

**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**

**PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE TREINTA ECOTIPOS
PROMISORIOS DE CACAO FINO DE AROMA**

Autor(a) : Bach. Pati Llanina Mori Culqui

Asesor : Ing. Roicer Collazos Silva

Co-asesores : Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernandez Jerí

Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por derramar bendición infinita durante toda mi vida y la de mi familia.

A ti Mamita linda, Juana Culqui Fernandez, por tu incondicional apoyo y amor infinito.

A ti papito Cristobal Mori Bacalla, por enseñarme a ver más allá del horizonte y conseguir con esfuerzo mis objetivos propuestos.

A ustedes hermanitos queridos; Fredy, Yaneth, Praxides, Carlos Ever y Jenyfer Ester por su apoyo y acompañamiento a lo largo de mi vida personal y profesional. Ustedes han sido y serán siempre mi guía y reflejo de que con voluntad todo es posible.

“A mi familia, con todo mi amor y admiración”

Pati Llanina Mori Culqui.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi universidad por la oportunidad de formarme tanto personal y profesionalmente; gracias a todas las personas que de una u otra manera aportaron y apostaron por mí e hicieron que este reto profesional finalmente se vea concluido. Asimismo, agradezco la oportunidad de instituciones que me permitieron ejecutar y culminar este trabajo de investigación.

Una de las instituciones a las que debo agradecer infinitamente es al Instituto de Investigación para el desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), institución que a través de su Director Ejecutivo M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, quién me permitió ser parte de su equipo de investigación; a través de la ejecución de la tesis dentro del proyecto Círculo de Investigación para la Innovación y el Fortalecimiento de la Cadena de Valor del Cacao Nativo Fino de Aroma en la Zona Nor Oriental del Perú - CINCAO, proyecto que se viene ejecutando por el INDES-CES de la UNTRM y que es financiado por CIENCIACTIVA-CONCYTEC. A todo el equipo de trabajo del proyecto que estuvieron en su momento infinitas gracias; Ing. Roicer, Ing. Patricia E., Ing. Lucero E. y en especial al M. Sc. Manuel Oliva y por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme a superar barreras que se presentaron durante el desarrollo de la investigación.

A ustedes queridos asesores Ing. Roicer Collazos, Mg.Sc Armstrong Fernández y Ms. Segundo Chavez; docentes de nuestra UNTRM, a ustedes que contribuyeron a mi formación y al logro de mis metas, mil gracias.

Especial agradecimiento a la Mg. Aline Camila Caetano, quién ha sido parte importante para la ejecución de la presente investigación; gracias por su valioso tiempo y apoyo incondicional.

A mis amigos Derlis M., María Ney A., Jani Elisabet M., Alex A., Nuri Carito V., Jesús R., Lili J., Elder C., Ermila R., Tatiana O.; esto es resultado de su gran apoyo.

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

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
Rector

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN
Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
Vicerrectora De Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAÉSTRO 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 (x), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada _____

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE TREINTA ECOTIPOS PROMISORIOS
DE CACAO FINO DE AROMA.;

del egresado Pati Llanina Mori Culqui

de la Facultad 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, 26 de enero de 2021


Firma y nombre completo del Asesor
ING. ROICER COLLAZOS SILVA

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAÉSTRO 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 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE TREINTA ECOTIPOS PROMISORIOS DE CACAO FINO DE AROMA del egresado Pati Hanina Mori Culqui de la Facultad 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, 26 de enero de 2021

Firma y nombre completo del Asesor
Mg.Sc. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERA

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL



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

ANEXO B-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 _____

PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE TREINTA ECOTIPOS

PROMISORIOS DE CACAO FINO DE AROMA

del egresado Pati Llanina Mori Culqui

de la Facultad 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.

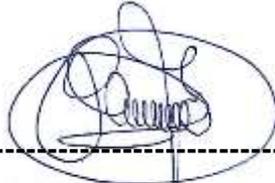


Chachapoyas, 26 de enero de 2021

Firma y nombre completo del Asesor

MS. SEGUNDO GIRALDO CHAVEZ QUINTANA

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

PRESIDENTE



Ph.D. Ligia Magali García Rosero

SECRETARIA



Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

VOCAL

viii

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL



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

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

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

Perfil de Ácidos Grasos de Treinta Ectopos Promisorios
de Cacao Fino de Aroma

presentada por el estudiante ()/egresado (x) Pati Llanina Mori Culqui
de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial
con correo electrónico institucional pmoni@indes-ces.edu.pe

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

- La citada Tesis tiene 23 % 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, 26 de enero del 2021


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



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

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 31 de marzo del año 2021, siendo las 19:00 horas, el aspirante: Pati Hanina Mori Culqui, defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada:

Perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos promiscuos de cacao fino de aroma

teniendo como asesor a Rocío Collozas S., Arambrozy Fernández J., Segundo Chucay para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Secretario: Ph.D. Ligia Mayali García Rosero

Vocal: Mg. Efraín Manuelito Castro Alayo

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 20:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz
DNI 05374749
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	v
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Lugar de procedencia y material de estudio.....	19
2.2. Preparación de muestras	21
2.3. Determinación del contenido de materia grasa total o extracto etéreo.....	21
2.4. Preparación de Metil Ésteres de Ácidos Grasos (FAMEs).....	21
2.5. Identificación y cuantificación de ácidos grasos por GC-FID	21
2.6. Análisis de datos	22
III. RESULTADOS	23
3.1. Determinación del contenido de materia grasa total o extracto etéreo.....	23
3.2. Perfil de ácidos grasos de ecotipos promisorios de cacao fino de aroma ..	24
IV. DISCUSIÓN	30

V.	CONCLUSIONES	33
VI.	RECOMENDACIÓN	34
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de grasa total de ecotipos de cacao nativo fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.	23
Tabla 2. Análisis de varianza del perfil de ácidos grasos por grupos de ecotipos de cacao fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.....	26
Tabla 3. Análisis de Correlación de Pearson entre el perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos de cacao fino de aroma de Amazonas, Cajamarca y San Martín.	28
Tabla 4. Georreferenciación de puntos de muestreo de ecotipos de cacao fino de aroma de Amazonas, Cajamarca y San Martín.....	41
Tabla 5. Perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos promisorios de cacao fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de procedencia de ecotipos de cacao fino de aroma.....	20
Figura 2. Dendograma resultante del análisis de conglomerados con el método Ward (6.67: 5 Grupos) y distancia Euclidiana, para 30 ecotipos de cacao fino de aroma a partir del perfil de ácidos grasos.....	24
Figura 3. Análisis de componentes principales mostrando los ecotipos de cacao nativo fino de aroma clasificados en grupos, en función a su perfil y concentración de ácidos grasos.....	27
Figura 4. Muestras de cacao fino de aroma fermentado y seco.....	46
Figura 5. A. Medición de humedad; B. Pesado de la muestra; C. Nibs de cacao; D. Molido de nibs de cacao.	46
Figura 6. Pesado de nibs de cacao dispuestos en papel filtro.	47
Figura 7. Disposición de los papeles filtro con muestra a cartuchos de celulosa.....	47
Figura 8. Equipo Soxhlet para la extracción de grasa total.	48
Figura 9. Grasa total extraída.....	48
Figura 10. Eliminación del solvente de la grasa extraída por evaporación.	49
Figura 11. Enfriamiento de la muestra en un medio cerrado para su posterior pesado.	49
Figura 12. Envasado de grasa total extraída en viales ámbar.	50
Figura 13. Muestras de grasa total extraída de treinta ecotipos de cacao con sus respectivas repeticiones.	50
Figura 14. Pesado de manteca de cacao en viales para posterior proceso de esterificación.	51
Figura 15. Viales con muestras de manteca de cacao de distintas ecotipos.	51
Figura 16. A. Adición de reactivos; B. Homogenizado de la disolución.	52
Figura 17. Baño María a disoluciones como parte del proceso de esterificación de los ácidos grasos.	52
Figura 18. A. Separación de fases de la disolución; B. Recuperación de los FAMES. .	53
Figura 19. Cromatógrafo de Gases. Programación del método de identificación de ácidos grasos en la muestra.	53
Figura 20. Muestras en carrucel Dectector de Ionización de Flama (FID).	54
Figura 21. Identificación y cuantificación del perfil de ácidos grasos.	54

RESUMEN

La manteca de cacao, es el subproducto de mayor importancia y la más utilizada por la industria alimentaria. Se determinó el contenido de grasa total (CGT), se caracterizó y agrupó ecotipos cacao fino de aroma procedentes de Amazonas, Cajamarca y San Martín; en base a su perfil de ácidos grasos (PAG). Se usó el método Soxhlet y Cromatografía Gaseosa acoplado con detector de ionización de llama (GC-FID). Para el CGT, se aplicó un análisis de varianza ANOVA y la prueba de comparaciones múltiples DGC ($p < 0,05\%$); la caracterización del PAG se realizó un análisis de conglomerados y un análisis de componentes principales (ACP) acompañado de una correlación de Pearson; donde se evidenció el efecto del lugar de procedencia para ambas variables evaluadas. El ecotipo de Amazonas (ACJ-11 con $30,87 \pm 0,61\%$) presentó mayor CGT. Se encontraron cinco grupos diferenciados. Siendo el grupo dos (Ecotipos Amazonas y San Martín), el que reportó la mayor proporción de ácido graso palmítico, y bajos niveles de ácido esteárico. Por su parte, el grupo tres, parece tener un PAG más saludable, puesto que presenta mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, los grupos uno, cuatro y cinco son bastante heterogéneos.

***Palabras clave:* Manteca de cacao, ácidos grasos, fino de aroma, GC-FID**

ABSTRACT

Cocoa butter is the most important by-product and the most used by the food industry. It was determined the total fat content (CGT), it was characterized and grouped fine aroma cocoa ecotypes from Amazonas, Cajamarca and San Martin; based on its fatty acid profile (PAG). The Soxhlet method and Gas Chromatography coupled with flame ionization detector (GC-FID) were used. For the CGT, it was applied an analysis of variance ANOVA and the test of multiple comparisons DGC ($p < 0,05\%$); the characterization of the PAG was carried out a conglomerate analysis and an analysis of main components (ACP) accompanied by a Pearson correlation; where it was evidenced the effect of the place of origin for both evaluated variables. Amazonas ecotype (ACJ-11 with $30,87 \pm 0,61\%$) presented higher CGT. Five differentiated groups were found. Being the group two (Amazon and San Martin ecotypes), the one that reported the highest proportion of palmitic fatty acid, and low levels of stearic acid. Group three, on the other hand, seems to have a healthier GAP, since it presents a higher percentage of unsaturated fatty acids. However, groups one, four and five are quite heterogeneous.

