

**Caracterización química preliminar de cacao
(*Theobroma cacao*) de los municipios de
Omoa y La Masica, Honduras**

Patricia Soraya Verdesoto Estévez

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Caracterización química preliminar de cacao
(*Theobroma cacao*) de los municipios de
Omoa y La Masica, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Patricia Soraya Verdesoto Estévez

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

Caracterización química preliminar de cacao (*Theobroma cacao*) de los municipios de Omoa y La Masica, Honduras

Presentado por:

Patricia Soraya Verdesoto Estévez

Aprobado:

Francisco J. Bueso, Ph.D.
Asesor principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Flor de María Núñez, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Verdesoto, P. 2009. Caracterización Química Preliminar de Cacao (*Theobroma cacao*) de los municipios de Omoa y La Masica, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 66 p.

Se cuantificó la concentración de 18 componentes químicos en cacao proveniente de cinco fincas del municipio de Omoa y cuatro muestras de la La Masica (Honduras). La identificación del potencial de calidad de este cacao fue hecha respecto a los parámetros de cuatro estándares (ASSS, ASS, ASE y Standard Oficial Good Fermented). Todas las fincas fueron similares en más de un componente con los estándares ASSS, ASS, ASE (Ecuador) excepto La Estringa que sólo fue similar en nitrógeno con el cacao Standard Oficial (Ghana). La finca El Porvenir también fue similar a este estándar en el ácido palmítico y todas las muestras de la finca de la FHIA tuvieron alguna similitud con el mismo estándar. La relación teobromina/cafeína de siete ubicó al cacao de la Finca El Paraíso con potencial similar al clon CCN-51 (Ecuador). La relación teobromina/cafeína de 10 ubicó al cacao de la Finca San Rafael con potencial similar al cacao comercial de Ghana. El parámetro grasa total permitió ubicar a las muestras FSR, FPO, FPA y FLE con potencial de cacao fino y las muestras FH2, FH8, FH21 y FH26 con potencial de cacao forastero. Los resultados obtenidos permiten decir que Honduras sí tiene zonas con potencial para el cultivo de cacao fino. Sin embargo, es imperante la necesidad de continuar con investigaciones, donde se consideren las características ambientales de una zona cacaotera determinada, para el establecimiento de un diseño experimental que incluya el genotipo y tratamiento post-cosecha, su interacción y las prácticas culturales del cultivo.

Palabras clave: cacao fino, relación teobromina/cafeína

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5. CONCLUSIONES.....	49
6. RECOMENDACIONES	50
7. BIBLIOGRAFÍA.....	51
8. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1.	Requisitos según las calidades del cacao beneficiado.	8
2.	Concentraciones de los parámetros químicos según calidades de cacao “Arriba” de Ecuador y Estándar Oficial de Ghana	9
3.	Identificación y procedencia de las muestras de cacao de Omoa y La Masica.	14
4.	Manejo de las muestras en las fincas de Omoa.....	14
5.	Tratamiento para las muestras de La Masica.	15
6.	Composición química del cacao de las fincas de Omoa y La Masica.	19
7.	Composición química del cacao de las fincas de Omoa y La Masica (Continuación).	20
8.	Componentes químicos con correlación lineal significativa respecto a la altura.....	21
9.	Comparación entre el Estándar ASE (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.	38
10.	Comparación entre el Estándar ASE (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.....	39
11.	Comparación entre el Estándar ASS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.	40
12.	Comparación entre el Estándar ASS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.....	41
13.	Comparación entre el Estándar ASSS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.	42
14.	Comparación entre el Estándar ASSS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.....	43
15.	Comparación entre el Estándar Standard Officiel/Good Fermented (Ghana) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.	44
16.	Comparación entre el Estándar Standard Officiel/Good Fermented (Ghana) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.....	45
17.	Ubicación de las fincas según su calidad por componente químico.	46
18.	Contenido de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre fincas (Omoa).....	47
19.	Comparación del contenido de grasa de cacao de “Arriba”, Finos y Forastero con las muestras de Omoa y La Masica.....	48

Figura

1.	Variedad Indio Criollo rojo, considerada dentro del grupo de cacaos finos de aroma tomada en la costa norte de Honduras.	13
2.	Efecto de la altura sobre el contenido de lípidos totales.	22
3.	Efecto de la altura sobre el contenido de nitrógeno total.	22
4.	Efecto de la altura sobre el contenido de proteína cruda.	23
5.	Efecto de la altura sobre el contenido de carbohidratos totales.	23
6.	Efecto de la altura sobre el contenido de azúcares reductores.	24
7.	Efecto de la altura sobre el contenido de polifenoles.	24
8.	Efecto de la altura sobre el contenido de taninos.	25
9.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de humedad.	26
10.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de lípidos totales (Grupo 1).	26
11.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de carbohidratos totales.	27
12.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de azúcares totales.	27
13.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de azúcares reductores.	28
14.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de polifenoles (Grupo 1).	28
15.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de taninos (Grupo 1).	29
16.	Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de nitrógeno total.	30
17.	Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de proteína cruda.	30
18.	Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de polifenoles.	31
19.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el pH.	32
20.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de ceniza.	32
21.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de lípidos totales (Grupo 3).	33
22.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de nitrógeno total.	34
23.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de proteína cruda.	34
24.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de polifenoles (Grupo 3).	35
25.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de taninos (Grupo 3).	36
26.	Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de ácido esteárico.	36

Anexo

1.	Efecto de la altura sobre los componentes químicos de las muestras de Omoa y La Masica.	56
2.	Efecto de la fermentación sobre los componentes químicos de las muestras de Omoa.	57
3.	Correlación entre la fermentación y los componentes químicos de las muestras de Omoa.	58
4.	Efecto de la exposición al sol y la fermentación sobre los componentes químicos de las muestras de La Masica.	59
5.	Correlación entre la exposición al sol y los componentes químicos de las muestras de La Masica.	60
6.	Correlación entre la fermentación y los componentes químicos de las muestras de La Masica.	61
7.	Resumen de los componentes afectados significativamente por la altura, exposición al sol y fermentación.	62
8.	Contraste Ortogonal entre muestras de Omoa y La Masica.	63
9.	Contraste Ortogonal entre muestras de Omoa y La Masica.	64
10.	Comparación de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre muestras de cacao de Ecuador y de Ghana.	65
11.	Comparación de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre muestras de fincas comerciales ubicadas en diferentes localidades de Ecuador.	66

1. INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L. (alimento de los dioses) fue el nombre dado por Carl von Linne quien clasificó por primera vez el árbol del cual provienen las almendras de cacao. Su origen se adjudica a los bosques de Sudamérica (este de Los Andes) y de América Central (especialmente México), siendo los mayas los primeros en cultivarlo (400-500 A. C.) y denominar a su fruto cacao (*cac-rojo* y *cau-fuerza/fuego*). La cultura azteca lo llamó *cacahuat* y en conjunto, los mayas, toltecas y aztecas llamaban *xocolatl* (chocolate) a la bebida que elaboraban a partir de este fruto. El nombre de la bebida fue dado haciendo referencia a su dios Quetzalcoatl por considerarla de origen divino. Xocolatl (bebida espumosa) era una bebida de aroma y sabor amargo muy marcado, además de ser considerada reconstituyente por su elevada capacidad energética. Sería Cristóbal Colón (1502), el primer europeo en probar esta bebida, sin embargo fue Hernán Cortés quien se percató de su gran valor utilizando las almendras como moneda de intercambio (1519), especialmente por oro, por lo cual se le había denominado *Amygdalae pecuniariae*. Posteriormente (1528), Hernán Cortés llevó la receta a España convirtiéndose en una bebida destinada para la aristocracia cuya receta era casi un secreto de estado (Valenzuela 2007, ICCO 2009, Villar Del Fresno y Ortega 2009).

