

ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERÍA

Vol. 22 (2) Diciembre 2014



REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Universidad Técnica de Ambato

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Av. Los Chasquis y Río Payamino

Campus Académico Huachi

Teléfono: +593 (3) 2400 987/989

Fax: +593 (3) 2400 998

e-mail: fcial@uta.edu.ec

Casilla: 18 01 0334

www.fcial.uta.edu.ec



Diseño de portada: Mirari Arancibia (mirariyosu1@gmail.com)



ALIMENTOS, CIENCIA E INGENIERÍA

Revista de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Ambato (Ecuador).

Vol. 22 (2)-2014



Editorial

La Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato se complace en presentar la Revista indexada ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA, Volumen 22(2) – 2014 con artículos técnicos de tesis de grado e investigaciones en los campos de los alimentos y la biotecnología ejecutados por docentes, investigadores y graduandos. En la presente edición se incluyen artículos relacionados con la fisiología poscosecha de la mandarina; la caracterización de almendras de cacao nacional fino de aroma en zonas del Litoral y de frutas tropicales (arazá y naranjilla) y andinas (mora, mortiño, tomate de árbol y uvilla); la elaboración de geles alimenticios con maracuyá; el contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla y sus implicaciones en la elaboración de té; los efectos de la borraja y la ortiga como acelerantes y enriquecedores nutritivos en el proceso de compostaje; la actividad antimicrobiana y fitoquímica de extractos de plantas medicinales frente a microorganismos patógenos; la estandarización de un método químico para cuantificar el contenido de suero de quesería en leche pasteurizada; la validación de métodos analíticos para el análisis de arsénico en agua potable y la caracterización de matrices de agua clara y residual; entre otros.

Es pertinente señalar que ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA cumple 22 años de publicación impresa y consta en el Directorio de LATINDEX; no obstante, quienes estamos a cargo de la presente edición nos hemos comprometido en mejorar la calidad de la Revista con el propósito de ser parte del Catálogo de LATINDEX, esto mediante el cumplimiento de todas las características editoriales requeridas para revistas impresas y un trabajo más riguroso del Comité Editorial. En adición, la incorporación de profesores que hacen investigación articulada a la docencia, el mejoramiento de la infraestructura tecnológica y el fortalecimiento de la vinculación de la Facultad con los sectores público y empresarial permitirán generar conocimiento e innovaciones que sean útiles al país y publicarlos en nuestra Revista. Este es nuestro compromiso con nuestros estimados lectores. Hasta la próxima edición.

Milton Ramos Moya

DESCRIPCIÓN

La revista ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA (ACI) es una publicación semestral de artículos técnicos de Tesis de Grado, Trabajos Estructurados de Manera Independiente, Trabajos de Investigación realizados en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), así como contribuciones de otras Universidades e Instituciones con las cuales la Facultad mantiene convenios de cooperación mediante el intercambio científico y cultural con el propósito de contribuir en la búsqueda de respuestas adecuadas a las necesidades teórico-prácticas en materia de investigación, creación e innovación tecnológica.

AUDIENCIA

La revista cubre una amplia temática enmarcada en los ámbitos de la Ingeniería de Alimentos y la Biotecnología especialmente en su aspecto aplicado, orientándose a una audiencia compuesta por científicos del área de la química, bioquímica, microbiología y tecnología alimentaria, así como relacionados con la nutrición.

INDEXACIÓN

Latindex

DIRECTORIO

Dr. Galo Naranjo López, Rector, Universidad Técnica de Ambato (UTA)

Dr. Franklin Medina Guerra, Vicerrector Administrativo, Universidad Técnica de Ambato (UTA)

MSc. Jorge León Mantilla, Vicerrector Académico, Universidad Técnica de Ambato (UTA)

Dr. Milton Ramos Moya, Decano Facultad Ciencia e Ingeniería en Alimentos, (UTA)

MSc. Lenin Garcés Espinoza, Subdecano Facultad Ciencia e Ingeniería en Alimentos (UTA)