Keywords: Cocoa butter, fatty acids, fine aroma cacao, GC-FID

I. INTRODUCCIÓN

El cacao, que pertenece a la familia Sterculiaceae y al género *Theobroma* (Prabhakaran Nair, 2010; Aprotosoiaie, et al. 2016), está clasificado como el cultivo más importante del mundo desde el punto de vista económico, debido a su papel esencial en la industria chocolatera (Krähmer, y otros, 2015; Ho, y otros, 2015; Abt y otros, 2018; Barbosa-Pereira, 2019). Este cultivo produce predominantemente en África Occidental, Asia Occidental, América Central, y América del Sur (Sukla, 2006; Ibric, 2014; Hipólito-Romero, y otros, 2017). De las veintidós especies identificadas, el género *T. cacao* es el más explotados comercialmente por el especial valor de sus semillas (Aprotosoiaie, 2016; Bertoldi, y otros, 2016; Bartley, 2005; Manual de productos básicos, 1981).

Los granos de cacao son considerados uno de los alimentos más saludables y nutritivos en el mundo (Loma, 2018; Całkosinski, y otros 2019); ya que estudios han demostrado que su consumo protege al organismo del impacto de los radicales libres, el estrés, la depresión y ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares (Watanabe, 2002; Lippi, 2009; Latif, 2013, Magrone, 2017; Gonzales-Garrido, y otros 2017; Marika, y otros, 2019).

Es importante mencionar que los aceites y las grasas de los alimentos están compuestos por cuatro tipos de ácidos grasos (AG): poliinsaturados, monoinsaturados, saturados y ácidos grasos *trans* (Lehotay y Hajšlová, 2002). De los cuales, la manteca de cacao se considera el subproducto más importante de la industria alimentaria (Liendo, 2000; Watanabe, 2002; Rodríguez, y otros 2009; Álvarez, y otros, 2012; Negro, y otros, 2019); especialmente, en la industria chocolatera, debido a sus excelentes propiedades reológicas, texturales y químicas, tales como la composición de triglicéridos y ácidos grasos (Lipp y Anklam, 1998; Whitefield, 2005).

Análisis previos de caracterización química han identificado el omega linoleico (LN), alfa-linolénico (ALN) y ácido esteárico en la composición de la manteca de cacao (Santos, 1950; Perez- Jimenez, y otros, 2006; Biswas, y otros, 2018; Całkosiński, y otros, 2019; Naeem, y otros, 2019). Además, investigadores han identificado que factores como el origen geográfico, las condiciones climáticas, el manejo agronómico, el índice de cosecha y el proceso beneficiado de cacao

influyen directamente en las características fisicoquímicas de las grasas totales y el perfil de los ácidos grasos (González, y otros, 1999; Montoya, 2003; Codini, y otros, 2004; Riaño, y otros, 2016; Mustiga, y otros, 2019).

Para el propósito de esta investigación, se utilizaron muestras de cacao fino de aroma. La denominación “fino de aroma”; según la Organización Internacional de Cacao-ICCO (2019), se refiere al cacao con sabores y aromas especiales, que son altamente valorados por el mercado mundial. Esta especial denominación depende de ciertas características, como el equilibrio de los sabores del chocolate con la fruta, notas florales, herbales, de madera, de nuez y caramelo, así como el origen, las certificaciones obtenidas y la singularidad de que es cultivado en áreas restringidas (Riaño, y otros, 2016; Ríos, y otros, 2017).

Sin embargo, a pesar del reconocimiento internacional de alta calidad del cacao fino de aroma peruano, se han realizado pocos estudios sobre el contenido de grasa de las semillas de cacao del nororiente del Perú. Por esta razón, el presente estudio tiene por objetivo determinar el contenido de grasa total, caracterizar, comparar y agrupar el cacao fino de aroma originario del nororiente del Perú (Amazonas, Cajamarca y San Martín), en base a su perfil de ácidos grasos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de procedencia y material de estudio

Las regiones del nororiente del Perú (ver figura 1), compuestas por Amazonas, Cajamarca y San Martín, se consideran como regiones de gran importancia para el cultivo de cacao. Por lo tanto, estas regiones peruanas fueron elegidas como lugares de origen para este estudio.

Se caracterizaron 30 muestras de granos de cacao (500 g cada una) de cacao fermentado y secado al 7,5% de humedad, de diferentes orígenes geográficos: Amazonas (26 muestras), Cajamarca (2 muestras) y San Martín (2 muestras). Estas muestras fueron recogidas entre los meses de abril y setiembre por el servicio técnico del Círculo de Investigación de Cacao (CINCACAO), perteneciente al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES).

Las muestras de cacao se recogieron de fincas donde se cultiva cacao fino de aroma previamente identificadas, el muestreo fue intencional y por conveniencia, puesto la investigación busca determinar la diferencia del perfil de ácidos grasos entre ecotipos de cacao fino de aroma y según su procedencia.

Se recolectaron las mazorcas y se extrajeron los granos de cacao frescos, se colocaron en mallas de polietileno y se envasaron en bolsas herméticas para facilitar el traslado de las muestras hacia los cajones fermentadores de la Central de Productores Agropecuarios de Amazonas CEPROAA, por espacio de siete días. Posteriormente, se llevó a un proceso de secado natural en placas de madera. Terminado el proceso de secado, se procedió a trasladar el cacao al laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal (FISIOBVEG), donde se llevó a cabo la extracción y caracterización de la manteca de cacao.

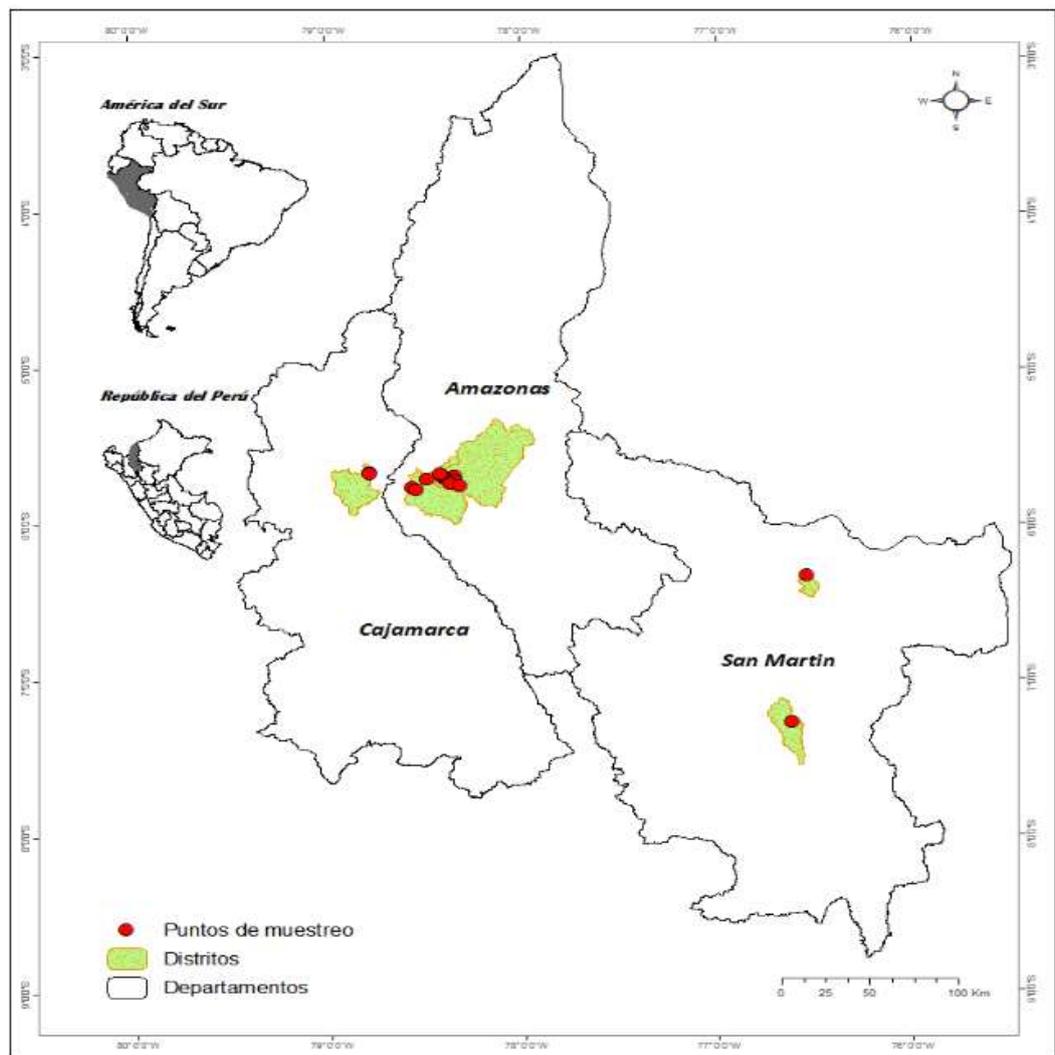


Figura 1. Lugar de procedencia de ecotipos de cacao fino de aroma.

Las muestras se identificaron con un código y un número que define: las letras representativas del nombre de la región de procedencia, el sector a nivel de distrito y la secuencia en la que fueron recolectadas. Como se describe en Anexos, tabla 3.

2.2.Preparación de muestras

De una muestra de 500 g de almendras de cacao fermentado y seco a una humedad de 7,5%, se tomó granos de cacao al azar, hasta alcanzar un total de 15 g y se procedió al descascarillado manual. Las almendras libres de cascarilla se molieron en un molino de granos (Retsch-GM 200, Alemania); las mismas que se colocaron en bolsas de polietileno limpias, se cerraron y codificaron.

2.3.Determinación del contenido de materia grasa total o extracto etéreo

Para la extracción de grasa, se siguió el protocolo Métodos Oficiales de Análisis-A.O.A.C., (1990). Se utilizó un equipo semiautomático Soxleth (Selecta, España), con éter de petróleo (J.T. Baker, USA) como disolvente. Después de la verificación del buen funcionamiento del equipo, el tiempo de extracción se ajustó a 3 h a 120 ° C. Los nibs de cacao desgrasados se descartaron y la manteca sin disolvente se almacenó en viales ámbar a -20 ° C en una congeladora (Coldex, Perú) hasta su posterior análisis.