En la actualidad, la franja de producción cacaotera se extiende a 10° N y 10° S de la línea ecuatorial por cumplir con las condiciones edafoclimáticas para el crecimiento óptimo de la planta y el desarrollo de calidad esperado en sus almendras (ICCO 2009). Se han establecido tres zonas de producción a nivel mundial: Caribe y Sur América, África (70%), y Asia y Oceanía. Los países de mayor producción son: Costa de Marfil (38%), Gana (19%) e Indonesia (13%), seguidos por Nigeria (5%), Camerún (5%), Brasil (5%), Ecuador (4%) y Malasia (1%) representando el 90% de la producción mundial (FUNDER 2008).

1.1 SITUACIÓN DEL CACAO FINO EN EL MERCADO

Existen dos categorías de calidad reconocidas por el mercado mundial de cacao en grano: cacao “fino o de aroma” y cacao “ordinario”. Las variedades criollo y trinitario se distinguen por poseer las propiedades del cacao fino/aroma contrario al forastero que tiene características de cacao ordinario. Pese a esto, existen excepciones como el cacao denominado Nacional/Arriba de Ecuador que siendo de la variedad forastero registra todas las propiedades del cacao fino y las almendras provenientes de Camerún de la variedad trinitario tienen características de cacao ordinario (Amores *et al.* 2007).

La región de mayor producción de cacao Fino/Aroma es América Latina y el Caribe (80%) seguida por Asia y Oceanía (18%), finalmente África (2%). En 1993, 17 países fueron registrados como productores de cacao fino/aroma por el Convenio Internacional del Cacao: Dominica, Granada, Jamaica, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Samoa, Surinam, y Trinidad y Tobago son países que producen únicamente cacao fino/aroma y, Ecuador (75%), el mayor proveedor, Venezuela (50%), Costa Rica (25%) y Colombia (25%) clasificados como productores parciales de cacao fino/aroma (Amores *et al.* 2007).

La ampliación de la frontera agrícola del cacao ordinario demuestra la pérdida de interés por cultivar cacao fino/aroma pasando de una producción del 50% de cacao fino/aroma en el año 2000 a una producción anual actual de tan solo el 5% (160000 toneladas) por lo que actualmente el cacao fino se reserva para la producción de recetas tradicionales. Una de las razones atribuidas a la disminución del consumo de este tipo de cacao es la actual preferencia a consumir productos con rellenos de sabores más marcados que el cacao, pasando a segundo plano la necesidad de la distinción del aroma y sabor del cacao fino. Pese a lo anterior, la demanda de cacao fino/aroma registra un enérgico incremento reciente (Amores *et al.* 2007). Sin embargo, el actual desarrollo de una “cultura de buena comida” en conjunto con un nuevo segmento de la población (25-40 años) que tiene ingresos mayores al promedio, que identifican alimentos de alta calidad y precio para lograr un mejor estilo de vida y publicaciones de universidades, institutos y empresas (Masterfoods o Barry Callebaut) han creado gran demanda por productos de alto contenido de polifenoles como el chocolate negro (Radi 2005).

“El cacao proveniente de América Latina es catalogado en su mayoría como cacao Fino/Aroma, el cual tiene un olor y sabor único, utilizado por los principales procesadores de chocolates fino y de alta calidad en el mundo. Aunque la producción de cacao Fino/Aroma solo representa un 5% de total de producción mundial, año con año el mercado va en aumento. Este cacao se produce principalmente en América Latina y el Sur Este de Asia (Papúa Nueva Guinea), mientras que el restante 95%, considerado cacao corriente o ordinario, es producido principalmente en África de Oeste, con excepción de Indonesia, tercer mayor productor de cacao a nivel mundial después de Costa de Marfil y Ghana (Gómez 2009).”

El mercado tradicional del cacao fino/aroma es el mayor consumidor y corresponde a Europa Occidental (Benelux, Francia, Alemania, Italia, Suiza y el Reino Unido). También son un mercado importante Estados Unidos y Japón, pero los países de mayor importación son Benelux, Japón y Suiza. El total de importación representa del 5 al 20% del total de las importaciones de cacao fino por parte de este mercado. Colombia y Venezuela también son considerados consumidores de cacao fino/aroma (Amores *et al.* 2007).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante años se han utilizado parámetros como: origen genético de la semilla, características morfológicas de la planta, grado de fermentación, secado, color de los granos con y sin testa, propiedades químicas, características de sabor y aroma de la

almendra, la acidez y sabores no deseados como guía para reconocer un cacao fino/aroma. Sin embargo, no se ha podido crear una definición de cacao fino/aroma que establezca criterios de aceptación internacional para determinar si el cacao de determinado origen puede ser denominado cacao fino/aroma. La calificación que se da al cacao en grano con los parámetros mencionados no refleja de manera óptima la calidad del cacao fino/aroma en función de su aroma y/o sabor (Amores *et al.* 2007). En este contexto, este estudio reafirma la influencia que ejercen los factores del ambiente y post-cosecha en el comportamiento de los compuestos químicos del cacao, establece las concentraciones de dichos compuestos y es el respaldo químico de la calidad del cacao cultivado en las aldeas Cuyamel, San Rafael, Barbaschele, El Paraíso y (Omoa, Cortés) y La Masica (Atlántida). Además podría servir de base para orientación hacia prácticas de post-cosecha que realcen la calidad del cacao para acceder a mejores mercados y precios.

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 Problemática del cacao Fino/Aroma

El mercado de cacao fino es un mercado especializado e independiente del mercado de cacao ordinario; gozaba de primas que superaban hasta los US\$800 por tonelada (bolsa de Londres) al fijar su precio en términos de origen y tipo de cacao. Sin embargo, estas primas han sido reducidas drásticamente en la última década, especialmente para el cacao fino/aroma de América Latina y el Caribe, causando depresión en los productores de cacao debido a que el mercado interno no reconoce que una adecuada fermentación añade valor al cacao. Esto ha provocado que las prácticas agronómicas y de post-cosecha (clasificación, fermentación, secado) se descuiden y que surjan preocupaciones por parte de los fabricantes de chocolate de primera categoría por el deterioro de calidad que sufriría el cacao hasta llegar al lugar de manufactura del chocolate. Los términos de calidad conocidas para las tres variedades del cacao (criollo, forastero y trinitario) no se discuten, sin embargo se percibe preocupación en los fabricantes de chocolate debido a que la calidad de la almendra de cacao fino/aroma no varía cuando el precio es alto, pero esta calidad no es la misma mientras el precio se mantiene bajo, debido a que los comerciantes del cacao mezclan cacao fino y ordinario para mejorar sus ingresos. La consecuencia de esta práctica es la pérdida de reconocimiento como cacao fino/aroma del cacao de determinado origen haciendo que disminuyan nuevamente las primas ganadas en épocas buenas (Amores *et al.* 2007).

La falta de criterios de clasificación del cacao causa gran dificultad a quienes lo comercializan en el mercado internacional debido a que continúan usando el origen genético de la semilla y el grado de fermentación en sus actividades comerciales. Para los fabricantes de chocolate también es un problema por la dificultad en la elaboración de productos estandarizados. Pese a esto, se mantiene un espacio en el que aún se elaboran chocolates con recetas tradicionales que exigen el cacao fino/aroma de un determinado origen como ingrediente principal para garantizar el exquisito aroma y sabor de un chocolate fino (Amores *et al.* 2007).