COMITÉ EDITORIAL

Editor

Dr. Ignacio Angós, Investigador Prometeo (SENESCYT); Pamplona, España

Revisores internos

Dr. Milton Ramos, Universidad Técnica de Ambato (UTA); Ambato, Ecuador

Dr. Carlos Rodríguez, Universidad Técnica de Ambato (UTA); Ambato, Ecuador

Revisores externos

Dra. Pamela Jaramillo, Investigadora Prometeo (SENESCYT); Ambato, Ecuador

Dr. Borja Velásquez, Universidad Politécnica de Valencia (UPV); Valencia, España

Dr. Juan Sebastián Ramírez, Universidad del Valle (UNIVALLE); Cali, Colombia

Dra. Sandra Horvitz, Investigadora Prometeo (SENESCYT); Pamplona, España

ISSN

1390-2180

TIRAJE

500 ejemplares impresos en papel. Accesible online a través de: http://fcial.uta.edu.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=61

CONVOCATORIA PRÓXIMO NÚMERO

Fecha límite para entrega de manuscritos: 15 Marzo 2015. Publicación: Mayo 2015

Dirección envío manuscritos: Secretaría de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Av. Los Chasquis y Río Payamino, casilla 18-01-0334, Ambato (Ecuador). Teléfono: +593 (03) 2400 987 Ext. 103. Correo electrónico: revista.fcial@uta.edu.ec

COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE GRASA, ALCALOIDES Y POLIFENOLES TOTALES EN ALMENDRAS DE CACA O NACIONAL FINO DE AROMA DE DIFERENTES ZONAS DEL LITORAL ECUATORIANO

COMPARISON OF FAT, ALKALOIDS AND TOTAL POLYPHENOL LEVELS IN FINE COCOA BEANS FROM DIFFERENT ECUADORIAN COASTAL AREAS

C. Camino^{1*}, S. Espín², I. Samaniego², C. Carpio¹

¹Universidad Técnica de Ambato (UTA), Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Av. Los Chasquis y Río Payamino, Ambato, Ecuador.

²Departamento de Nutrición y Calidad, Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Panamericana Sur Km 1, Vía Tambillo, Sector Cutuglagua, Quito (Ecuador)

Artículo recibido: 15/05/14

Artículo aceptado: 15/11/14

RESUMEN

La finalidad del presente estudio fue evaluar el contenido de los componentes químicos no volátiles (grasa, alcaloides y polifenoles) en almendras de cacao nacional recolectadas en las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos, las mismas que fueron fermentadas por cuatro días en cajas de laurel y secadas al sol. Los resultados obtenidos mostraron que el contenido de polifenoles totales varió en un rango de 33.55 a 62.89 mg ácido gálico/g cacao desengrasado, los alcaloides presentaron contenidos que fluctuaron entre 1.52 y 2.29 % para el caso de la teobromina y de 0.20 a 0.40 % para la cafeína, el contenido promedio de grasa obtenido en las muestras analizadas fue del 45.2 %. La relación teobromina/cafeína (T/C) permitió ubicar al cacao nacional de estas provincias dentro de la clasificación de los cacaos trinitarios con valores que varían entre 5.56 y 7.86, confirmando así la calidad del cacao ecuatoriano como fino de aroma y su prestigio en la industria chocolatera.

Palabras clave: cacao Nacional, polifenoles, alcaloides, grasa, fermentación

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the content of non-volatile chemical compounds (fat, alkaloids and polyphenols) in national cocoa beans harvested in some Ecuadorian provinces (Guayas, Manabí and Los Ríos), which were fermented for four days in wooden fermentation boxes and sun dried. The results showed that total polyphenol content varied in the range of 33.55 to 62.89 mg gallic acid/g defatted cocoa, alkaloids exhibit fluctuations between 1.52 and 2.29 % for theobromine and they ranged from 0.20 to 0.40 % for caffeine, the average fat content in the analyzed samples was 45.2 %. The theobromine/caffeine (T/C) ratio ranging from 5.56 to 7.86 allowed national cocoa beans to be classified as Trinitarians, thus confirming the superior quality of Ecuadorian cocoa worldwide known as fine or flavor cacao and its prestige within the chocolate industry.

Key words: National cocoa, polyphenols, alkaloids, fat, fermentation.