2.4.Preparación de Metil Ésteres de Ácidos Grasos (FAMES)

Para la metilación de las muestras se siguió el método propuesto por Salimon, Omar, y Salih (2014). Se tomó 0,15 g de extracto graso (por triplicado) a un tubo de ensayo con tapón de tapa rosca (10 ml), se añadió 2 ml de n-hexano más 1 ml de solución de KOH metanólica (2,0 M) a las muestras. Luego, se agregó 1,2 ml de HCl (1,0 M), se procedió a agitar en un Vórtex (VWR Analog Vortex Mixer, US) a 6000 rpm por 30 s y se sometió a Baño María (MEMMERT, Alemania) por 2 min a 70 °C. Después de la separación de fases, se añadió 1 ml de n-Hexano (pureza 95%, Sigma Aldrich, USA). La fase superior de la solución que contenía la FAME se transfirió con ayuda de una pipeta Pasteur a un vial ámbar (2 ml) de análisis, y se inyectaron 1,0 µl de solución en el GC-FID.

2.5.Identificación y cuantificación de ácidos grasos por GC-FID

Análisis de FAMES

El análisis de ésteres metílicos de ácidos grasos se realizó utilizando el instrumental cromatográfico de Salimon, Omar, y Salih (2014), con un equipo Agilent Technologies 7890B Series GC System (U.S.A.), acoplado a un detector de ionización de llama (FID) para la separación y cuantificación de las FAMES. Se inyectó 1,0 µl de solución de la muestra, la detección se hizo con el uso de una

columna capilar DB-WAX UI (30 m, D.I. 0.320 x 0.50 μ m; USA). La temperatura del horno se varió desde los 50 °C (2 min) hasta 250 °C (10 min) a 12 °C/min. La temperatura del detector fue 300 °C. El gas de arrastre empleado fue helio (99,995%), a un flujo de 40 cm/s. El inyector Slit (10:1) se mantuvo en 250 °C y el volumen de inyección fue de 1,0 μ l. La identificación de los metil ésteres de los ácidos grasos se realizó por comparación directa de sus tiempos de retención con un patrón FAME (Fatty Acid Methyl Ester Mix Supelco 37 component Cas. N° CRM47885). La cuantificación se realizó por cálculo de la fracción existente en cada muestra en relación a la que contenía el patrón FAME.

Todos los análisis se realizaron por triplicado, teniendo un total de nueve resultados por material de cacao analizado.

2.6. Análisis de datos

Se hizo con el software estadístico InfoStat versión 2019 para WINDOWS versión 10,0 para el contenido de grasa total se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones múltiples de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves). Además, para caracterizar los ecotipos de cacao nativo fino de aroma según su perfil de ácidos grasos, se aplicó el análisis multivariado. A continuación, se realizó un análisis de conglomerados con el método Ward y distancia Euclidia para determinar la formación de grupos y un ANOVA para demostrar la influencia de los perfiles de ácidos grasos en la formación de los grupos. En última instancia, para determinar la correlación del perfil de ácidos grasos de los ecotipos de cacao fino de aroma y su distribución en cada grupo formado, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) y la correlación de Pearson.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación del contenido de materia grasa total o extracto etéreo

La concentración de grasa total de los 30 ecotipos de cacao fino de aroma de la zona nororiental, se determinó con éter de petróleo. El análisis de varianza encontró diferencias significativas ($p < 0,0001$) para el contenido de grasa total en los ecotipos en estudio, la prueba de DGC separó a los ecotipos en 4 grupos estadísticamente diferentes (a, b, c y d) donde, los ecotipos del grupo “a”, presentan el porcentaje más alto de grasa total y los del grupo “d”, reportan el menor porcentaje de grasa total (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de grasa total de ecotipos de cacao nativo fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.

Ecotipos	Grasa Total (%)	Ecotipos	Grasa Total (%)
ACP-1	17,51 ± 3,52 d	ACJ-14	22,38 ± 1,38 c
ABG-4	17,63 ± 1,72 d	ACP-2	22,38 ± 0,39 c
ACJ-12	17,87 ± 0,54 d	ACJ-17	22,54 ± 1,08 c
SMPR-1	18,05 ± 0,57d	ACJ-6	23,03 ± 1,63 c
ACJ-5	19,25 ± 2,99 d	CYY-1	23,47 ± 1,58 c
ABG-3	19,64 ± 1,13 d	ACJ-10	23,75 ± 1,71 c
ABG-2	20,11 ± 1,34 d	ACP-3	24,31 ± 2,54 c
ACJ-3	20,22 ± 0,93 d	ABG-1	24,58 ± 0,70 c
CYY-2	20,22 ± 2,19 d	ACJ-4	25,66 ± 1,32 b
ACJ-15	20,26 ± 1,24 d	ACJ-16	26,23 ± 0,30 b
ACJ-19	20,42 ± 1,16 d	ACJ-18	27,50 ± 1,02 b
ACJ-2	20,56 ± 1,88 d	ACJ-9	27,59 ± 2,23 b
ACJ-7	20,70 ± 1,04 d	ACJ-13	27,74 ± 0,46 b
ACJ-1	20,82 ± 2,33 d	SMJJ-1	30,11 ± 1,58 a
ACJ-8	22,13 ± 0,85 c	ACJ-11	30,87 ± 0,61 a

ACP: Amazonas- Copallín; colección 1, 2 y 3.

ABG: Amazonas- Bagua Grande; colección 1,2, 3 y 4.

ACJ: Amazonas- Cajaruro; colección 1, 2, 3, ..., 19.

CYY: Cajamarca -Yanayacu; colección 1 y 2.

SMPR: San Martín- Pinto Recodo; colección 1.

SMJJ: San Martín- Juanjui; colección 1.

Valores expresados como desviación estándar respecto a la media por cada 100 g de muestra.

Análisis de composición de tres muestras.

Los valores con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes, según prueba DGC ($P < 0,05$).

Los ecotipos ACJ-11 (Amazonas-Cajamaruro) y SMJJ-1 (San Martín-Juanjui) reportaron los porcentajes de contenido de grasa total con $30,87 \pm 0,61\%$ y $30,11 \pm 1,58\%$ respectivamente, diferenciándose significativamente de los ecotipos restantes que presentan menores concentraciones de grasa total. El 46,7 % de los ecotipos evaluados registraron el porcentaje más bajo de grasa total, que varía desde los $17,51 \pm 3,52\%$ (ACP-1) al $20,82 \pm 2,33\%$ (ACJ-1), en este grupo se encuentran ecotipos de las tres regiones evaluadas (Amazonas, San Martín y Cajamarca).

3.2. Perfil de ácidos grasos de ecotipos promisorios de cacao fino de aroma

La caracterización de ecotipos promisorios se definieron a través del análisis de conglomerados, empleando el método de Ward para la construcción del árbol binario y la distancia obtenida a partir de la similitud Euclidiana. Las variables utilizadas fueron: el perfil de concentración de ácidos grasos (ácido Mirístico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido margárico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico y ácido Araquídico).

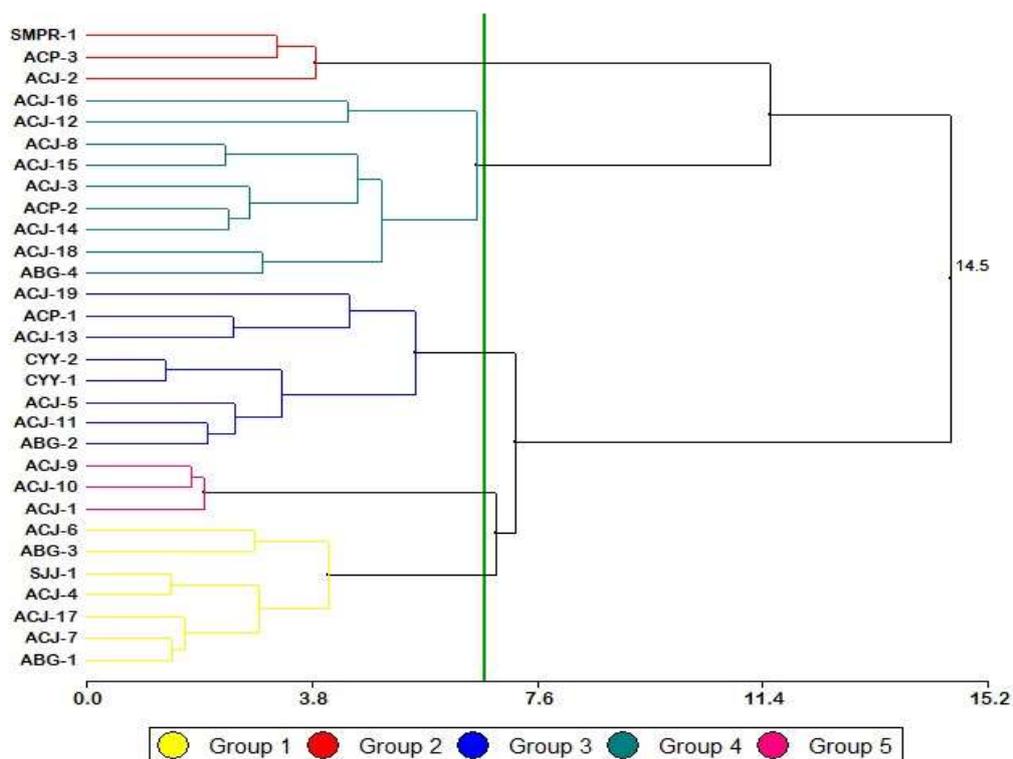


Figura 2. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados con el método Ward (6.67: 5 Grupos) y distancia Euclidiana, para 30 ecotipos de cacao nativo fino de aroma a partir del perfil de ácidos grasos.

El análisis del dendrograma generado con los perfiles de ácidos grasos, permitió identificar cinco grupos de ecotipos de cacao fino de aroma (Figura 2). Un análisis de varianza (ANOVA) demostró que todos los perfiles de ácidos grasos fueron útiles para identificar los grupos funcionales (Tabla 2); el ANOVA indicó diferencias significativas para el ácido mirístico, ácido palmitoleico, ácido palmitoleico, ácido margárico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico, ácido araquídico ($P = <0,0001$; $p = <0,0001$; $p = 0,0146$, $p = <0,0001$; $p = <0,0001$; $p = 0,0001$, $p = 0,0001$, $p = 0,0001$, $p = 0,0001$ respectivamente) y la prueba de DGC encontró diferencias entre grupos.