“Los problemas no se plantean cuando grandes comerciantes o fabricantes extranjeros compran directamente de plantaciones o grandes explotaciones, ya que ellos saben exactamente qué están comprando y cómo se ha manejado o tratado el cacao.” Quienes experimentan gran incertidumbre son los comerciantes de volúmenes pequeños que recolectan el cacao de un gran número de pequeños productores obteniendo una mezcla de cacao que puede ir desde cacao de diferentes orígenes genéticos hasta cacaos con diferentes tratamientos de post-cosecha. Por esto, los parámetros de evaluación rápida (pruebas de corte, pruebas organolépticas) utilizados para medir o diferenciar un cacao fino/aroma de un ordinario pierden la poca objetividad que mantenían generando riesgos para diferentes sectores: que los fabricantes paguen precios excesivos por cacao de poco valor, que el precio para el cacao fino/aroma no tenga diferencia con el precio otorgado para el cacao ordinario, finalmente que los pequeños cacao-cultores no obtengan beneficio por el tipo de cacao ni por prácticas adecuadas de post-cosecha. En este sentido, es de indiscutible importancia la generación de criterios que enmarquen una definición para el cacao fino o de aroma que permita a los pequeños productores establecer prácticas de cultivo y post-cosecha óptimas para ofrecer un producto de calidad constante que genere estabilidad en el mercado internacional y confianza de los fabricantes de chocolate en la materia prima que adquieren (Amores *et al.* 2007).

1.3.2 Situación del cacao en Honduras

A lo largo de la historia de Honduras se han cultivado diferentes variedades del cacaotero (*Theobroma cacao*) corrientes como cacao bulk (ordinario) y otras combinaciones de híbridos. Sin embargo se ha descubierto que en las zonas de Cuyamel y La Fe existe alrededor de un 1 % de cacao fino tipo criollo con el que superarían la producción y calidad del cacao ecuatoriano que es de tipo Forastero, pero que por alguna razón posee propiedades similares a las del cacao criollo (FHIA 2008).

La transferencia de tecnologías entre los pequeños productores de cacao del Litoral Atlántico los ha conducido a mejorar las técnicas de manejo de sus plantaciones permitiendo colocar a Honduras como el primer país exportador de cacao de Centroamérica. Siete mil hectáreas sembradas tienen una producción estimada en 5000 toneladas métricas, de las cuales la mitad es procesada en el país para la extracción de manteca y polvo y el resto va al mercado centroamericano y a Italia principalmente (FHIA 2008).

Según Franzoni (2007), Honduras tiene el gran potencial de lograr superar a Venezuela y Ecuador y convertirse en el abastecedor más importante a nivel mundial de cacao fino. Las cifras que había visto sugieren que la industria hondureña tiene el potencial para hacer crecer sus exportaciones hasta USD 35 millones por año. La semilla del cacao se procesa en cuatro productos intermedios: licor de cacao, manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo (Tecnoserve 2007).

Las zonas productoras de cacao en Honduras se encuentran en la costa Atlántica, en los departamentos de Cortés, Yoro, Atlántida y Gracias a Dios, específicamente en: Cortés: Omoa, Cuyamel, Choloma, Tegucigalpa y Corinto; Yoro: la zona de mayor producción

es Guaymas; en Atlántida las zonas más relevantes son La Masica, Jutiapa, Tela, Arizona y Esparta; en Gracias a Dios la zona de mayor producción es La Mosquitia. El sector cacaotero cuenta con una asociación de productores denominada, Asociación de Productores de cacao en Honduras (APROCACAHO) (SAG 2009).

La obtención de cacao de alta calidad exige que se cumpla con una serie de requisitos que se inician con la escogencia del sitio de siembra y los suelos óptimos, hasta la aplicación de una tecnología post-cosecha adecuada y precisa. La calidad del cacao se manifiesta a través de las características físicas (tamaño, peso, grosor de cáscara, color, contenido de grasa) y las características organolépticas de las almendras. El sabor, determinado por el gusto y el aroma refleja los efectos combinados del genotipo, de los factores edafoclimáticos, del manejo agronómico recibido en la plantación y de la tecnología post-cosecha utilizada (Amores *et al.* 2007).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

- Caracterizar químicamente muestras de cacao provenientes de los municipios de Omoa, Cortés y La Masica, Atlántida en Honduras.

1.4.2 Específicos

- Identificar y cuantificar los componentes que definen la calidad del cacao en las nueve muestras provenientes de las dos localidades (Omoa y La Masica).
- Inferir cuáles podrían ser componentes químicos que permitan identificar el origen y calidad del las muestras de cacao.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DEL CACAO FINO

Se denominan a las almendras de cacao que poseen alto potencial aromático (floral) y bajo contenido de sustancias amargas (taninos) y que por lo tanto sus delicadas bondades sensoriales le permiten distinguirse de otros cacaos y dar un toque más refinado al chocolate (Álvarez *et al.* 2007, Asociación de productores de cacao fino de aroma del Ecuador 2008, citados por FORO II: Calidad del Cacao y el Cacao Fino en la Estrategia de Desarrollo del Cacao Nacional-Guatemala 2009).

Se distinguen tres variedades de cacao: criollo, forastero y trinitario. A la variedad del criollo (genuino) se lo diferencia por ser un árbol débil y de poco fruto. Su almendra emana un aroma suave y escaso por su bajo contenido de taninos. Se lo reconoce como un cacao de calidad superior (fino/aroma) reservado para la elaboración de los más exquisitos y delicados chocolates. El forastero, originario de la Amazonía, es altamente resistente y sus almendras poseen cáscara gruesa y aroma suave. El trinitario es un híbrido resultado del cruce entre el criollo y forastero que posee características similares al forastero y como su nombre lo indica es procedente de Trinidad (SAG 2009).

2.2 CALIDAD DEL CACAO

Cuando se habla de calidad del cacao se deben tomar como parámetros el aspecto físico de la almendra y las propiedades intrínsecas de sabor y aroma. En el primer caso la calidad física estaría determinada por el cumplimiento adecuado de las prácticas de cultivo y post-cosecha. En referencia a calidad de sabor y aroma Cros (2000) demostró que está completamente ligado al origen de las almendras, tratamientos óptimos de post-cosecha (fermentado y secado) o beneficio y posterior tostado y especifica que el aroma es la suma de una fracción genética presente en la almendra, una fracción desarrollada durante la fermentación y secado y otra fracción formada en el proceso de tostado.

La comercialización del cacao se basa en las características físicas del cacao, específicamente con la prueba de corte que permite identificar el grado de fermentación a la que fueron sometidos. La calificación de parámetros químicos u organolépticos queda fuera del alcance tanto de productores como de comerciantes dado que por ejemplo la cantidad de grasa depende del genotipo y la calificación por su aroma y sabor debe ser realizada por especialistas y aún ellos pueden emitir respuestas subjetivas. En este sentido, los grandes y expertos fabricantes de chocolate tienen establecidos sus estándares

químicos, físicos, y organolépticos propios para calificar el grano, pero que indudablemente guardan como propiedad, en especial los parámetros químicos, y no los difunden (Enríquez 2003).

