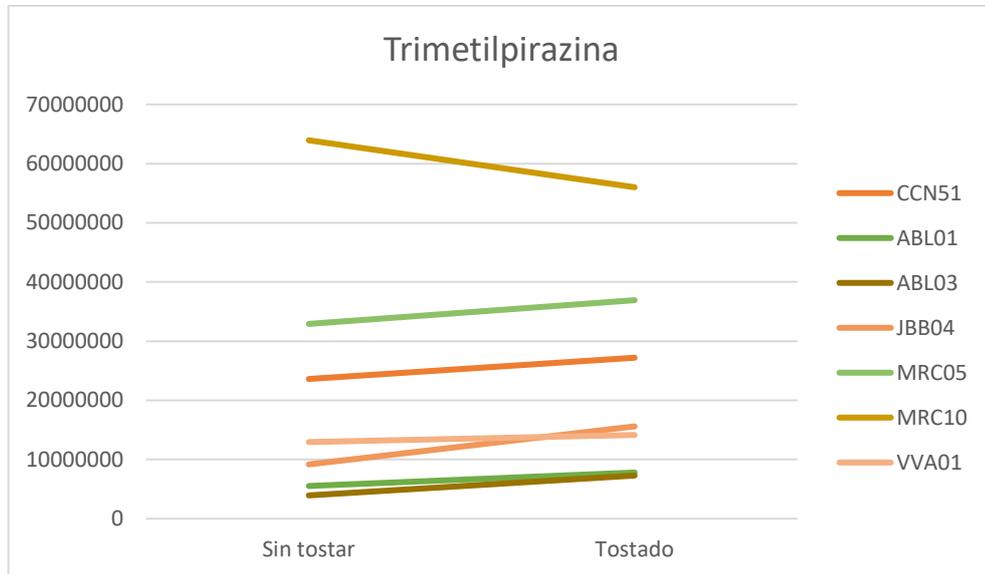


Figura 26

Abundancia promedio del compuesto volátil 2,3-dimetil-pirazina en los granos sin tostar y tostados