*Autor de correspondencia: Carlos Camino. E-mail: karloscamino@gmail.com. Tfno. +593(0)32400987

34

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador se ubica entre los 10 principales productores de cacao a nivel mundial con una producción de 85.000 T/año. De acuerdo con ANECACAO (2011) las exportaciones de cacao en grano y semi-elaborados representaron 494 millones de dólares de divisas para el país en el año 2011. A nivel mundial se conocen cacaos tipo: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional del Ecuador denominado fino de aroma. Ecuador es el líder mundial en la producción y exportación (61% del consumo global) de cacao fino de aroma (también llamado cacao de “Arriba”) que posee una calidad única en el mundo debido a su aroma floral muy perceptivo. Actualmente, la mayoría de plantaciones son de cacao híbrido llamado Nacional x Trinitario muy apetecido por la industria chocolatera, especialmente europea (Ramírez T. y Paredes N., 2010; Rodríguez M., et al., 2010).

La composición química de los granos de cacao depende del tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y secado. La manteca es uno de los componentes que definen la calidad del grano tanto para la industria chocolatera como la cosmética y farmacéutica.

El contenido de grasa no varía durante la fermentación y corresponde al $48,8\% \pm 3,21\%$ (Álvarez F., 2008; Espín S., 2006; Sukha D. A., et al., 2007).

El cacao es también extraordinariamente rico en polifenoles (Oracz J., et al., 2013). Estos compuestos se almacenan en las células pigmentarias del cotiledón y según la cantidad de antocianinas presentes otorgan al cacao un color blanco a violeta.

El proceso de poscosecha del cacao incluye dos fases: la fermentación y el secado (Calderón L., 2002). Ambos influyen sobre el desarrollo del sabor y aroma en el chocolate, independientemente del tipo u origen del cacao y determinan la calidad del grano y su valor comercial en el mercado internacional.

Durante la fermentación se desarrollan el sabor y aroma del producto (Rodríguez M., et al., 2010). Una serie de reacciones enzimáticas y bioquímicas en el interior del cotiledón degradan las células, producen la muerte del embrión y transforman las proteínas y polisacáridos en aminoácidos y azúcares simples, conocidos como los precursores del aroma a chocolate. En esta etapa, los polifenoles son convertidos en polímeros de alto peso molecular, la mayoría de tipo taninos insolubles (Samaniego I., 2012). La concentración de polifenoles disminuye durante la fermentación por difusión en los lixiviados de la fermentación, oxidación y polimerización con las proteínas.

Este fenómeno es importante porque afecta la calidad del cacao para la elaboración de chocolate, ya que los polifenoles son responsables del gusto astringente y

amargo. Diversos estudios realizados con muestras de cacao Nacional muestran que el contenido de polifenoles disminuye en un 44-51% durante la fermentación (Espín S., 2006; Samaniego I., 2012; Sukha D. A., et al., 2007).

La teobromina y la cafeína, son otros compuestos presentes en el cacao. Pertenecen a la familia de las purinas y representan más del 99% de los alcaloides presentes en la almendra. Estos compuestos disminuyen durante la fermentación a niveles del 20-25%. La relación teobromina/cafeína es considerada un parámetro que permite discriminar el origen del cacao y presenta valores de 2,2-6,9 para genotipos de cacao producidos en el Ecuador (Espín S., et al., 2007). Después de la fermentación, las almendras contienen alrededor de 55% de humedad y para almacenarlas requieren ser secadas, ya sea de forma natural, al sol o de manera artificial (Rodríguez et al., 2010) hasta niveles del 7% de humedad. Muchas de las reacciones iniciadas en la fermentación continúan durante el secado. Algunos estudios (Efraim P., et al., 2010; Hii C. L., et al., 2012; Jinap S., et al., 1994) demuestran que en esta fase se producen variaciones en el contenido de ácidos grasos volátiles, compuestos fenólicos totales, de ahí la importancia de que este proceso se realice de forma adecuada.

El objetivo de este trabajo fue determinar si existe diferencias en el contenido de grasa, alcaloides y polifenoles totales entre el Cacao Fino de Aroma producido en las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos para comparar su calidad y promover su comercialización.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestras de cacao.

Para el presente estudio, en colaboración con los técnicos de los programas de Cacao y Café de las Estaciones Experimentales de Portoviejo y Litoral Sur del INIAP, se colectaron muestras de cacao fino de aroma directamente en las fincas de los productores, en las provincias de mayor producción del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí y Los Ríos).