El cacao que se ha usado en el mercado internacional como estándar es el proveniente de Ghana por su reconocido y adecuado tratamiento post-cosecha. Siendo así, los estándares internacionales establecidos para el cacao exigen que la calidad del cacao comercial y negociable debe cumplir con: fermentación adecuada, completamente seco (7-8% Humedad), libre de granos con olor a humo, libre de olores anormales y de evidencias de adulteración. La prueba de corte sirve para determinar el grado del cacao de acuerdo a su porcentaje de granos mohosos, pizarrosos, planos, germinados o dañados por insectos y de acuerdo a ello otorgar calificación (UNCTAD).

2.2.1 Clasificación del cacao en grano

La denominación cacao de “Arriba” viene desde el año 1600 a partir de los cacaoteros cultivados aguas arriba del río Guayas (Ecuador). Son cacaos forasteros amazónicos pertenecientes a la variedad de cacao Nacional del Ecuador y su particular calidad aromática está dada por los factores naturales propios del lugar de cultivo y también por el “saber-hacer” en los procesos post-cosecha y de producción adquirido en el tiempo (Cabrera 2005). Por su sabor muy especial y bajo contenido de grasa se encuentra gran dificultad para elaborar productos de calidad constante orientados a un mercado especial. Este hecho ratifica la necesidad de que el manejo durante su procesamiento sea llevado a cabo en plantas de elaboración que dispongan de técnicos de alto conocimiento (Radi 2005). Según Enríquez (2003), la distinción del aroma que posee el cacao “arriba” del Ecuador se debe a la presencia del ácido graso linoléico. Además, su aroma floral no lo posee ningún otro cacao por lo que se considera insustituible para la industria chocolatera. La fuerza de su sabor lo hace capaz de sobresalir ante cualquier mezcla de chocolate y sabor de otro tipo de ingrediente. Aún en descendencias de hasta tres generaciones se han encontrado las características de su sabor.

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 176 (Cuadro 1) establece la clasificación para el cacao y los requisitos de calidad que debe cumplir el grano beneficiado y los criterios que deben aplicarse para su clasificación (ANECACAO 2009).

Cuadro 1. Requisitos según las calidades del cacao beneficiado.

Requisitos	Unidad	Cacao Arriba					CCN-51
		ASSPS	ASSS	ASS	ASN	ASE	
Cien granos pesan	g	135-140	130-135	120-125	110-115	105-110	135-140
Buena fermentación (mínimo)	%	75	65	60	44	26	65***
Ligera fermentación* (mínimo)	%	10	10	5	10	27	11
Totalmente fermentado (mínimo)	%	85	75	65	54	53	76
Violeta (máximo)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso/pastoso (máximo)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máximo)	%	1	1	2	3	4	1
Totales (análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos (máximo) (análisis sobre 500 gramos)	%	0	0	1	3	4**	1
ASSPS	Arriba Superior Summer Plantación Selecta						
ASSS	Arriba Superior Summer Selecto						
ASS	Arriba Superior Selecto						
ASN	Arriba Superior Navidad						
ASE	Arriba Superior Época						
*	Coloración marrón violeta.						
**	Se permite la presencia de granza solamente para el tipo ASE.						
***	La coloración varía de marrón violeta						

Fuente: Estudio sobre los mercados de valor para el cacao Nacional de origen y con certificaciones Claudia Radi 2005. http://www.anecacao.com/spanish/NTE_INEN_176.aspx.

El Cacao Atlas (2006), presenta evaluación física y química de cacao de los principales países productores de las tres regiones cacaoteras del mundo, América y El Caribe, Asia, y Oceanía y África. Cada muestra analizada está claramente identificada según calidad. Esta fuente de información se utilizó como estándar para la comparación de cacao y establecimiento de la calidad potencial de cada muestra de cacao (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentraciones de los parámetros químicos según calidades de cacao “Arriba” de Ecuador y Estándar Oficial de Ghana.

Origen	Estándar	pH	H	EE	N	PrC	Teo	Caf	Fen	Ácidos Grasos		
										C:16	C:18	C:18:1
Ecuador	ASE 1	5.80	6.90	55.40	2.40	12.40	1.16	0.21	90.00	27.00	35.10	33.10
	ASE 2	5.60	5.50	55.90	2.35	11.50	1.36	0.29	119.60	26.60	33.30	34.70
	ASS 1	6.00	7.30	54.80	2.43	12.20	1.26	0.29	96.90	26.40	35.40	33.70
	ASS 2	5.70	4.70	54.20	2.42	12.00	1.40	0.22	130.70	27.10	34.30	33.60
	ASSS 1	5.70	6.90	55.00	2.35	12.20	1.09	0.23	73.80	27.10	36.70	31.70
	ASSS 2	5.90	6.30	53.10	2.40	12.40	1.11	0.21	79.10	27.28	35.50	32.70
Ghana	Estándar Oficial	5.40	6.10	58.20	2.23	11.20	1.31	0.10	90.70	25.60	36.90	32.60
	Good Fermented	5.50	6.90	59.90	2.25	11.50	1.19	0.11	90.50	26.00	36.20	32.90

Fuente: Cacao Atlas (2006). H=humedad, EE=extracto etéreo, N=nitrógeno, PrC=proteína cruda, Teo=teobromina, Caf=cafeína, Fen=polifenoles, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido esteárico, C: 18:1 oleico.

2.3 ASPECTOS DETERMINANTES EN LA CALIDAD DEL CACAO

2.3.1 Clima

El cacaotero pertenece a las tierras bajas del bosque tropical. Los factores climáticos críticos para su óptimo crecimiento son la temperatura y la precipitación. Son favorables temperaturas altas en promedio anual de 30-32 °C como máximo y 18-21 °C mínimo. Variaciones de productividad notables son el resultado de las diferencias de precipitación entre años, por lo que el promedio anual debe estar entre 1500 y 2000 mm con un máximo de tres meses de sequía en áreas donde la precipitación mensual sea de 100 mm. En los países productores de cacao la humedad relativa puede alcanzar el 100% en el día y hasta un 70-80% en la noche, por lo que se convierte en otro factor climático indispensable para el desarrollo recomendable de la planta de cacao. Durante los primeros años de vida del árbol de cacao es indispensable dar protección a la planta (cultivo umbrófilo) de los rayos directos del sol (ICCO 2009).

2.3.2 Suelo

Los suelos adecuados para este cultivo son suelos profundos que sean capaces de retener agua en épocas secas además de topografía regular que facilite el drenaje. Suelos franco

arenosos y libres de obstáculos son preferibles a suelos arcillosos porque estos últimos complican la penetración de las raíces. Un alto contenido de materia orgánica (3.5% en 15 cm superficiales) y nutrientes determina el óptimo desarrollo de sus raíces. El árbol de cacao es adaptable a diferentes tipos de suelo, sin embargo un suelo pobre en nutrientes con pH fuera de 5.0 y 7.5 (ácidos-4.00 o alcalinos-8.00) disminuye la productividad esperada en condiciones óptimas (Gómez 2002, ICCO 2009).

2.3.3 Genotipo

La gran dificultad que existe para determinar la influencia real del genotipo sobre las diferencias aromáticas, se debe a que el beneficio no se hace de forma idéntica para cada variedad (Rohan 1964, Rohan y Stewart 1965, Maravalhas 1972, Keeney 1972, Reineccius *et al.* 1972, Jeanjean 1995). De igual manera el contenido de metilxantinas va a estar determinado por el genotipo y el grado de maduración del cacao en grano (Timbie 1977, Bastide 1987, citados por Cros 2000).