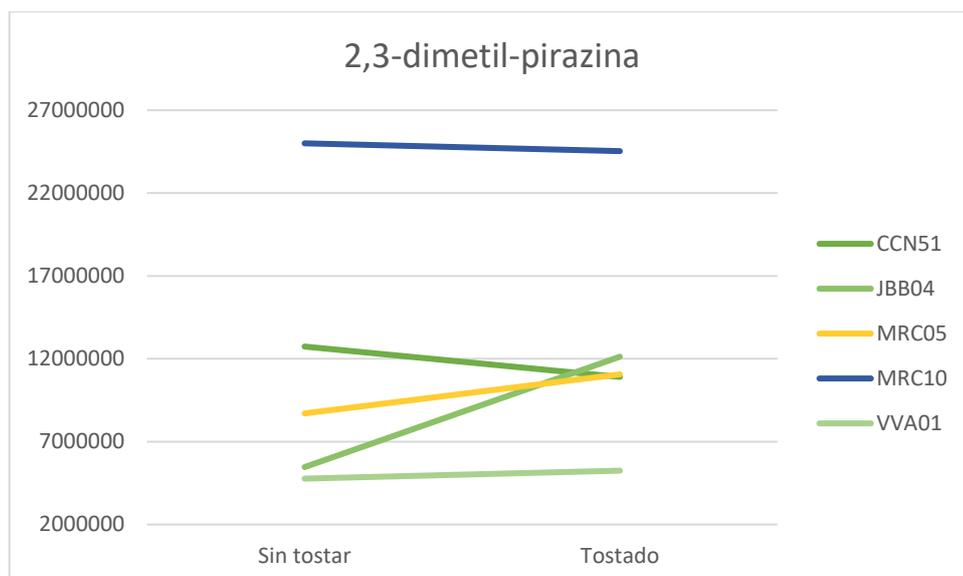


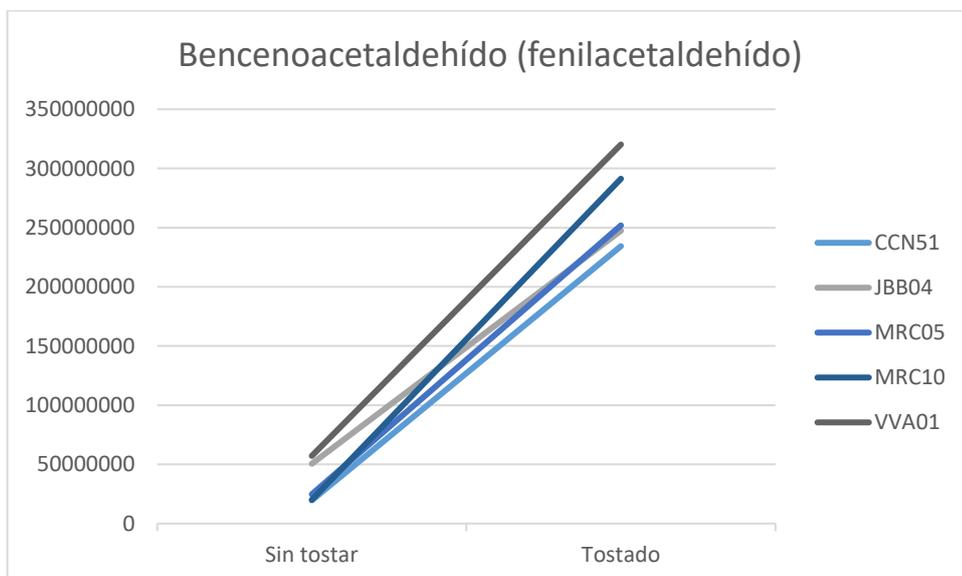
Figura 27

Abundancia promedio del compuesto volátil linalool en los granos sin tostar y tostados



Figura 28

Abundancia promedio del compuesto volátil bencenoacetaldehído (fenilacetaldehído) en los granos sin tostar y tostados





FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao L.*)

Código : CCN51
Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos
Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.48
- Porcentaje de testa (%)	13.72
- Número de almendras en 100g	68.67
- Largo y ancho del grano (cm)	2.40 x 1.36
- Impurezas visibles (%)	0.19
- Rendimiento (%)	81.22
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	5.00
Buena fermentación (%)	95.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.68
- Ceniza (%)	2.14
- Proteína (%)	14.51
- Grasa (%)	27.12
- Carbohidratos (%)	50.55
- pH (%)	5.40
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	125.40

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Acetato-2-metil-1-butanol (manzana, plátano, pera)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ 3-fenil-furan (Cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (Caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : ABL01
Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos
Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.28
- Porcentaje de testa (%)	16.40
- Número de almendras en 100g	76.00
- Largo y ancho del grano (cm)	2.44 x 1.40
- Impurezas visibles (%)	0.26
- Rendimiento (%)	78.02
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	7.00
Buena fermentación (%)	93.00

Características Químicas

- Humedad (%)	6.11
- Ceniza (%)	2.56
- Proteína (%)	16.19
- Grasa (%)	29.54
- Carbohidratos (%)	45.61
- pH (%)	5.40
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	69.89

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : ABL03

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.60
- Porcentaje de testa (%)	15.38
- Número de almendras en 100g	63.33
- Largo y ancho del grano (cm)	2.47 x 1.40
- Impurezas visibles (%)	0.28
- Rendimiento (%)	79.29
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	9.00
Buena fermentación (%)	91.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.85
- Ceniza (%)	2.66
- Proteína (%)	13.64
- Grasa (%)	26.54
- Carbohidratos (%)	51.31
- pH (%)	5.10
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	86.59

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Acetato-2-metil-1-butanol (manzana, plátano, pera)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ 3-fenil-furan (Cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : VVA01

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.31
- Porcentaje de testa (%)	16.57
- Número de almendras en 100g	77.00
- Largo y ancho del grano (cm)	2.27 x 1.30
- Impurezas visibles (%)	0.18
- Rendimiento (%)	77.51
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	10.00
Buena fermentación (%)	90.00

Características Químicas

- Humedad (%)	6.52
- Ceniza (%)	3.13
- Proteína (%)	11.81
- Grasa (%)	27.79
- Carbohidratos (%)	50.75
- pH (%)	5.30
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	73.92

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ 3-fenil-furan (Cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (Caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : VVA02

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.82
- Porcentaje de testa (%)	15.63
- Número de almendras en 100g	56.00
- Largo y ancho del grano (cm)	2.58 x 1.58
- Impurezas visibles (%)	0.09
- Rendimiento (%)	79.37
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	4.00
Buena fermentación (%)	96.00