2.2 Técnica de muestreo.

Para los fines de la presente investigación, las muestras se seleccionaron aplicando la técnica de muestreo aleatorio estratificado con una distribución de Neyman. El estrato 1 estuvo conformado por productores de cacao Nacional que participan con 1,0 a 6,0 hectáreas y, el estrato 2 por productores que participan con 6,1 a 12,0 hectáreas.

2.3 Procedimiento de muestreo.

Se seleccionaron dentro de cada provincia 3 cantones productores de cacao Nacional fino de aroma en función del mapa cacaotero nacional, en cada cantón

se identificaron al azar 5 fincas de productores en función de los estratos establecidos y se procedió a la toma de muestras. Las muestras estuvieron constituidas de 20 frutos de cacao por duplicado es decir un total de 40 frutos, para el muestreo se escogió al azar 20 árboles de cacao Nacional (complejo Nacional x Trinitario) y se colectó 2 frutos por árbol, para obtener aproximadamente 1 kg de cacao fermentado y seco por muestra.

2.4 Proceso de fermentación y secado.

Las almendras de las muestras de cacao colectadas en fruto de las diferentes provincias productoras se fermentaron en la Estación Experimental Litoral Sur, aplicando la técnica de micro fermentación en cajas de madera de laurel de 120x120x80 cm (alto x ancho x profundidad) con capacidad de 120 kg de masa. Se colocaron 12 muestras por cajón, con una remoción a las 48 horas y un tiempo de fermentación establecido para cacao Nacional (Complejo Nacional x Trinitario) de cuatro días. Posteriormente, se secó al sol en tendales de cemento, hasta una humedad en el grano de aproximadamente 7%. Las muestras fermentadas y secas se transportaron al Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina.

2.5 Preparación de la muestra

Las almendras de cacao, fermentadas y secas, fueron molidas en un molino ultra centrífugo RETCH Zm 200 y tamizadas a través de una malla de 42 mesh para obtener un tamaño de partícula de 355 μm , a fin de asegurar la homogenización en la toma de muestras para los análisis de laboratorio. Las muestras fueron almacenadas a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Reactivos. Metanol grado reactivo al 99,5 %, Ácido Gálico Monohidratado Sigma G 8647, Reactivo de Folin & Ciocalteu Merck 1.090011.0500, Carbonato de Sodio 99,5% Fluka 71350, Metanol grado HPLC marca Fisher A 452-4, Cafeína Anhidra 99,9 % Sigma C-0750, Teobromina Anhidra 99,9 % Sigma T-4500, Teofilina Anhidra 99,9 % Sigma T-1633, Éter de Petróleo (rango de ebullición de 40 a 60 $^{\circ}\text{C}$).

2.6 Métodos de análisis.

Los análisis fueron realizados por duplicado. El contenido de grasa, alcaloides y polifenoles totales de las muestras de cacao fermentadas y secas se analizó utilizando los métodos del Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos, y los principios de los métodos se describen a continuación:

2.6.1 Extracción de grasa de las almendras de cacao.

La materia grasa del polvo de cacao fue extraída con éter de petróleo mediante extracción continua en Soxhlet por 12 horas, se recuperó el solvente del extracto etéreo y se secó la grasa en una estufa a 105 $^{\circ}\text{C}$ por 2 horas, se enfrió en un desecador y se pesó (AOAC, 2005a).

2.6.2 Determinación de polifenoles totales.

Los polifenoles totales del polvo de cacao desengrasado fueron extraídos con una solución acuosa de metanol al 70 %, mediante agitación magnética continua por 45 minutos de 1 g de muestra, el extracto obtenido se filtró a través de papel Whatman N° 4, se tomó una alícuota del mismo y se realizó una reacción colorimétrica con el reactivo de Folin & Ciocalteu con el cual se obtuvo una coloración azul, que fue cuantificada en un espectrofotómetro UV-VIS a 760 nm (Cross E., et al., 1982).