2.3.4 Tratamiento post-cosecha

2.3.4.1 Fermentación. Para obtener la calidad aromática esperada después de la fermentación es importante que la madurez del grano sea la adecuada. La fermentación de granos inmaduros no es fácil y resulta en granos pizarrosos o mohosos (Musa y Said 1988, citados por Cros 2000). Durante la fermentación ocurren importantes procesos microbiológicos y bioquímicos. En la primera fase de fermentación las levaduras transforman el azúcar de la pulpa en etanol que posteriormente será convertido en ácido acético por las bacterias, el cual penetra la superficie del grano donde ocurre la fermentación aerobia. En condiciones anaerobias, el alcohol pasa a ácido láctico, pero como el ácido acético oxida el alcohol a ácido acético más fácilmente, entonces las condiciones empiezan a ser más aeróbicas y para la actividad del ácido láctico. Posteriormente, el ácido acético es transformado en dióxido de carbono y agua al mismo tiempo que la temperatura se incrementa (45-50 °C) durante las primeras 48 h. La temperatura generada en la primera fase de fermentación sumada al ácido acético provoca la muerte del cotiledón y ruptura de las estructuras de la almendra. Es entonces cuando empieza la actividad enzimática, oxidación y paso de proteínas a aminoácidos. La acidez y astringencia se reducen hasta llegar a sustancias de sabor más suave además del color. Para asegurar una fermentación homogénea se remueven las almendras a las 48 y 72 h de haber empezado con la fermentación (Camu 2008, Hansen 1998, Schwan 1998, citados por Madell 2009). Estos mismos autores dicen que son necesarios seis días para lograr un fermentado óptimo, sin embargo el tiempo depende del tipo de cacao, siendo para el forastero cinco y para el criollo de dos a tres días (ICCO 2009). Según resultados obtenidos por Amores *et al.* (2004), el proceso de fermentado entre el segundo y quinto día son claves porque es cuando se producen los mayores cambios tanto en concentración como en comportamiento de los compuestos químicos y sus reacciones.

2.3.4.2 Secado. El objetivo del secado es reducir la humedad del grano del 60% a 7.5% que es lo permitido para exportación. Este proceso debe ser llevado de manera lenta y pausada para permitir que las reacciones químicas que empezaron en la fermentación no sean interrumpidas. De esta manera se evita el desarrollo de olores no deseados y que la almendra adquiera sabores ácidos y amargos. Pese a esto es muy posible que se desarrollen dichos malos olores por lo que es de gran importancia que la temperatura de secado no sobrepase los 65 °C (ICCO 2009).

El proceso bioquímico provoca la formación de compuestos volátiles (alcoholes, ésteres y aldehídos), causa reducciones notables en la composición de fenoles y permite la formación de los precursores de aroma que posteriormente serán consumidos en el proceso de tostado para generar el aroma y sabor deseado (Gill *et al.* 1985, Ziegleder 1991, Villeneuve *et al.* 1989, Seiki 1973, Reineccius *et al.* 1972, Voigt y Biehl 1995, citados por Cros 2000). Las metilxantinas (teobromina y cafeína) también se ven reducidas (por exudación) en un cuarto de su contenido de lo que poseían las almendras sin fermentar (Timbie *et al.* 1978, citado por Luna *et al.* 2002).

2.3.5 Propiedades químicas del cacao

Según Cubero *et al.* (1992), las reacciones de fermentación se dan con mayor rapidez en zonas bajas, es decir donde se tienen temperaturas a nivel del mar. En su estudio se demostró que estas reacciones ocasionan cambios en algunos compuestos químicos del cacao. Componentes como la ceniza, polifenoles totales y taninos presentaron menor concentración en muestras no fermentadas y cultivadas a 600 msnm que en las muestras cultivadas a 40 msnm, también sin fermentar, pero mayor concentración después de ser fermentadas. La explicación a este comportamiento es que en las zonas cercanas al mar se alcanza el óptimo (45 y 50 °C) de temperatura de fermentación más temprano y por lo tanto la muerte del embrión más rápido que en las zonas más altas. Asimismo, la acción de la glucosidasa, proteasa y polifenoloxidasa dura más tiempo en lugares bajos que en lugares altos (Ramírez 1988, Romeau 1980, Soria 1966, citados por Cubero *et al.* 1992). La permeabilidad de las células de la testa es mayor después de la muerte del embrión permitiendo que las cenizas sean arrastradas hacia la testa y que compuestos como los polifenoles y taninos sean hidrolizados y oxidados por las enzimas. En las muestra sin fermentar el valor del pH fue mayor a mayor altura que a menor altura, pero entre las muestras fermentadas se registró mayor valor de pH a menor altura. Los valores de nitrógeno total y de extracto etéreo no cambiaron ni por altura ni por grado de fermentación. La altura a nivel del mar constituye ser una ventaja debido a que se alcanzan mayores cambios al momento de la fermentación.

Ortiz *et al.* (2009), señala que cacaos tipo forastero y criollo cambian en sus componentes químicos, durante la etapa del fermentado. En un estudio realizado por Portillo (2007), con muestras de cacao criollo porcelana en el sur del Lago Maracaibo, determinó el comportamiento del pH, taninos, azúcares reductores y totales, teniendo como factores de variabilidad el tipo de fermentador (TF-cuadrado y rectangular), frecuencia de remoción (FR-12 h y 24 h), aguante de la mazorca (AM-cero y cinco días) y tiempo de fermentación (TPF-0 h, 24 h, 48 h, 72 h y 96 h) después de la cosecha se demostró que las variables

estudiadas fueron afectadas por los factores de variabilidad, en especial los taninos y azúcares reductores, siendo determinantes en el desarrollo del sabor astringente y precursores del aroma térmico del cacao respectivamente. De acuerdo a ello, las recomendaciones para el cacao de porcelana fueron: 72 h de fermentación máxima, remociones cada 24 h, aguante cero (fermentar inmediatamente después de cosechado) y cajones cuadrados.

En el marco del proyecto patrocinado por ICCO (Organización Internacional del Cacao) y ejecutado por INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) con el objetivo de desarrollar criterios para diferenciar el cacao fino/aroma del cacao ordinario, en los que se puedan respaldar tanto productores y comerciantes de cacao así como grandes fabricantes de chocolate, se realizaron análisis químicos donde evaluaron el comportamiento y concentración de polifenoles, azúcares y purinas (teobromina y cafeína) entre otros parámetros. Los resultados establecieron que el porcentaje de teobromina y cafeína disminuyó en un 20 % y 25%, respectivamente, en cacao fermentado con relación al cacao sin fermentar. Además, basados en la evidencia que determinó el CIRAD de que la relación teobromina/cafeína puede ser un instrumento efectivo para diferenciar el origen del cacao observaron que dicha relación se mantenía constante para las muestras de cacao Nacional, CCN-51 y el proveniente de Ghana respectivamente, e independiente de los tiempos de fermentación. Así, la relación teobromina/cafeína para las muestras de cacao Nacional se encuentran entre cuatro y seis (Anexo 10), para el cacao CCN-51 próximas a siete y para el cacao de Ghana alrededor de 10. Además se hizo una comparación entre localidades de un mismo país (Anexo 11) con muestras de cacao de fincas comerciales, donde también se encontraron diferencias significativas entre las fincas para los parámetros teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína (Amores 2006) (Anexo 10).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) de la Carrera de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana ubicada en el kilómetro 32 al oriente de Tegucigalpa, Departamento Francisco Morazán, Honduras.