El grupo 1 está conformado 6 ecotipos procedentes de Amazonas y 1 de San Martín, presentaron concentraciones intermedias de ácido palmítico, margárico y esteárico (28,51%, 0,34% y 40,82 respectivamente) y concentraciones altas de ácido mirístico, palmitoleico, oleico, linoleico, linolénico, y araquídico (0,12%; 0,41%; 40,82%; 20,26%; 1,67%; 9,17% y 1,20% respectivamente).

El grupo 2 está conformado por 2 ecotipos procedentes de Amazonas y 1 de San Martín (ACJ 2, ACP 3 y SPR 1), los cuales presentaron concentraciones intermedias de mirístico, palmitoleico, margárico, linoleico, y araquídico (0,06%; 0,39%; 0,35%; 0,11% y 1,04% respectivamente), concentraciones altas de ácido palmítico, oleico (31,43% y 26,76% respectivamente).

Por su parte, el grupo 3 está conformado por 8 ecotipos, seis son procedentes de Amazonas y dos de Cajamarca, los ecotipos de éste grupo presentaron altas concentraciones de ácido mirístico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico y linolénico (0,13%; 0,42%; 41,77%; 26,36%; 1,92%, 1,23% y 0,15% respectivamente), concentraciones intermedias de ácido margárico y linoleico (0,32% y 1,92% respectivamente) y concentraciones bajas de ácidos palmítico (27,79%).

El grupo 4 alberga la mayor cantidad de ecotipos evaluados (9), todos procedentes de Amazonas, su perfil de ácidos se caracteriza por contener altos porcentajes de ácido esteárico y araquídico (41,93% y 1,29% respectivamente) y porcentajes intermedios de ácidos mirístico, palmítico, palmitoleico, margárico, oleico, linoleico y linolénico (0,03%; 28,49%; 0,39%; 0,36%; 25,72%, 0,11% y respectivamente).

Por último, el grupo 5 está conformado por 3 ecotipos procedentes de Amazonas (ACJ 1, ACJ 9 y ACJ 10), los cuales se diferencian por tener un perfil de ácidos grasos muy particular; altas concentraciones de ácido mirístico, palmitoleico, margárico, esteárico, oleico, linolénico y araquídico (0,11%; 0,43%; 0,50%; 41,65%; 26,82%; 0,15% y 1,24% respectivamente), concentración intermedia de ácido linoleico (1,71%) y bajo contenido de ácido palmítico (27,38%).

Tabla 2. Análisis de varianza del perfil de ácidos grasos por grupos de ecotipos de cacao fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.

Perfil lipídico		Grupos				
		1	2	3	4	5
Mirístico	F=29,89 p=0,0001	0,12 a	0,06 b	0,13 a	0,03 b	0,11 a
Palmítico	F=22,17 p=<0,001	28,51 b	31,43 a	27,69 c	28,49 b	27,38 c
Palmitoleico	F=3,30 p=<0,0146	0,41 a	0,39 b	0,42 a	0,39 b	0,43 a
Margárico	F=17,21 p=0,0001	0,34 b	0,35 b	0,32 b	0,36 b	0,50 a
Esteárico	F= 17,55 p=<0,0001	40,82 b	38,96 c	41,77 a	41,93 a	41,65 a
Oleico	F=8,59 p=0,0001	20,26 a	26,76 a	26,36 a	25,72 b	26,82 a
Linoleico	F=22,38 p=<0,0001	1,67 a	1,73 a	1,92 b	1,65 a	1,71 a
Linolénico	F=8,98 p=<0,0001	0,17 a	0,11 b	0,15 a	0,11 b	0,15 a
Araquídico	F: 10,40 p=0,0001	1,20 a	1,04 b	1,23 a	1,29 a	1,24 a

Para realizar los ANOVA, se tomó los datos originales, por lo que se presenta los valores originales. Letras diferentes indican diferencias significativas, prueba DGC, $\alpha \leq 0.05$.

El Análisis de Componentes Principales (ACP), realizado para el perfil se realizó con las variables del perfil de ácidos grasos de los ecotipos de cacao nativo fino de aroma, explica para los dos primeros ejes el 54,6% de la variabilidad de la muestra (Figura 3). Estos dos primeros componentes, separaron ecotipos de cacao del grupo 2, con alta concentración de ácido palmítico y baja concentración de

ácido esteárico; mientras que los ecotipos pertenecientes al grupo 5 presentan baja concentración de ácido palmítico y linoleico y alto contenido de ácido margárico, ácido mirístico y ácido linoleico.

De igual manera, los ecotipos con altas concentraciones de ácido mirístico, oleico, palmitoleico y concentraciones medias de ácido esteárico pertenecientes al grupo 1 se separaron de los ecotipos del grupo 4 con bajas concentraciones de ácido mirístico, oleico, y linoleico y altas concentraciones de ácido esteárico y araquídico. Además, los ecotipos del grupo heterogéneo (grupo 3) presentan altas concentraciones de ácido oleico, mirístico y linoleico y bajas concentraciones de palmítico y margárico.

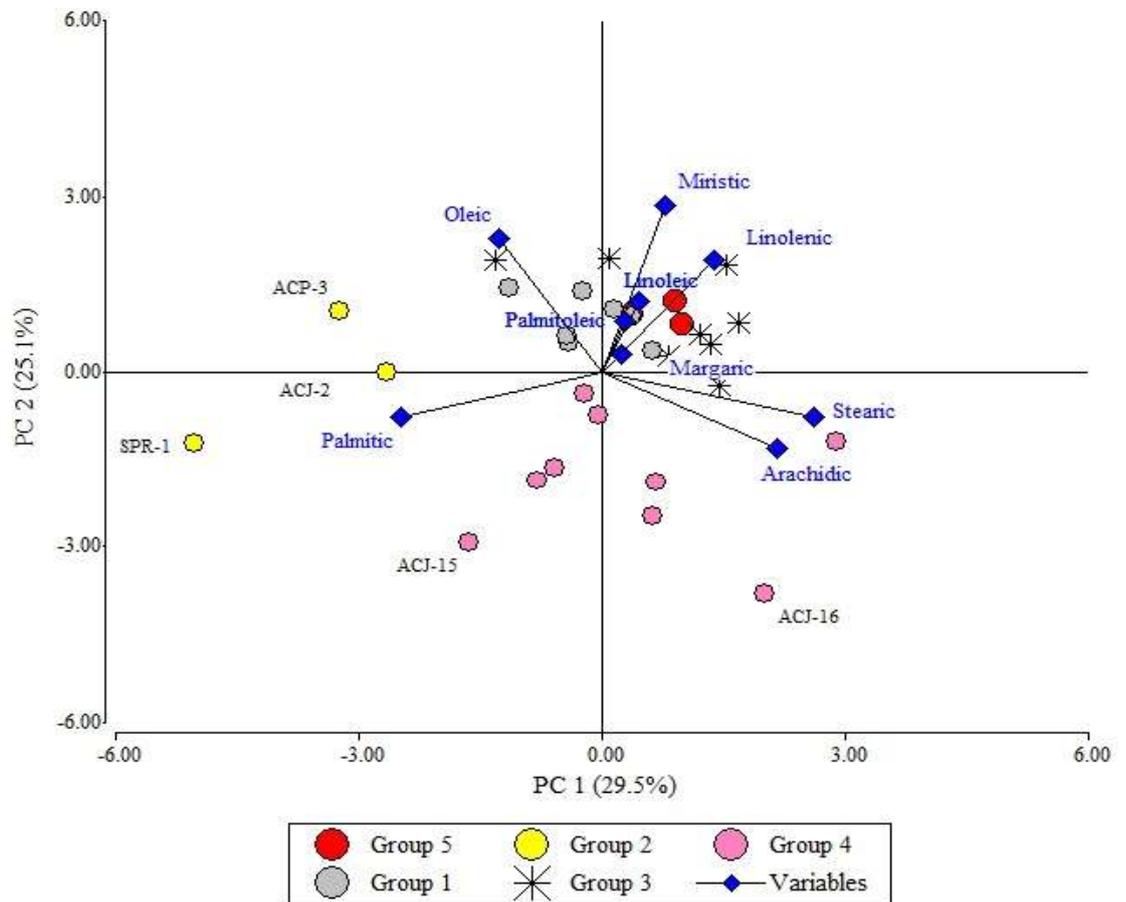


Figura 3. Análisis de componentes principales mostrando los ecotipos de cacao nativo fino de aroma clasificados en grupos, en función a su perfil y concentración de ácidos grasos.

A pesar de las correlaciones positivas y negativas establecidas por ACP, el coeficiente de Pearson sugiere la existencia de una correlación inversa entre los

ácidos mirístico, esteárico, linolénico y araquídico con el ácido esteárico. Por el contrario, se encontró una correlación positiva entre el ácido mirístico y el ácido oleico, linoleico y linolénico; así como con los ácidos araquídico y esteárico (ver Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de Correlación de Pearson entre el perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos de cacao nativo fino de aroma de Amazonas, Cajamarca y San Martín.

	Mir.	Palm.	Palml.	Marg.	Est.	Ole.	Lin.	Linol.	Araq.
Mirístico	1	-0,42*	0,11	0,12	1,50E-04	0,49*	0,46*	0,66*	-0,15
Palmítico	0,0217*	1	-0,13	-0,12	-0,76*	0,02	-0,15	-0,39*	-0,52*
Palmitoleico	0,5518	0,4975	1	0,1	1,10E-04	0,16	-0,03	0,17	3,50E-03
Margárico	0,5362	0,5227	0,6006	1	0,11	0,05	-0,19	-4,90E-03	-0,06
Esteárico	0,9994	<0,0001	0,9996	0,5714	1	-0,58*	0,07	0,24	0,6
Oleico	0,0057	0,9232	0,4024	0,7868	0,0007	1	-0,04	0,14	-0,54
Linoleico	0,0113	0,4384	0,8865	0,3271	0,7163	0,8369	1	0,1	-0,13
Linolénico	0,0001	0,0344	0,3782	0,9796	0,1925	0,4498	0,6122	1	0,13
Araquídico	0,439	0,0031	0,9855	0,7354	0,0004	0,0022	0,5013	0,4948	1

Mir.:Mirístico; Palm.: Palmítico; Palml.: Palmitoleico; Marg.: Margárico; Est.: Esteárico; Ole.: Oleico; Lin.:Linoleico; Linol.: Linolénico; Araq.: Araquídico.

n=90, Por encima de la diagonal están los coeficientes de Pearson (en negrita los coeficientes significativos con $p < 0.05$); por debajo de la diagonal, la significación estadística.

*Correlaciones significativas.