2.6.3 Alcaloides (teobromina y cafeína)

La extracción de cafeína y teobromina en muestras de cacao previamente molidas y desengrasadas, se realizó se realizó con agua bidestilada en ebullición por 45 minutos. El extracto obtenido fue filtrado en un balón volumétrico y aforado con agua bidestilada a 100 ml, una alícuota del extracto se pasó por membrana Millipore de 0,22 μm y se analizó por HPLC (Agilent 1200), provisto de una columna de fase reversa C18 ODS II (150x4,6 mm I.D) precolumna del mismo material (10x4.6 mm I.D) detector UV/VIS a 273nm. La fase móvil utilizada fue metanol:agua (25:75 v/v) con un flujo de 1 ml/minuto bajo condiciones isocráticas de elución (AOAC, 2005b).

2.7 Factores en estudio

Para la presente investigación se consideran como factores en estudio a las provincias de mayor producción de cacao fino de aroma del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí y Los Ríos) como se muestra en la Tabla 1.

2.8 Análisis estadístico.

En la primera etapa de análisis se utilizó un diseño jerárquico para determinar si existe diferencia significativa entre provincias, considerando como factor principal a las provincias y las fincas como un anidamiento dentro de cantón. El efecto de las medias por nivel de cada factor se evaluó mediante la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$. En la segunda etapa de análisis se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para determinar si existe diferencia significativa dentro de cada provincia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Polifenoles.

El contenido promedio de polifenoles totales en las muestras de cacao Nacional de las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos, fermentado por cuatro días, fue de 45,5 mg ácido gálico/g cacao desengrasado, con un coeficiente de variación de 26,41 % (Figura 1).

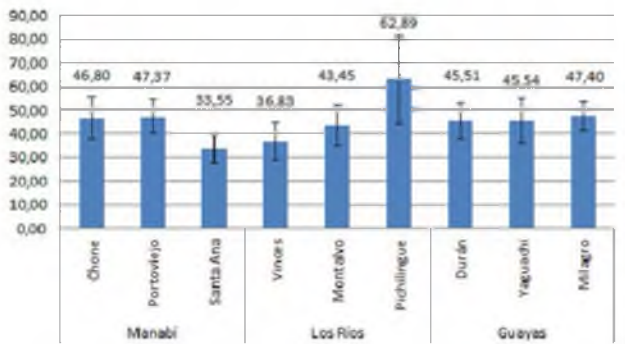


Figura 1. Contenido promedio de polifenoles totales (mg ácido gálico/g cacao desengrasado) en el cacao de tres provincias del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí y Los Ríos).

En base a los resultados obtenidos en el análisis de varianza se estableció que no existe diferencia estadística significativa entre provincias ($p > 0,05$) en el contenido de polifenoles totales. Este análisis permite establecer que la variación en el contenido de polifenoles no se atribuye al origen del cacao sino que este parámetro es influenciado directamente por la fermentación, debido a los procesos de oxidación y difusión que sufren los polifenoles (Wollgast J. y Anklam E., 2000).

De igual manera con la finalidad de comparar los resultados del contenido de polifenoles en los cantones dentro de cada provincia, el análisis de varianza por provincia mostró que Manabí y Los Ríos tienen diferencia significativa ($p < 0,05$) dentro de sus cantones, atribuido a factores como la ubicación de la muestra dentro del cajón donde se fermenta la masa de cacao, que genera condiciones diferentes de temperatura y oxígeno para que se desarrollen los procesos metabólicos de los microorganismos.

3.2 Grasa.

El contenido graso varía entre 43.84 y 48.85 % en almendras de cacao Nacional para las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos, con un promedio general de 45,2 % y un coeficiente de variación de 4,77 %. Los valores determinados son inferiores por debajo del valor promedio que se reporta para los cacaos procedentes de Ghana 52.7 % (Espín S., 2006).

La Figura 2 muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en el contenido de grasa entre provincias. Esto permite establecer que la variación en el contenido de grasa mantiene relación con el origen del cacao, debido a que la grasa no varía durante la fermentación y el porcentaje de variabilidad por efectos de las provincias es de 19,14 % y, la desviación estándar por efectos aleatorios de 1,19. Sin embargo, este parámetro no es considerado como un factor discriminante entre cacaos.

El análisis de varianza por provincia no mostró diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) en el contenido de grasa dentro de Guayas y Manabí. En Los Ríos, el contenido graso del cacao de los cantones Vinces (45,15 %) y Montalvo (44,95 %) no son significativamente diferentes, pero el cacao del cantón Pichilingue presentó un mayor contenido promedio de grasa, 48,85 %, con relación a las muestras de los cantones Vinces y Montalvo, siendo esta diferencia estadísticamente significativa con respecto a estos cantones.