3.2 MATERIALES Y UTENSILIOS

Las almendras de cacao (Figura 1), (Cuadro 3) constituyeron el material base para este estudio. Además de instrumentos, objetos y utensilios de laboratorio: tubos de ensayo, beakers, erlenmeyers, crisoles, balones, pipetas, picetas, repicetas, embudos, papel filtro, papel aluminio, pinzas, desecador, magnetos.



Figura 1. Variedad Indio Criollo rojo, considerada dentro del grupo de cacaos finos de aroma tomada en la costa norte de Honduras.

Fuente: Fundación Hondureña para la investigación agrícola (FHIA 2008).

Cuadro 3. Identificación y procedencia de las muestras de cacao de Omoa y La Masica.

Muestra/ Finca	Finca	Variedad	Ubicación
FG	Guadalupe	Híbrido FHIA, Indio Rojo	Cuyamel, Omoa-Cortés
FSR	San Rafael	Híbrido FHIA	San Rafael, Omoa-Cortés
FPO	El Porvenir	Híbrido INA y FHIA, Indio Rojo y Amarillo	Barbaschele, Omoa-Cortés
FPA	El Paraíso	Híbrido FHIA, Indio Rojo y Amarillo	El Paraíso, Omoa-Cortés
FLE	La Estringa	Híbrido FHIA, Indio Rojo	Cuyamel, Omoa-Cortés
FH2	FHIA-Helvetas	Trinitario	La Masica, Atlántida
FH8	FHIA-Helvetas	Trinitario	La Masica, Atlántida
FH21	FHIA-Helvetas	Trinitario	La Masica, Atlántida
FH26	FHIA-Helvetas	Trinitario	La Masica, Atlántida

Fuente: Administración de cada finca.

3.3 PRETRATAMIENTO DE MUESTRAS

Las muestras de cacao de las fincas FG, FSR, FPO, FPA Y FLE pasaron por el tratamiento de post-cosecha que cada finca realiza. No hay un procedimiento que oriente a todos los productores a realizar un procedimiento estándar (Cuadro 4).

Cuadro 4. Manejo de las muestras en las fincas de Omoa.

Muestra	Altura (m)	Fermentado (h)	Secado (h)
FG	100	0	72
FSR	400	0	72
FPO	400	144	72
FPA	200	144	72
FLE	100	48	72

Fuente: Administración de cada finca.

Las muestras provenientes de la finca de la FHIA son parte del programa para la validación de un proceso de post-cosecha estándar. La muestra FH2 es usada como muestra base por lo que fue secada en baba. Las muestras FH8, FH21 y FH26 fueron puestas en bolsas de 20.45 Kg y luego cada una fue sujeta a diferente tratamiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tratamiento para las muestras de La Masica.

Muestra	Altura (m)	Exp. al Sol (h)	Fermentado (h)	Secado (h)
FH2	30	0	0	48-72
FH8	30	6	76	48-72
FH21	30	3	144	48-72
FH26	30	6	144	48-72

Fuente: Administración de la finca.

3.4 RECIBO DE MUESTRAS

Se recibieron cinco muestras de cacao con testa, fermentado y secado, provenientes de las fincas: Guadalupe (FG), variedad Indio Rojo e Híbrido FHIA; San Rafael (FSR), variedad Híbrido FHIA; El Porvenir (FPO), variedad Indio Rojo y Amarillo e Híbrido INA y FHIA; El Paraíso (FPA), variedad Indio Rojo y Amarillo e Híbrido FHIA; y La Estringa (FLE), variedad Indio Rojo e Híbrido FHIA ubicadas en el municipio de Omoa, Departamento de Cortés bajo el Proyecto de la Cuenta del Milenio (MCA, por sus siglas en Inglés) y cuatro muestras (FH2, FH8, FH21 y FH26, todas de la variedad trinitario) provenientes de la finca de la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) ubicada en el municipio La Masica, Departamento de Atlántida, manejadas por la Fundación Helvetas Honduras. Las muestras de cacao fueron registradas en el archivo de ingresos del LAAZ. El mismo día se procedió al almacenamiento de la mitad de las muestras, en calidad de respaldo en un ambiente controlado (freezer) a -20°C para evitar el deterioro de las mismas y la otra mitad se destinó a los análisis pertinentes. Las muestras eran parte de la cosecha del mes de octubre del 2008 y los análisis se realizaron en abril del 2009, tiempo que permanecieron congeladas a -80°C después de haber sido sumergidas en nitrógeno líquido.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la caracterización química del cacao se formó tres grupos y aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones para cada uno.

Grupo 1. Constituido por las nueve muestras (nueve tratamientos) de las seis fincas (Guadalupe, San Rafael, El Porvenir, El Paraíso, La Estringa y la FHIA). Las cinco primeras correspondientes a cinco fincas (FG, FSR, FPO, FPA y FLE) ubicadas en Omoa y las cuatro restantes (FH2, FH8, FH21 Y FH26) ubicadas en La Masica a la finca de la

FHIA tomadas como independientes entre sí por haber tenido diferente tratamiento post-cosecha.

Grupo 2. Constituido por las cinco primeras fincas (FG, FSR, FPO, FPA y FLE) (cinco tratamientos), tomadas cada una como muestras independientes.

Grupo 3. Se formó con las muestras de la finca de la FHIA (FH2, FH8, FH21 Y FH26) (cuatro tratamientos).

Se uniformizó en grupos de nueve muestras para determinar el efecto de la altitud del lugar de cultivo (grupo 1). Los tratamientos post-cosecha dados en cada finca fueron diferentes. En las primeras cinco fincas el grano de cacao fue sometido a diferentes horas de fermentado, pero similares de secado. Por tanto el factor post-cosecha evaluado estadísticamente fue la fermentación (grupo 2). Las muestras de la FHIA fueron sometidas a un tratamiento monitoreado de exposición al sol en bolsas de 20.45 Kg y luego fermentadas por diferentes rangos de tiempo (grupo 3). Los análisis químicos se hicieron por triplicado para cada muestra.

3.6 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS

Se tomaron aproximadamente 200 g por muestra y se dejaron 48 h en el horno de 60 °C para eliminar la humedad aparente debido a que el exceso de humedad puede interferir en los resultados de los análisis posteriores, además de facilitar el desprendimiento de la testa “cáscara”. Se procesaron alrededor de 50 g de cada una (sin testa) con un mortero debido a que el alto contenido de grasa no permitió hacerlo con un procesador eléctrico. Las muestras fueron pasadas por un tamiz No. 30 obteniendo partículas de tamaño menores a 600 μm . De la mitad de cada una de las muestras se obtuvieron muestras libres de grasa (Soxhlet) para ser utilizados en los análisis de fibra dietética y taninos. La segunda mitad de las muestras fueron utilizadas para el análisis proximal. Las muestras libres de grasa y las muestras con grasa se mantuvieron a -20 °C.

3.7 MÉTODOS Y EQUIPO

3.7.1 Análisis proximal

Los análisis químicos realizados constituyeron en primer orden el análisis proximal que incluyó: humedad, H (AOAC 964.22); cenizas, Cz (AOAC 925.51); extracto etéreo, EE (AOAC 920.85); carbohidratos totales, CHOS (21CRF101.9¹); fibra dietética, DF (AOAC 985.29); proteína cruda, PrC (AOAC 960.52); azúcares totales, AzT (AOAC 925.52); azúcares reductores, AzR (AOAC 925.52) y pH, PH (AOAC 970.21). La cuantificación de cada componente se hizo por triplicado y los resultados se obtuvieron en g (parámetro)/100g (muestra seca).