Por lo tanto, con base al perfil de ácidos grasos de los 30 ecotipos de cacao nativo de la zona nor oriental del Perú, se identificaron 5 grupos claramente diferenciados (ver figura 2). Los ecotipos del grupo uno, originarios de Amazonas y Cajamarca, se caracterizaron por altas concentraciones de ácido mirístico (0,12%), oleico (26,67%), palmitoleico (0,41%); y una concentración media de ácido esteárico (40,82%). El grupo dos, estuvo compuesto por ecotipos de Amazonas y San Martín, se considera un grupo bastante homogéneo. Éste grupo se caracterizó por una alta concentración de ácido palmítico (31,43%) y una baja concentración de ácido esteárico (38,46%).

A diferencia del grupo anterior, el grupo tres es visiblemente heterogéneo, éste estuvo conformado por ecotipos de las regiones de Amazonas y Cajamarca; se caracterizó por una alta concentración de ácido oleico (26,36%), mirístico (0,13%)

y linolénico (0,15%) y una baja concentración de ácido palmítico (27,69%) y margárico (0,32%). El grupo cuatro, está estuvo conformado por ecotipos procedentes únicamente de Amazonas y se caracterizaron por su baja concentración de ácido mirístico (0,03%), oleico (25,72%) y linoleico (0,11%) y la alta concentración de ácido esteárico (41,77%) y araquídico (1,29%). Por último, el grupo cinco, se caracterizó por su baja concentración de ácido palmítico (27,38%) y linoleico (1,71%) y su alta concentración de los ácidos margárico (0,5%), mirístico (0,11%) y ácido linolénico (0,15%).

IV. DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas del contenido de grasa total ($17,51 \pm 3,52$ % al $30,87 \pm 0,61$ %) de los ecotipos de cacao nativo fino de aroma evaluados; como se muestra en la tabla 1. Los resultados más altos reportados en esta investigación, se aproxima a lo encontrado por Mustiga y otros (2019), quienes en su estudio muestran resultados de grasa variables (32,2 % a 70,7 %) entre ecotipos de cacao evaluados. Estos reportes permitieron visibilizar el bajo contenido de grasa total que presentaron los ecotipos de cacao fino de aroma de las regiones Amazonas, San Martín y Cajamarca ubicadas geográficamente en la zona nororiental del Perú.

Investigaciones como las de Mustiga y otros (2019), refiere que las variaciones en la composición de la grasa de los granos de cacao se deben a factores ambientales y genéticos. Mientras que, para Riaño y otros (2016), en su investigación contenido de grasa total, perfil de ácidos grasos y triglicéridos provenientes de cacaos fino de aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela; una determinante de las diferencias de contenido de grasa total es el origen geográfico y en efecto del perfil de los ácidos grasos de las semillas de cacao.

La caracterización de los ecotipos según su perfil de ácidos grasos, permitió distinguir claramente cinco grupos. Estos grupos se determinaron teniendo en cuenta factores como perfil de los ácidos grasos y el origen geográfico de cada muestra. El juicio mencionado se hizo teniendo en cuenta los estudios de Torres-Moreno y otros (2015) y Riaño y otros (2016), quienes afirman que el origen geográfico influye considerablemente en la proporción de los principales ácidos grasos presentes en las semillas de cacao; tanto en los ácidos grasos saturados; palmítico (> 25%), esteárico (> 33%) e insaturados, oleico C18:1 (> 34%) y linoleico C18:2 (> 0,8). En general, el ácido palmítico (C16:0) y el ácido linoleico (C18:2) destacaron como diferenciadores de origen.

Los ácidos grasos de los alimentos son fuente de energía para los humanos; sin embargo, ciertos tipos de ácidos grasos tienen implicancias en la salud (Beynen, y otros, 1989; Wood y Chow, 1992). No obstante, Hu, y otros (1999), informan que tres de los cuatro ácidos grasos saturados ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0) y ácido esteárico (C18:0),

predominantes en la dieta humana se encuentran en la manteca del cacao. Por lo tanto, puede afirmarse que los ecotipos de cacao fino de aroma del nor oriente peruano contienen componentes lipídicos con beneficios para la salud humana debido a sus altas concentraciones de ácido esteárico (37 - 41%), mirístico (0,103 - 0,146 %), palmítico (26 - 31 %) y araquídico (1 - 1,4 %); ácidos grasos que no elevan los niveles de colesterol en la sangre del consumidor (Martínez y otros, 2008). Además, Berg y otros (2002) complementan que, si la proporción de los ácidos grasos ácidos palmítico y esteárico es alta, las grasas son duras. Mientras que, si el contenido de ácido graso insaturado (oleico) incrementa, las grasas de cacao suelen ser suaves, pues se funde a los 16 °C (McHenry y Fritz, 1987). En consecuencia, los ácidos grasos de cacao fino de aroma evaluados en su mayoría son grasas duras.

En cuanto a la correlación negativa entre el ácido palmítico y el esteárico, en menor medida, con el ácido araquídico, permite afirmar la improbabilidad de encontrar altas concentraciones de los dos ácidos grasos saturados en una muestra de cacao nativo fino de aroma evaluados. Mustiga y otros (2019), informaron resultados similares, demostrando que las progenies evaluadas presentan una amplia variación en la concentración de la grasa, la composición y que la concentración de ácido palmítico está inversamente correlacionada con la suma de ácido esteárico, ácido oleico y ácido linoleico. Además, los ecotipos del grupo uno tiene mayores concentraciones de ácidos grasos mono-insaturados y poliinsaturados. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Padilla y otros (2000), quienes reportaron mayor presencia de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) en comparación con los ácidos grasos insaturados.

En la actualidad, uno de los principales retos a los que se enfrenta la industria alimentaria es encontrar alternativas con menor contenido de grasas saturadas para los chocolates tradicionales (Moron y otros, 2015). Por lo tanto, los ecotipos del grupo 3 podrían constituir una alternativa más saludable debido a su perfil de ácidos grasos (mayor concentración de ácidos grasos mono y poliinsaturados y menor concentración de ácidos grasos saturados). Esto ayudaría a evitar el uso de sustitutos en el proceso de producción de chocolate. Además, se sabe que la ingesta humana de ácidos grasos monos insaturados (ácido graso oleico (C 18:1)), supone aproximadamente entre el 8 y el 15% de la ingesta de energía; mientras

que la contribución energética del ácido linoleico es aproximadamente entre el 7 y el 8% (Llor, 2003).

Además, estudios indican que los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico predominan la composición de la manteca de cacao (Codini y otros, 2004; Kadivar, y otros 2016; Rigolle, y otros 2016). En los grupos uno y dos hubo una notoria presencia de ácido palmítico 28,51% y 31,43%, respectivamente. Dado que ambos grupos acogieron muestras procedentes de San Martín, puede afirmarse que el lugar de origen puede influir en la presencia de ácidos grasos saturados. Además, como afirman Kadivar y otros (2016), la proporción de ácidos grasos saturados desempeña un papel fundamental en la dureza de la manteca de cacao. Sin embargo, Reyes y Capriles (2000), argumentan que las semillas que maduraron en un clima más cálido tienen grasa más dura.

V. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los ecotipos procedentes de las regiones de Amazonas, Cajamarca y San Martín, en Perú; son bajos en contenido de grasa total. En cuanto a la caracterización del perfil de los ácidos grasos de ecotipos de cacao fino de aroma, se diferenciaron notoriamente cinco grupos. Por lo tanto, los ecotipos del grupo dos informaron de los niveles más altos de ácido graso saturados palmítico y niveles bajos de esteárico.

Por otra parte, los ecotipos del grupo tres, al considerar la proporción de ácidos grasos saturados/insaturados, se encontraron que este grupo, parece tener un perfil de ácidos grasos más saludables, ya que contienen en mayor porcentaje ácidos grasos insaturados. Sin embargo, los grupos uno, cuatro y cinco son bastante heterogéneos. Cabe resaltar que, el lugar de origen jugó un papel muy importante en la descripción del perfil de ácidos grasos de cada ecotipo evaluado; tal es caso de, los ecotipos de San Martín presentaron mayor concentración de ácido palmítico.

VI. RECOMENDACIÓN

Amazonas, Cajamarca y San Martín, son regiones con gran potencial de cacao fino de aroma bajo en grasas; por lo que la Industria Chocolatera Exclusiva, debería usar este tipo de cacaos para la elaboración de chocolates bajos en calorías, ideales para personas de mediana edad o mayores que tienen riesgo de contraer enfermedades metabólicas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abt, E.; Fong Sam, J.; Gray, P. et al. (2018). Cadmium and lead in cocoa powder and chocolate products in the US Market. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 11(2), 92–102.
- Alvarez, C.; E. Pérez, E. Cros, M. Lares, F. Davrieux and S. Assemat. (2012). NIRS determination of fat, caffeine, theobromine, (-) epicatechin, and procyanidin contents of Criollo cocoa nonfermented-sundried. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 20 (2): 307-315.
- AOAC International (1990b). Fatty acids in oils and fats, preparation of methyl esters. AOAC official method 969.33. In *Official methods of analysis*. Arlington, VA: AOAC International.
- Aprotosoai, A. C.; Luca, S. V.; Miron, A. (2016). Flavor chemistry of cocoa and cocoa products– an overview. *Comprehensive Reviews in Food science and Food Safety*, 15 (1), 73-91.
- Barbosa-Pereira, L.; Rojo-Poveda, O.; Ferrocino, I.; et al. (2019). Assessment of volatile fingerprint by HS-SPME/GC-qMS and E-nose for the classification of cocoa bean shells using chemometrics. *Food Research International*.
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L. and Stryer, L. (2002). *Biochemistry*. New York: W.H. Freeman.
- Bartley, B. G. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. Wallingford: Cabi Publ. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=I40iGVJD64C&oi=fnd&pg=PR7&ots=M7L4P1nW_Z&sig=t2SZR16rB5eM1t9RoggTce_bv8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Bertoldi, D.; Barbero, A.; Camin, F.; et al. (2016). Multielemental fingerprinting and geographic traceability of *Theobroma cacao* beans and cocoa products. *Food Control*, 65, 46–53.
- Beynen, A. C; Katan, M. B; Vergroesen, A. J.; Crawford, M. (1989). *The role of fats in human nutrition*. London: Academic Press.