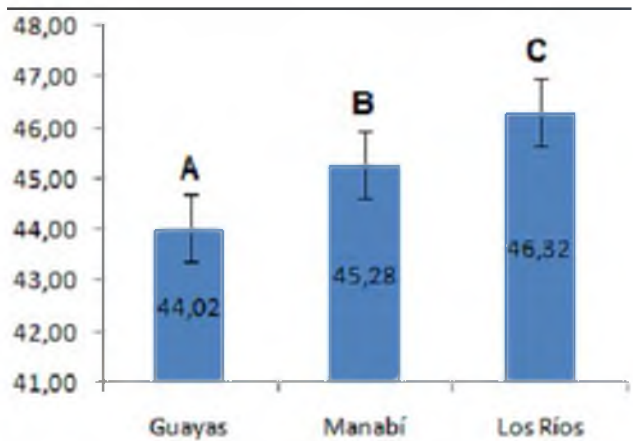


Figura 2. Contenido promedio de grasa (%) en el cacao de tres provincias del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí, Los Ríos). Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0,05$)

3.3 Teobromina.

En la Figura 3 se observa el cromatograma del extracto acuoso en agua bidestilada de las almendras del cacao, en el cual se muestra la separación de metilxantinas con un tiempo de retención de 3,28 min para la teobromina y 8,48 min para la cafeína.

El contenido de teobromina varía entre 1,52 y 2,29 % en almendras de cacao nacional para las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos, con un promedio general de 1,72 % y un coeficiente de variación de 18,54 %.

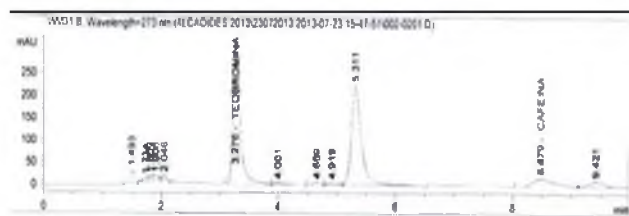


Figura 3. Cromatograma de purinas de cacao Nacional

En la Figura 4 se observa que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en el contenido de teobromina entre provincias. Esta diferencia es atribuida en mayor proporción al grado de hibridación de las muestras, condiciones agroclimáticas y al proceso de difusión que tiene la teobromina durante la fermentación.

El análisis de varianza dentro de la provincia fue significativo ($p < 0,05$) para la provincia de Los Ríos. El cantón Pichilingue presentó un mayor contenido promedio de teobromina (2,29 %) con relación al cacao de los cantones Vinces y Montalvo cuya diferencia es estadísticamente significativa.

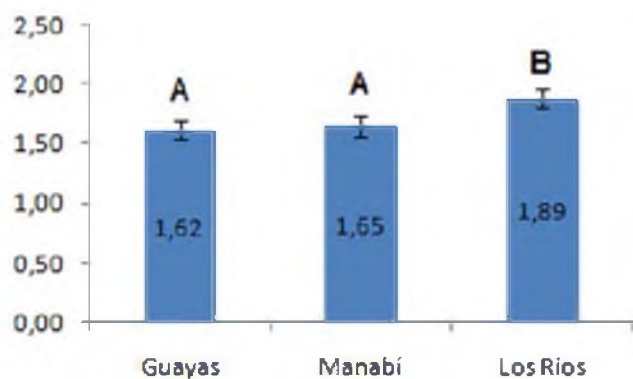


Figura 4. Contenido promedio de teobromina (%) en el cacao de tres provincias del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí, Los Ríos). Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

3.4 Cafeína.

El contenido de cafeína varía entre 0,20 y 0,40 % en almendras de cacao nacional para las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos, con un promedio general de 0,28% y un coeficiente de variación de 29,38%. La variabilidad en el contenido de cafeína es mayor a la obtenida en la teobromina, si se toma en cuenta que las purinas no sufren transformaciones químicas y evolucionan en forma similar durante la fermentación, se podría decir que la cafeína tiene un comportamiento diferente relacionado al tipo de cacao (Espín et al., 2007).