Características Químicas

- Humedad (%)	6.12
- Ceniza (%)	2.66
- Proteína (%)	13.64
- Grasa (%)	31.87
- Carbohidratos (%)	45.71
- pH (%)	5.40
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	74.85

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar

- ✓ Linalool (Cilantro, floral, lavanda, limón, rosa)
- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ 2-nonanona (Fragante, fruta, verde, leche caliente)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ 3-fenil-furan (cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : MRC05
Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos
Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.21
- Porcentaje de testa (%)	15.11
- Número de almendras en 100g	83.67
- Largo y ancho del grano (cm)	2.24 x 1.27
- Impurezas visibles (%)	0.06
- Rendimiento (%)	79.91
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	2.00
Buena fermentación (%)	98.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.73
- Ceniza (%)	2.38
- Proteína (%)	12.83
- Grasa (%)	24.49
- Carbohidratos (%)	54.57
- pH (%)	5.30
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	66.88

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Linalool (cilantro, floral, lavanda, limón, rosa)
- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Acetato 2-metil-1-butanol (manzana, plátano, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : MRC10

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.25
- Porcentaje de testa (%)	16.08
- Número de almendras en 100g	76.67
- Largo y ancho del grano (cm)	2.29 x 1.31
- Impurezas visibles (%)	0.08
- Rendimiento (%)	79.61
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	9.00
Buena fermentación (%)	91.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.03
- Ceniza (%)	2.58
- Proteína (%)	15.09
- Grasa (%)	24.57
- Carbohidratos (%)	52.73
- pH (%)	5.10
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	105.65

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Acetato 2-metil-1-butanol (manzana, plátano, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ 3-fenil-furan (cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : JBB02

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.74
- Porcentaje de testa (%)	16.91
- Número de almendras en 100g	57.00
- Largo y ancho del grano (cm)	2.49 x 1.45
- Impurezas visibles (%)	0.26
- Rendimiento (%)	78.05
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	6.00
Buena fermentación (%)	94.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.47
- Ceniza (%)	2.38
- Proteína (%)	14.00
- Grasa (%)	26.50
- Carbohidratos (%)	51.65
- pH (%)	4.70
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	85.29

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar

- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Nonanal (Grasa, floral, verde, limón)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Éster hexilo del ácido acético (Manzana, plátano, hierba, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ 3-fenil-furan (cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)



FICHA TÉCNICA DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.)

Código : JBB04

Descripción : Cacao en grano: enteros, fermentados y secos

Origen : APROCAM “Cooperativa de servicios múltiples” – Provincia de Bagua – Región Amazonas.

Características Físicas

- Índice de almendras (g/grano)	1.19
- Porcentaje de testa (%)	17.30
- Número de almendras en 100g	83.67
- Largo y ancho del grano (cm)	2.40 x 1.33
- Impurezas visibles (%)	0.18
- Rendimiento (%)	77.76
- Grado de fermentación – prueba de corte	
Defectuosos (%)	16.00
Buena fermentación (%)	84.00

Características Químicas

- Humedad (%)	5.73
- Ceniza (%)	2.74
- Proteína (%)	13.49
- Grasa (%)	21.37
- Carbohidratos (%)	56.67
- pH (%)	4.80
- Compuestos fenólicos (mgAcTE/g de cacao)	101.66

Principales compuestos volátiles identificados en almendras sin tostar y tostadas

- ✓ Linalool (cilantro, floral, lavanda, limón, rosa)
- ✓ Benzaldehído (Almendra amarga, azúcar quemada, cereza, malta)
- ✓ Acetofenona (Almendras, flor, carne, mosto)
- ✓ Acetato 2-metil-1-butanol (manzana, plátano, pera)
- ✓ Éster etílico del ácido octanoico (Albaricoque, brandy, grasa, floral, piña)
- ✓ Ester etílico del ácido decanoico (brandy, uva, pera)
- ✓ 3-fenil-furan (cacao, verde, menta)
- ✓ .beta-mirceno (Balsámico, fruta, geranio, hierba, mosto)
- ✓ Trimetilpirazina (Cacao, tierra, mosto, papa, tostado)
- ✓ 2,3-dimetil-pirazina (caramelo, cacao, avellana, mantequilla de maní, tostado)