- Biswas, N.; Cheow, Y. L.; Tan, C. P.; Siow, L. F. (2018). Physicochemical Properties of Enzymatically Produced Palm-Oil-Based Cocoa Butter Substitute (CBS) With Cocoa Butter Mixture. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(3), 1700205.
- Brondz, I. (2002). Development of fatty acid analysis by high-performance liquid chromatography, gas chromatography, and related techniques. *Analytica Chimica Acta*, 465(1-2), 1-37.
- Całkosiński Aleksander, Kostrzevska Paulina, Majewski Maciej, et al. (2019). Impact of cocoa on the human health. *Journal of Education, Health and Sport*. 9 (5):145-154.
- Codini, M., Díaz, F., Ghirardi, M., y Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. *Invenio*, 143-148.
- García-Carrión, L. (2010). Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú. Lima, Perú. Recuperado el 2020, de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/catalogo_cultivares_cacao.pdf
- González, F., Ortiz, L., Graziani, L., y Monteverde, E. (1999). Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Facultad de Agronomía*, 25, 159-171.
- Gonzalez-Garrido, J.A.; Garcia-Sanchez, J.R.; Garrido-Llanos, S.; Olivares-Corichi, I.M. (2017). An association of cocoa consumption with improved physical fitness and decreased muscle damage and oxidative stress in athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 57, 441–447
- Hall, J., Aebischer, D., Tomlinson, H., Oesei-Amaning, E., y Hindle, J. (1996). *Vitellaria paradoxa*. School of Agricultural and Forest Sciences Publication. (U. o. Wales, Ed.) *School of Agricultural and Forest Sciences Publication*, 1-105.
- Hipólito-Romero, E.; Carcaño-Montiel, M. G.; Ramos-Prado, J. M.; et al. (2017). Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un

sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 356–365.

Ho, V., Zhao, J., y Fleet, G. (2015). The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 205, 54-57. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.031>

Hu, F., Stampfer, M., Manson, J., Ascherio, A., Colditz, G., Speizer, F., . . . Willett, W. (1999). Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *Am J Clin Nutr*, 70(6), 1001- 1008. doi:10.1093 / ajcn / 70.6.1001

Ibric, C. (2014). Phenolic compounds and antioxidant activity of cocoa and chocolate products. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 42, 37-40. Obtenido de Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina.

Internacional Cocoa Organization. (13 de Setiembre de 2019). *Fine or Flavour Cocoa*. Recuperado el 01 de Junio de 2019, de <https://www.icco.org/about-cocoa/fine-or-flavour-cocoa.html>

Kadivar, S.; De Clercq, N.; Mokbul, M.; Dewettinck, K. (2016). Influence of enzymatically produced sunflower oil based cocoa butter equivalents on the phase behavior of cocoa butter and quality of dark chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 48–55

Krähmer, A., Engel, A., Kadow, D., Ali, N., Umaharan, P., Kroh, L., y Schulz, H. (2015). Fast and neat — Determination of biochemical quality parameters in cocoa using near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 181, 152-0159. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.084>

Latif, R. (2013). Health benefits of cocoa. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 669-674.

Lehotay, S., y Hajšlová, J. (2002). Application of gas chromatography in food analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(9-10), 686-697.

- Liendo, R., Padilla, F., y Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Research International*, 30(9), 727-731. doi:10.1016/s0963-9969(98)00025-8
- Lipp, M., y Anklam, E. (1998). Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate- Part A. Compositional data. *Food Chemistry*, 62, 73-79.
- Loma L. (2018). New studies show dark chocolate consumption reduces stress and inflammation, while improving memory, immunity and mood. Disponible en: <https://news.llu.edu/forjournalists/press-releases/new-studies-show-dark-chocolate-consumption-reduces-stress-andinflammation-while-improving-memory-immunity-and-mood>
- Manual de productos básicos. (1981). En C. d. UNCTAD/GATT, *Cacao fino de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial* (pág. 60). Ginebra.
- Magrone, T.; Russo, M.A.; Jirillo, E. (2017). Cocoa and Dark Chocolate Polyphenols: From Biology to Clinical Applications. *Front. Immunol.* 8, 677.
- Marika, M., Scoditti, E., Carluccio; y otros (2019). Effect of Cocoa Products and Its Polyphenolic Constituents on Exercise Performance and Exercise-Induced Muscle Damage and Inflammation: A Review of Clinical Trials. *Nutrients*, 11(7), 1471.
- Martínez C.; Iliana A.; Fonseca; y otros (2008). *Diagnóstico sobre la situación actual del cacao (Theobroma cacao L.) y perspectivas sobre la producción de cacao fino de aroma en Honduras* (Tesis de pregrado). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. Honduras.
- Melo; Calionara W. B.; Bandeira; y otros (2020). Chemical composition and fatty acids profile of chocolates produced with different cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivars. *Food Science and Technology*, 40(2), 326-333.
- Montoya, J. (2003). *Estudio e la formación de bloom en el chocolate mediante técnicas de Difracción de Rayos X* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Química, Colombia.

- Morón, L.; Caro, Y.; González, F. E.; y otros (2015). Obtención de un sustituto de Chocolate tipo pasta usando pulpa de Carao (*Cassia fistula* L.). *Información Tecnológica*. 26(6), 39-45.
- Mustiga, GM; Morrissey, J.; Stack, JC; y otros (2019). Identificación de factores climáticos y genéticos que controlan el contenido de grasa y la composición de ácidos grasos de *Theobroma cacao* L. *Beans. Frontiers in plant science*, 10, 1159.
- Naeem, A.; Shabbir, M. A.; Khan, M. R.; Ahmad, N.; Roberts, T. H. (2019). Mango Seed Kernel Fat as a Cocoa Butter Substitute Suitable for the Tropics. *Journal of Food Science*.
- Negro, E.; Williner, M. R. (2019). Calidad nutricional y origen de los ácidos grasos en chocolates y baños de repostería producidos en Argentina. Cumplimiento de la legislación. *Nutr. clín. diet. hosp.*; 39(3):129-137
- Official Methods of Analysis A.O.A.C. (1990). U.S.A.
- Perez- Jimenez, F., Ros, E., Solá , R., Godás , G., Perez-Heras, A., Serra , M., . . . Pintó, X. (2006). Consejos para ayudar a controlar el colesterol. *Clin Invest Arterioscl*, 104-110.
- Powell , D. (1981). Calidad de las almendras de cacao. Necesidades del fabricante. *El cacaotero colombiano*, 20, 24- 31.
- Prabhakaran Nair, K. (2010). Cocoa (*Theobroma cacao* L.). In The agronomy and economy of important tree crops of the developing world. *Elsevier Inc.*, 131- 180.
- Riaño, H., Chica, M., Echeverri, G., Aguirre, M., Ortiz, A., Pineda, S., y Olarte, N. (2016). Contenido de grasa total, perfil de ácidos grasos y triglicéridos provenientes de cacaos finos de aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela. *Vitae*, 23. Recuperado el 07 de setiembre de 2018, de <https://search.proquest.com/openview/20e7a587ad043abc7355d4075a5de548/1?pq-origsite=gscholar&cbl=180635>

- Ríos, F., Rehpani, C., Ruiz , A., y Lecaro, J. (2017). Estrategias país para las ofertas de cacao especiales: políticas e iniciativas privadas exitosas en Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana. Bogotá.
- Rodríguez, P.; E. Pérez and R. Guzmán. (2009). Effect of the types and concentrations of alkali on the color of cocoa liquor. *Journal of Science of Food and Agriculture* 89 (7): 1186-1194
- Salimon, J., Omar, T., & Salih, N. (2014). Comparison of two derivatization methods for the analysis of fatty acids and trans fatty acids in bakery products using gas chromatography. *The Scientific World Journal*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1155/2014/906407>
- Santos, A. (1950). *Bioquímica de los Lípidos*. Madrid, España: Aguilar de ediciones.
- Sukla, V. (2006). Cocoa butter, cocoa butter equivalents, and cocoa butter substitutes, en Akoh CC. En *Handbook of Fuctional Lipids* (págs. 279-307). Boca Raton: CRC Press.
- Torres-Moreno, M., Torrescana, E., Salas-Salvadó, J., y Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry*, 166, 125-132. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.141>
- Watanabe S. (2002): Image of chocolate differs on cultures and psychological situation. In: The various effects of chocolate & cocoa. Proceedings of the International Symposium of Chocolate & Cocoa Nutrition (in Japanese), Tokyo: Chocolate & Cocoa Association of Japan, p. 112- 116
- Whitefield, R. (2005). Making chocolates in the factory. *Kenedy's Publications Ltd*. London.
- Wood, A., y Lass , R. (1985). Cocoa. En H. Burnt-Mill (Ed.). London UK.: Longman-Group-Ltd.
- Wood, R.; Chow, C. K. (1992). En Fatty acid in foods and their head implications (pág. 663). New York: Marcell Dekker.

ANEXOS

Tabla 4. Georreferenciación de puntos de muestreo de ecotipos de cacao fino de aroma de Amazonas, Cajamarca y San Martín.

ECOTIPO	CÓDIGO	REGIÓN	GEOREFERENCIACIÓN
Cajaruro 1	ACJ-1	Amazonas	157 UTM 9368822 17M 788563 MSNM 740
Cajaruro 2	ACJ-2		267 UTM 9368950 17M 793950 721
Cajaruro 3	ACJ-3		269 UTM 9366210 17M 793934 MSNM 727
Cajaruro 4	ACJ-4		275 UTM 9366173 17M 793925 MSNM 726
Cajaruro 5	ACJ-5		234 UTM 9366213 17M 793900 MSNM 688
Cajaruro 6	ACJ-6		265 UTM 9367112 17M 793591 MSNM 843
Cajaruro 7	ACJ-7		294 UTM 9369685 17M 787302 MSNM 766
Cajaruro 8	ACJ-8		255 UTM 9366982 17M 793670 MSNM 739
Cajaruro 9	ACJ-9		307 UTM 9369438 17M 794708 MSNM 1982
Cajaruro 10	ACJ-10		248 UTM 9370149 17M 786939 MSNM 795
Cajaruro 11	ACJ-11		UTM 9369168 17M 787894 MSNM 754
Cajaruro 12	ACJ-12		UTM 9368399 17M 788555 MSNM 703
Cajaruro 13	ACJ-13		UTM 9369993 17M 786945 MSNM 761
Cajaruro 14	ACJ-14		UTM 93666665 17M 794453 MSN 727
Cajaruro 15	ACJ-15		UTM 9366705 17M 794478 MSN 737
Cajaruro 16	ACJ-16		UTM 9366705 17M 794478 MSN 737
Cajaruro 17	ACJ-17		UTM 9364147 17M 792308 MSNM 666
Cajaruro 18	ACJ-18		UTM 9364181 17M 792346 MSNM 667
Cajaruro 19	ACJ-19		UTM 9364233 17M 792347 MSNM 665
Bagua Grande 1	ABG-1		UTM 9361358 17M 770538 MSNM 629
Bagua Grande 2	ABG-2		UTM 9359963 17M 773015 MSNM 583
Bagua Grande 3	ABG-3		UTM 9359809 17M 772833 MSN 597
Bagua Grande 4	ABG-4		UTM 9367500 17M 779114 MSNM 432
Copallín1	ACP-1		UTM 9371077 17M 786427 MSNM 803
Copallín2	ACP-2		UTM 9364133 17M 792251 MSNM 665
Copallín3	ACP-3		UTM 9362827 17M 798067 MSNM 793
Yanayacu 1	CYY-1	Cajamarca	UTM 9372029 17M 746584 MSNM 826
Yanayacu 2	CYY-2		UTM 9371966 17M 746600 MSNM 669
Juanjui 1	SMJJ-1	San	UTM S 8436099 17M 445999 MSNM 349
PintoRecodo 1	SMPR-1	Martín	UTM 8437243 17M 419017 MSNM 795

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos promisorios de cacao fino de aroma de las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín.