La Figura 5 muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en el contenido de cafeína en las muestras de cacao para las tres provincias de mayor producción del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí, Los Ríos).

El análisis de varianza dentro de provincia, mostró resultados similares a los obtenidos para la grasa y teobromina, donde Los Ríos tiene diferencia estadística significativa entre sus cantones ($p < 0,05$). El cantón Vinces presenta el menor contenido promedio de cafeína que fue de 0,20 % con relación a los cantones Pichilingue y Montalvo diferencia que resultó ser estadísticamente significativa con respecto a estos cantones.

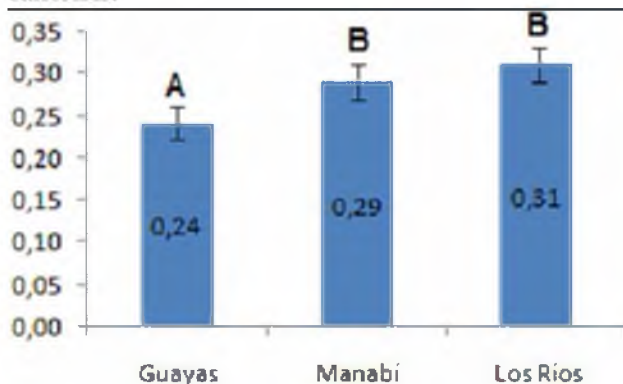


Figura 5. Contenido promedio de cafeína (%) en el cacao de tres provincias del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí, Los Ríos). Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0,05$)

3.5 Relación teobromina/cafeína.

La relación teobromina/cafeína varía entre 5,56 y 7,86 en almendras de cacao nacional para las provincias en estudio, con un promedio general de 6,39 y una variación de 18,38 %.

Los resultados de la relación teobromina/cafeína permiten tener una idea del origen de los cacaos, estudios realizados por Chevalley (1991) muestran que esta relación varía de una especie a otra y constituye una herramienta para discriminar cacaos por su origen. Los resultados obtenidos ubicaron al cacao nacional del Litoral Ecuatoriano dentro de los cacaos Trinitarios (Figura 6).

El análisis de varianza entre provincias mostró que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la relación T/C (Figura 7), estos resultados son una evidencia del grado de hibridación que se ha formado desde la llegada de los cacaos trinitarios al Ecuador hace más de 90 años y, la influencia de las condiciones agroclimáticas específica de cada provincia.

El análisis de varianza por provincia no mostró diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) en la relación T/C dentro de Guayas y Manabí. En Los Ríos el cacao de los cantones Pichilingue y Montalvo no son significativamente diferentes, pero el cacao del cantón Vinces presenta la mayor relación T/C que fue de 7,86 con relación a los cantones Pichilingue (5,74) y Montalvo (5,69) siendo esta diferencia estadística significativa con respecto a estos cantones.

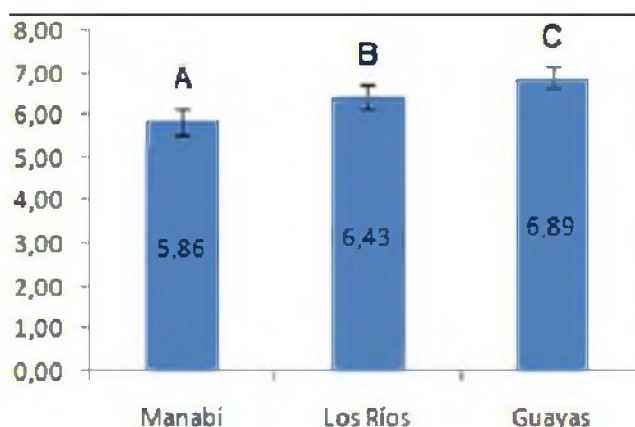


Figura 7. Promedio de la relación T/C en tres provincias del Litoral Ecuatoriano (Guayas, Manabí y Los Ríos). Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0,05$)

4. CONCLUSIONES

La caracterización del cacao nacional en Guayas, Manabí y Los Ríos permitió establecer que existe un posible efecto de las condiciones agroclimáticas sobre sus componentes químicos no volátiles y, un cierto grado de hibridación formado durante los últimos años desde su expansión por el Río Guayas.