3.7.2 Teobromina y cafeína

El método utilizado en el laboratorio para la extracción y cuantificación de teobromina y cafeína fue el adaptado por López (2008) de Cassal *et al.* (1998). Para la cuantificación se utilizó un equipo de HPLC Agilent 1100 Series con Bomba Degasificadora G1379A, Bomba Cuaternaria G1311A, Automuestrador Agilent 1200 Series G1329A ALS, Detector de Arreglo de Diodos (DAD por sus siglas en inglés), columna analítica ZORBAX ODS Agilent (4.6 x 250 mm) 5 μm de tamaño de partícula y precolumna ZORBAX SB C-18 (4.6 x 12.5 mm) 4 μm y Software Agilent ChemStation Rev. B.03.02 [341]. El área bajo la curva de los cromatogramas representa la concentración de cada compuesto. Se realizaron tres inyecciones por cada muestra y los resultados fueron obtenidos en mg (teobromina y cafeína)/100g (muestra seca).

3.7.3 Polifenoles

Para la extracción de polifenoles se hicieron ciertas modificaciones al utilizado en Cacao Atlas (2006). Se diluyó 0.1 g de muestra libre de grasa en cinco ml de solvente (60% acetona 40% agua) con agitación constante. Se centrifugó durante 15 min. a 5000 rpm y se trasladó el sobrenadante a un balón aforado de 25 ml que contenía 0.4 ml de ácido acético glacial. Se agregó cinco ml del solvente a los residuos sobrantes en el tubo anterior, se agitó y centrifugó nuevamente. Se mezclaron los dos sobrenadantes y se aplicó nitrógeno directamente sobre el líquido para evaporar el porcentaje de acetona que contenía el solvente. Se aforó cada muestra a 25 ml. Las muestras con alta concentración fueron diluidas. La cualificación de polifenoles se realizó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu descrita por Talcott (2003). Se tomó un ml de muestra diluida, se agregó un ml del reactivo de Folin-Ciocalteu (solución amarilla) 0.25 N se agitó en el vortex y dejó reposar durante tres min. Enseguida se agregó un ml de Carbonato de Sodio (solución clara) se agitó y dejó reposar por siete min. Se agregó siete ml de agua destilada, agitó y dejó reposar durante 45 min. , finalmente tomar la lectura en el Spectronic 20 a una longitud de onda de 726 nm. La preparación del reactivo amarillo se hizo diluyendo 125 ml del reactivo comercial Folin-Ciocalteu (2N) en un L de agua destilada. Para la preparación de la solución de carbonato de sodio se pesaron 105.99 g de Na_2CO_3 in 800 ml de agua destilada y luego se aforó hasta llegar a un L. Se realizó tres repeticiones por cada muestra y se obtuvieron los resultados en mg (equivalentes de ácido gálico)/Kg (muestra seca).

3.7.4 Taninos totales

Para la extracción y cuantificación de taninos se siguió el método de Vainillina/Cl. descrito por Price *et al.* 1978. Se hicieron dos análisis, uno con muestra con grasa y otro con muestra sin grasa. Para la cuantificación se utilizó el Spectronic 20. El análisis fue hecho tres veces por cada muestra y se obtuvieron los resultados en mg (equivalentes de catequina)/g (muestra seca).

3.7.5 Perfil de Ácidos Grasos

El perfil de ácidos grasos fue determinado (AOAC 996.06) utilizando un cromatógrafo de gases (GC, por sus siglas en inglés) de Agilent Technologies 6890 Series GC Sistema con 5182-3483 Generador de Hidrogeno, 7683B Series Injector, columna DB-23 60 m x 0.25 mm dm x 0.25 um para estereoisómeros cis/trans de ácidos grasos, H₂ para la combustión de la flama, N₂ como gas de arrastre, hexano y sulfato de sodio para la derivatización. Se hicieron tres inyecciones por muestra y se reportaron los resultados en porcentaje con base en el total de grasa presente en las muestras.

Para la realización de los análisis se utilizó la muestra en base húmeda y posteriormente se hicieron los respectivos cálculos para obtener los resultados en base seca. Se hace esta consideración porque compuestos como cafeína, teobromina, polifenoles y taninos totales son susceptibles a degradación por acción de las altas temperaturas necesarias para secar la muestra. Los resultados obtenidos de todos los parámetros químicos analizados fueron transformados a porcentaje para hacer la comparación con el estándar.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Grupo 1. Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA), además de la separación de medias con la prueba estadística de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 para determinar diferencias en la concentración de los 18 componentes químicos entre las nueve muestras y si hubo efecto significativo de la altura sobre los compuestos químicos de las mismas.

Grupo 2. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar el efecto del tiempo de fermentación sobre la concentración de los componentes químicos.

Grupo 3. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar el efecto de la exposición al sol y el efecto de la fermentación sobre los componentes químicos.

Después del análisis de varianza, para los tres grupos, se utilizó correlación y regresión lineal simple que permitieron determinar el grado de agrupación lineal y la relación con el mejor R² entre los componentes químicos y los factores de variabilidad (altura, exposición al sol y fermentación). Se tomaron los componentes que tuvieron significancia (Pr < 0.05). Finalmente se hizo contrastes ortogonales donde se encontró diferencias en algunos parámetros químicos entre las muestras de cada municipio (Omoa y La Masica).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 6 y 7 se presenta la composición química del cacao proveniente de las fincas Guadalupe (FG), San Rafael (FSR), El Porvenir (FPO), El Paraíso (FPA), La Estringa (FLE) (Omoa) y la FHIA (FH2, FH8, FH21 Y FH26) (La Masica). Con estos resultados se realizaron los análisis estadísticos descritos en 3.8.

Cuadro 6. Composición química del cacao de las fincas de Omoa y La Masica.

Muestra	Componentes Químicos									
	pH	H	Cz	EE	N	PrC	FD	CHOs	AzT	AzR
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FG	6.49 a	12.78 b	3.53 a	50.82 cde	2.24 a	14.03 a	20.61 a	31.61 abc	2.83 de	1.85 a
FSR	5.97 d	14.23 a	3.5 a	49.77 def	2.36 a	14.73 a	20.21 a	32.00 abc	2.8 Cd	1.23 b
FPO	5.99 cd	6.47 d	3.26 a	47.99 f	2.4 a	15.02 a	20.39 a	33.56 a	1.32 ef	1.2 b
FPA	6.14 bc	6.98 cd	3.26 a	48.23 F	2.4 a	14.99 a	20.56 a	33.51 a	1.47 ef	1.28 b
FLE	6.24 b	12.20 b	3.84 a	48.81 ef	2.3 a	14.35 a	20.06 a	32.99 ab	2.23 de	1.77 a
H2	6.08 bcd	5.05 e	3.61 a	55.36 a	2.34 a	14.65 a	19.98 a	26.34 d	4.23 ab	0.21 c
H8	5.43 e	6.91 cd	3.12 a	51.70 bcd	2.27 a	14.20 a	20.73 a	30.98 abc	0.59 F	0.19 c
H21	5.54 e	7.98 c	2.87 a	52.23 bc	2.27 a	14.20 a	20.33 a	30.72 bc	5.45 A	0.19 c
H26	5.56 e	6.75 d	2.85 a	53.51 ab	2.18 a	13.64 a	20.85 a	30.00 c	3.77 bc	0.18 c

*Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Pr<0.05) según Tukey. ¹Expresado en equivalentes de ácido gálico y materia seca libre de grasa. ²Expresado en equivalentes de catequina y materia seca libre de grasa. Todos los resultados están expresados en porcentaje de base seca. H=Humedad, Cz=Ceniza, EE=Extracto Etéreo, N=Nitrógeno, PrC=Proteína Cruda, FD=Fibra Dietética, CHOs=Carbohidratos Totales, AzT=Azúcares Totales, AzR=Azúcares Reductores. nd=no determinado.