Muestra	C 14:0 Mirístico	C16:0 Palmítico	C16:1n-9 Palmitoleico	C 17:0 Margárico	C18:0 Estearico	C18:1n-9 Oleico	C 18:2n-6 Linoleico	C 18:3n-3 Linolénico	C20:0 Araquídico
ACJ-1	0,129	27,611	0,445	0,522	41,211	27,023	1,606	0,185	1,267
ACJ-1	0,133	27,569	0,441	0,521	41,291	26,981	1,620	0,173	1,271
ACJ-1	0,095	27,432	0,420	0,512	41,621	26,839	1,609	0,165	1,307
ACJ-2	0,098	37,798	0,486	0,480	40,954	25,415	1,933	0,145	0,428
ACJ-2	0,086	28,963	0,354	0,359	40,504	26,397	1,644	0,179	1,298
ACJ-2	0,000	29,300	0,367	0,365	40,417	26,470	1,667	0,141	1,272
ACJ-3	0,113	28,182	0,344	0,441	41,894	26,132	1,517	0,132	1,246
ACJ-3	0,117	28,407	0,357	0,428	41,658	26,147	1,529	0,122	1,235
ACJ-3	0,103	28,791	0,366	0,418	41,249	26,196	1,556	0,108	1,213
ACJ-4	0,114	27,382	0,377	0,287	41,898	26,722	1,602	0,163	1,257
ACJ-4	0,119	27,586	0,379	0,301	41,810	26,788	1,604	0,155	1,258
ACJ-4	0,114	27,532	0,379	0,289	41,705	26,766	1,613	0,164	1,237
ACJ-5	0,123	27,291	0,481	0,322	42,464	25,744	1,897	0,178	1,281
ACJ-5	0,120	27,624	0,478	0,319	42,123	25,801	1,897	0,156	1,270
ACJ-5	0,126	27,714	0,482	0,317	42,099	25,924	1,930	0,147	1,261
ACJ-6	0,115	28,616	0,414	0,382	40,088	27,329	1,482	0,191	1,199
ACJ-6	0,105	28,919	0,419	0,372	39,717	27,416	1,498	0,178	1,191
ACJ-6	0,120	29,010	0,414	0,470	39,484	27,646	1,507	0,172	1,176
ACJ-7	0,124	28,265	0,426	0,359	41,070	26,705	1,773	0,161	1,118
ACJ-7	0,121	28,312	0,417	0,351	41,027	26,693	1,782	0,173	1,124
ACJ-7	0,130	28,095	0,413	0,361	41,290	26,636	1,781	0,152	1,142

Muestra	C 14:0	C16:0	C16:1	C 17:0	C18:0	C18:1	C 18:2	C 18:3	C20:0
	Mirístico	Palmítico	Palmitoleico	Margárico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolénico	Araquídico
ACJ-8	0,098	29,190	0,363	0,296	41,185	25,749	1,788	0,119	1,212
ACJ-8	0,000	29,213	0,375	0,306	41,261	25,729	1,776	0,122	1,218
ACJ-9	0,123	27,730	0,425	0,499	41,567	26,561	1,756	0,161	1,179
ACJ-9	0,115	27,128	0,428	0,524	42,424	26,239	1,788	0,165	1,188
ACJ-9	0,101	27,162	0,426	0,542	42,503	26,163	1,769	0,122	1,212
ACJ-10	0,106	27,216	0,393	0,428	41,784	26,985	1,773	0,110	1,206
ACJ-10	0,112	27,389	0,434	0,470	41,198	27,276	1,773	0,116	1,234
ACJ-10	0,101	27,191	0,417	0,499	41,273	27,345	1,728	0,171	1,274
ACJ-11	0,112	27,006	0,416	0,396	42,647	26,327	1,752	0,160	1,183
ACJ-11	0,107	26,960	0,436	0,361	42,699	26,346	1,776	0,130	1,185
ACJ-11	0,117	26,996	0,419	0,369	42,610	26,361	1,770	0,152	1,206
ACJ-12	0,094	26,776	0,347	0,260	43,312	25,606	1,680	0,231	1,459
ACJ-12	0,000	27,287	0,370	0,269	43,088	25,691	1,703	0,149	1,443
ACJ-12	0,093	27,064	0,369	0,282	42,888	25,715	1,703	0,230	1,424
ACJ-13	0,135	27,681	0,428	0,367	42,026	26,227	1,793	0,182	1,163
ACJ-13	0,106	26,233	0,365	0,281	43,133	26,794	1,927	0,124	1,038
ACJ-13	0,116	26,290	0,478	0,279	40,459	29,181	2,011	0,106	1,081
ABG-1	0,107	28,317	0,399	0,312	41,779	26,011	1,707	0,182	1,188
ABG-1	0,109	28,035	0,447	0,275	41,052	27,128	1,688	0,226	1,039
ABG-1	0,112	28,449	0,400	0,310	41,648	26,022	1,704	0,174	1,180
CYY-1	0,095	27,775	0,401	0,239	42,367	25,751	1,924	0,148	1,300
CYY-1	0,094	27,748	0,413	0,252	42,333	25,778	1,951	0,146	1,286

Muestra	C 14:0	C16:0	C16:1	C 17:0	C18:0	C18:1	C 18:2	C 18:3	C20:0
	Mirístico	Palmítico	Palmitoleico	Margárico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolénico	Araquídico
CYY-2	0,137	28,207	0,401	0,260	41,531	26,160	1,849	0,143	1,312
CYY-2	0,128	28,350	0,409	0,259	41,443	26,166	1,843	0,111	1,291
CYY-2	0,124	28,009	0,411	0,251	41,681	26,161	1,876	0,177	1,309
ABG-2	0,136	28,206	0,432	0,377	41,724	25,804	1,863	0,159	1,297
ABG-2	0,125	28,142	0,413	0,362	41,753	25,875	1,853	0,162	1,316
ABG-2	0,118	28,178	0,422	0,387	41,680	25,871	1,858	0,184	1,303
ABG-3	0,112	29,642	0,447	0,398	39,949	26,093	1,714	0,175	1,271
ABG-3	0,121	29,686	0,432	0,396	39,932	26,072	1,718	0,157	1,274
ABG-3	0,115	29,742	0,442	0,392	39,864	26,099	1,709	0,164	1,271
ACJ-14	0,000	27,301	0,383	0,389	42,758	26,181	1,630	0,050	1,307
ACJ-14	0,111	27,447	0,391	0,410	42,273	26,310	1,645	0,115	1,298
ACJ-14	0,000	27,381	0,396	0,400	42,558	26,248	1,623	0,069	1,326
ACJ-15	0,000	29,887	0,378	0,338	40,683	25,604	1,784	0,070	1,256
ACJ-15	0,000	30,213	0,372	0,328	40,519	25,546	1,773	0,000	1,249
ACJ-15	0,000	30,158	0,383	0,342	40,329	25,667	1,781	0,070	1,270
ACJ-16	0,000	27,859	0,326	0,428	46,138	22,061	1,607	0,176	1,405
ACJ-16	0,000	28,702	0,363	0,392	42,117	25,221	1,825	0,095	1,285
ACJ-16	0,000	28,069	0,376	0,406	43,273	24,728	1,792	0,074	1,283
ACP-1	0,146	28,768	0,388	0,271	40,130	27,166	1,926	0,076	1,128
ACP-1	0,133	28,495	0,376	0,291	39,966	27,455	1,942	0,207	1,136
ACP-1	0,167	28,841	0,421	0,296	39,737	27,299	1,994	0,109	1,135
ACP-2	0,096	28,171	0,423	0,436	41,486	26,364	1,687	0,150	1,188

Muestra	C 14:0	C16:0	C16:1	C 17:0	C18:0	C18:1	C 18:2	C 18:3	C20:0
	Mirístico	Palmítico	Palmitoleico	Margárico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolénico	Araquídico
ACP-2	0,000	28,393	0,416	0,421	41,614	26,163	1,685	0,077	1,233
ACJ-17	0,116	28,432	0,384	0,322	41,161	26,396	1,784	0,181	1,224
ACJ-17	0,119	28,365	0,391	0,324	41,148	26,431	1,792	0,210	1,219
ACJ-17	0,119	28,481	0,393	0,329	41,064	26,414	1,793	0,185	1,222
ACJ-18	0,000	28,112	0,434	0,366	42,377	25,855	1,391	0,195	1,270
ACJ-18	0,000	28,087	0,436	0,356	42,621	25,692	1,386	0,122	1,300
ACJ-18	0,000	28,203	0,418	0,373	42,515	25,716	1,388	0,051	1,336
ACJ-19	0,172	27,270	0,364	0,434	42,052	26,164	2,114	0,179	1,252
ACJ-19	0,183	27,524	0,363	0,438	41,748	26,187	2,152	0,166	1,239
ACJ-19	0,176	27,529	0,374	0,423	41,666	26,282	2,147	0,161	1,241
ABG-4	0,000	29,735	0,463	0,281	40,449	26,043	1,629	0,083	1,318
ABG-4	0,000	29,507	0,458	0,287	40,564	26,098	1,619	0,165	1,302
ABG-4	0,000	29,566	0,464	0,282	40,666	25,985	1,633	0,083	1,321
ACP-3	0,117	29,969	0,372	0,355	38,623	27,585	1,820	0,101	1,059
ACP-3	0,109	29,969	0,368	0,350	38,954	27,315	1,758	0,114	1,064
ACP-3	0,097	31,150	0,371	0,329	38,220	26,916	1,696	0,151	1,068
SJJ-1	0,111	28,596	0,382	0,308	40,474	26,902	1,634	0,173	1,226
SJJ-1	0,112	28,722	0,384	0,296	40,264	26,976	1,643	0,174	1,233
SJJ-1	0,113	28,554	0,373	0,298	40,710	26,735	1,615	0,161	1,244
SPR-1	0,000	31,841	0,389	0,312	37,702	26,924	1,703	0,080	1,048
SPR-1	0,000	31,975	0,387	0,328	37,609	26,892	1,685	0,063	1,061
SPR-1	0,000	31,894	0,396	0,315	37,682	26,924	1,702	0,043	1,043



Figura 4. Muestras de cacao fino de aroma fermentado y seco.