El contenido de polifenoles totales no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre provincias lo que sugiere que el contenido de polifenoles es influenciado directamente por el tratamiento homogéneo en el proceso de fermentación.

El contenido graso permite inferir que el cacao nacional fino de aroma presenta menores contenidos de grasa en relación a otros grupos genéticos de cacao como los de tipo Forastero. Este contenido mantiene relación con el origen y es significativamente diferente ($p < 0,05$) entre provincias.

Existe un efecto significativo del origen del cacao sobre el contenido de purinas, con un alto coeficiente de variabilidad 29,38 % para la cafeína.

La relación teobromina/cafeína permitió ubicar al cacao Nacional dentro de la clasificación de los cacaos Trinitarios con un rango que varía entre 5,56 y 7,86 en muestras fermentadas y secas.

REFERENCIAS

Álvarez F. (2008). Caracterización y tipificación de los parámetros físicos, químicos, físico-químicos y componentes del sabor y aroma de una población de cacao criollo híbrido (*Theobroma cacao* L.) de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Caracas (Venezuela).

ANECACAO. (2011). Estadísticas históricas. from <http://www.anecacao.com/es/estadisticas-historicas/>

AOAC. (2005a). AOAC Official Method 963.15. Fat in Cacao Products. Soxhlet Extraction Method. : AOAC INTERNATIONAL.

AOAC. (2005b). AOAC Official Method 980.14. Theobromine and Caffeine in Cacao Products. Liquid Chromatographic Method. : AOAC INTERNATIONAL

Calderón L. (2002). Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación con la calidad., Pontificia Universidad Católica, Quito (Ecuador).

Cross E., Villeneuve F, y Vincent J. C. (1982). Recherche d'un indice de fermentation du cacao. I. Evolution des tanins et des phénols totaux de la fève. *Café, Cacao, Thé*, 26(2), 109-114.

Chevalley J. (1991). Theobromine and caffeine content of cocoa beans from different botanical and geographical origins. Paper presented at the Second International Congress on cocoa and chocolate, Munich (Alemania).

Efraim P., Pezoa-García N. H., Jardim D. C. P., Nishikawa A., Haddad R., y Eberlin M. N. (2010). Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(Supl. 1), 142-150.

Espín S. (2006). Evaluación de parámetros químicos volátiles y no volátiles asociados a la calidad del cacao: Informe final Ecuador, Componente II Proyecto CFC/ICCO/INIAP "To establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine and bulk cocoa". Quito (Ecuador): CFC-Trinidad y Tobago, INIAP-Ecuador, INIA-Venezuela, QDPI-Australia, CCI-Papua New Guinea,



Espín S., Samaniego I., Wakao H., y Jiménez J. C. (2007). La relación teobromina/ cafeína asociada a la calidad del cacao ecuatoriano. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 16(2), 107-109.

Hii C. L., Law C. L., y Suzannah S. (2012). Drying kinetics of the individual layer of cocoa beans during heat pump drying. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 276-282.

Jinap S., Thien J., y Yap T. N. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65(1), 67-75.

Oracz J., Zyzewicz D., y Nebesny E. (2013). The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), depending on variety, growing region and processing operations: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2012.686934>

Ramírez T., y Paredes N. (2010). Análisis de la cadena de cacao y perspectivas de los mercados para la Amazonía Norte (Vol. 153). Quito (Ecuador): Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP).

Rodríguez M., Motato N., Zambrano O., y Tarquino C. (2010). Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí. Portoviejo (Ecuador): Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP) - Estación Experimental Portoviejo.

Samaniego I. (2012). Caracterización de la evolución de los polifenoles durante la fermentación del cacao: Un estudio de Espectroscopía de Infrarrojo Cercano NIRS y HPLC. Universidad de Montpellier, Montpellier (Francia).

Sukha D. A., Butler D. R., Amores F., Jiménez J. C., Ramos G., Gómez A., et al. (2007). Some highlights from the organoleptic component. Proyecto CFC/ICCO/INIAP "To establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine and bulk cocoa" (pp. 10): CFC-Trinidad y Tobago, INIAP-Ecuador, INIA-Venezuela, QDPI-Australia, CCI-Papua New Guinea,.

Wollgast J., y 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*, 33(6), 423-447.