Figura 5. A. Medición de humedad; B. Pesado de la muestra; C. Nibs de cacao; D. Molido de nibs de cacao.



Figura 6. Pesado de nibs de cacao dispuestos en papel filtro.



Figura 7. Disposición de los papeles filtro con muestra a cartuchos de celulosa.



Figura 8. Equipo Soxhlet para la extracción de grasa total.



Figura 9. Grasa total extraída.



Figura 10. Eliminación del solvente de la grasa extraída por evaporación.



Figura 11. Enfriamiento de la muestra en un medio cerrado para su posterior pesado.



Figura 12. Envasado de grasa total extraída en viales ámbar.



Figura 13. Muestras de grasa total extraída de treinta ecotipos de cacao con sus respectivas repeticiones.



Figura 14. Pesado de manteca de cacao en viales para posterior proceso de esterificación.



Figura 15. Viales con muestras de manteca de cacao de distintos ecotipos.



Figura 16. A. Adición de reactivos; B. Homogenizado de la disolución.



Figura 17. Baño María a disoluciones como parte del proceso de esterificación de los ácidos grasos.

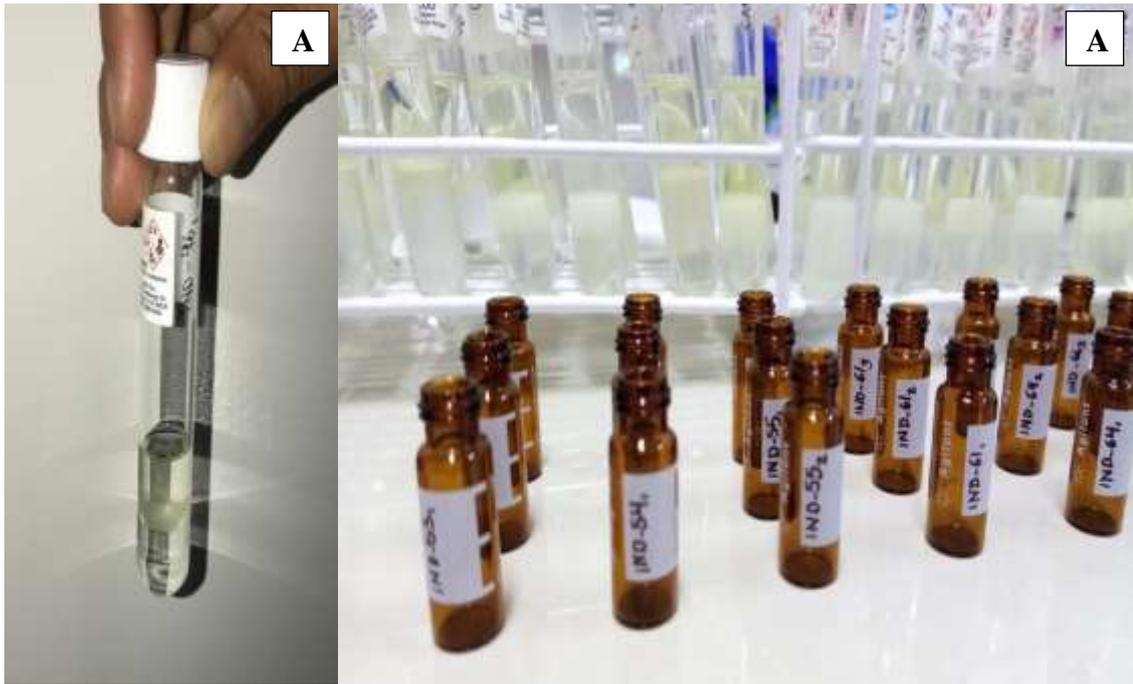


Figura 18. A. Separación de fases de la disolución; B. Recuperación de los FAMES.



Figura 19. Cromatógrafo de Gases. Programación del método de identificación de ácidos grasos en la muestra.

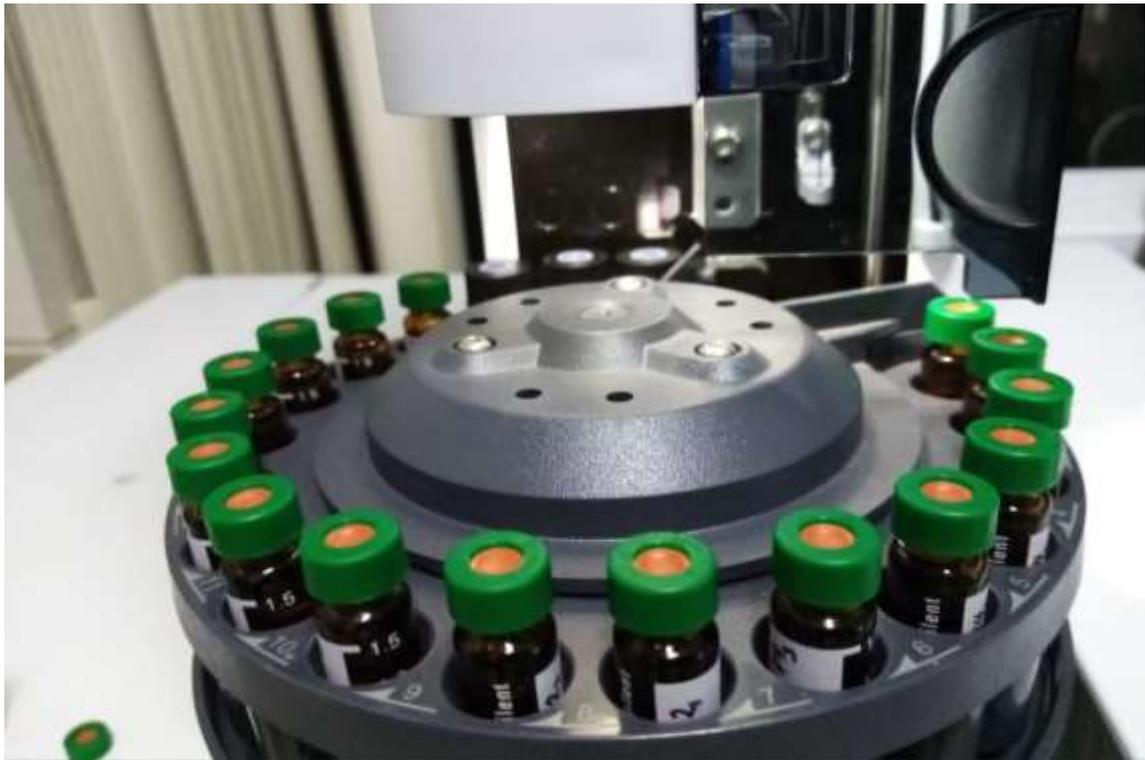


Figura 20. Ubicación de muestras en carrucel Dectector de Ionización de Flama (FID).

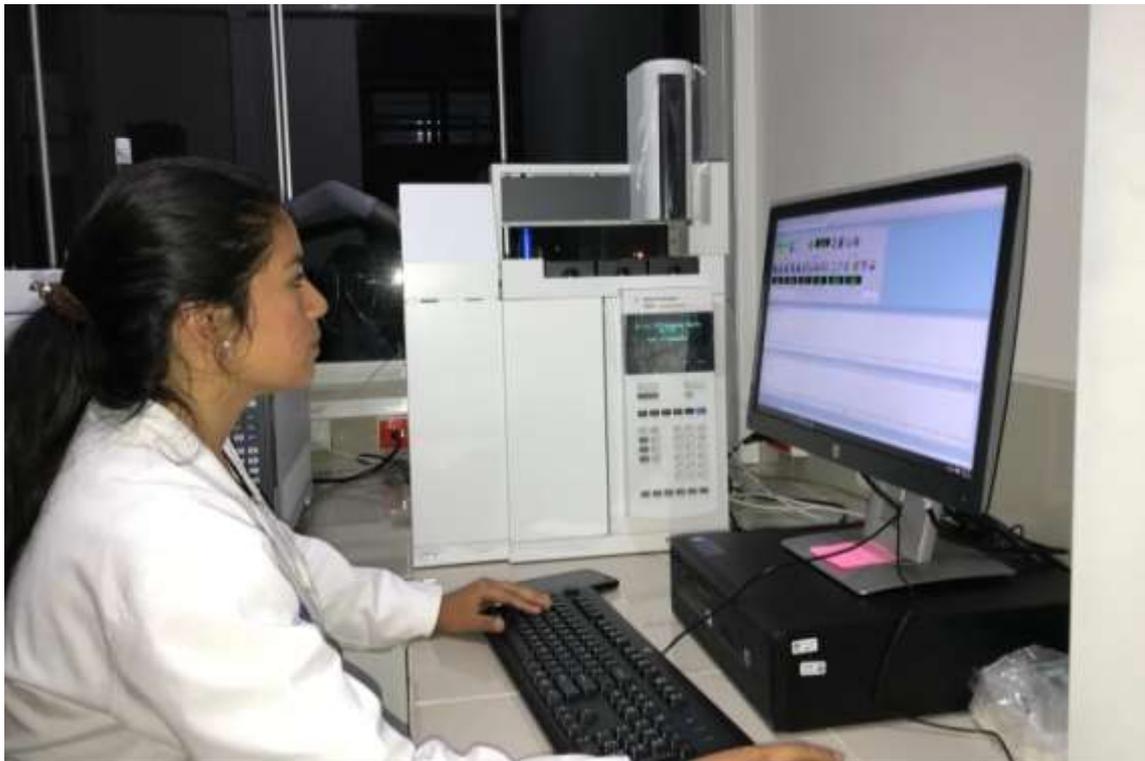


Figura 21. Identificación y cuantificación del perfil de ácidos grasos.