Cuadro 7. Composición química del cacao de las fincas de Omoa y La Masica (Continuación).

Muestra	Componentes Químicos								
	Teo	Caf	FenSG1	TanCG	TanSG	AcPAL	AcEST	AcOLE	GS
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FG	1.93 abc	0.17 b	17.48 b	9.36 b	20.82 b	26.64 b	39.25 b	34.11 b	65.89 b
FSR	1.94 ab	0.18 b	9.22 de	4.3 de	6.81 f	29.12 b	44.01 b	26.87 b	73.13 b
FPO	1.84 c	0.12 c	7.89 e	3.34 e	4.91 f	24.41 b	38.21 b	37.38 b	62.62 b
FPA	2.01 a	0.27 a	7.82 e	4.75 cd	7.54 ef	32.33 b	49.16 b	18.51 b	81.49 b
FLE	1.88 bc	0.17 b	16.91 b	11.58 a	22.01 b	146.69 a	235.39 a	200.17 a	382.08 a
H2	nd	nd	22.97 a	11.14 a	31.04 a	24.72 b	36.92 b	34.63 b	62.63 b
H8	nd	nd	12.32 c	4.93 cd	13.56 c	24.46 b	37.00 b	35.51 b	61.8 b
H21	nd	nd	11.51 cd	5.73 c	10.69 cd	25.29 b	35.03 b	36.94 b	60.75 b
H26	nd	nd	7.75 e	5.19 cd	10.3 de	26.61 b	35.63 b	34.81 b	62.50 b

*Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($Pr < 0.05$) según Tukey. ¹Expresado en equivalentes de ácido gálico y materia seca libre de grasa. ²Expresado en equivalentes de catequina y materia seca libre de grasa. Todos los resultados están expresados en porcentaje de base seca. Teo=teobromina, Caf=cafeína, TC=Relación Teobromina/Cafeína, FenSG=Fenoles en muestras, sin grasa, TanCG= Taninos en muestras con grasa, TanSG=Taninos en muestras sin grasa, Ácidos grasos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y oléico (C18:1), GS=Grasas Saturada. nd=no determinado.

Los resultados de los parámetros bajo estudio fueron analizados para determinar si hubo diferencias entre las fincas de las cuales vinieron las muestras. Se encontraron diferencias significativas ($Pr < 0.05$) en casi todos los parámetros excepto la concentración de: ceniza, nitrógeno total, proteína cruda y fibra dietética. La separación de medias permitió mostrar esas diferencias claramente.

4.1 ANÁLISIS PARA LAS FINCAS DEL GRUPO 1 (FG, FSR, FPO, FPA, FLE, FH2, FH8, FH21, FH26), OMOA Y LAMASICA

4.1.1 Efecto de la altura sobre los componentes químicos (Grupo 1)

El extracto etéreo, nitrógeno total, proteína cruda, carbohidratos totales, azúcares reductores, polifenoles, taninos los ácidos palmítico, esteárico y oleico fueron afectados significativamente por la altura ($Pr < 0.05$) según el análisis de varianza realizado (Anexo 1).

4.1.2 Correlación lineal entre los compuestos químicos y la altura (Grupo 1)

Los compuestos que mostraron un coeficiente de correlación significativa ($Pr < 0.05$) fueron extracto etéreo, nitrógeno total, proteína cruda, carbohidratos totales, azúcares reductores polifenoles y taninos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Componentes químicos con correlación lineal significativa respecto a la altura.

Componentes Químicos	Correlación	
	Pr > F_Corr	Coef_Corr
EE	< .001	-0.67
N	0.01	0.47
PrC	0.01	0.47
CHOs	0.003	0.55
AzR	0.009	0.49
FenSG	0.01	-0.48
TanSG	0.001	-0.58

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron correlación significativa ($Pr < 0.05$).

Pr>F_Corr=Probabilidad de Correlación, Coef_Corr=Coficiente de Correlación.

En las Figuras (2-26) de regresión lineal simple se observó el comportamiento de los compuestos que fueron afectados significativamente por la altura según el coeficiente de correlación (Pearson).

En la Figura 2 (Pearson=-0.67), el contenido de lípidos disminuyó significativamente a mayor altura. El contenido de grasa de las muestras a 30 m de altura pertenece al cacao de la variedad trinitario y presentó valores mayores a las muestras cultivadas a 400 m que son parte de una mezcla de variedades indio rojo, indio amarillo e híbridos de la FHIA. La diferencia de contenidos fue corroborada por Enríquez (2003), cuando dijo que el contenido de grasa depende del genotipo del grano. Además, Radi (2005), expresó que el cacao denominado de arriba y considerado de exquisito sabor tiene como una de sus características un bajo contenido de grasa.

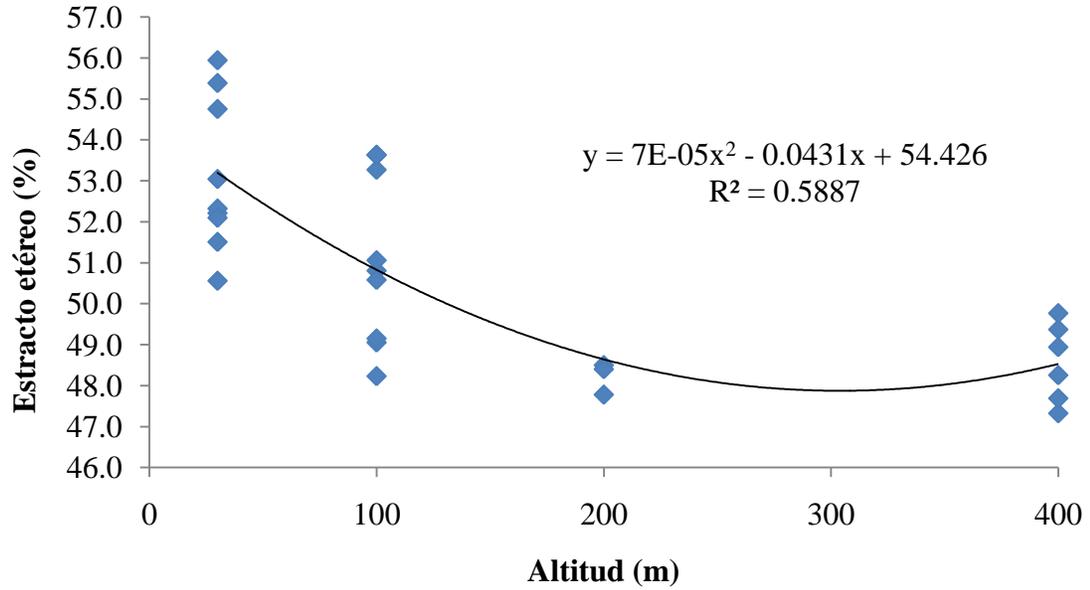


Figura 2. Efecto de la altura sobre el contenido de lípidos totales.

En la Figura 3 (Pearson=0.47), se observa que el contenido de nitrógeno aumentó significativamente a medida que aumentó la altura de la zona de cultivo. Esto fue contrario a lo observado por Cubero *et al.* (1992) cuando dijo que el nitrógeno no cambió en cacao cultivado a alturas bajas con respecto a cacao cultivado en zonas altas.

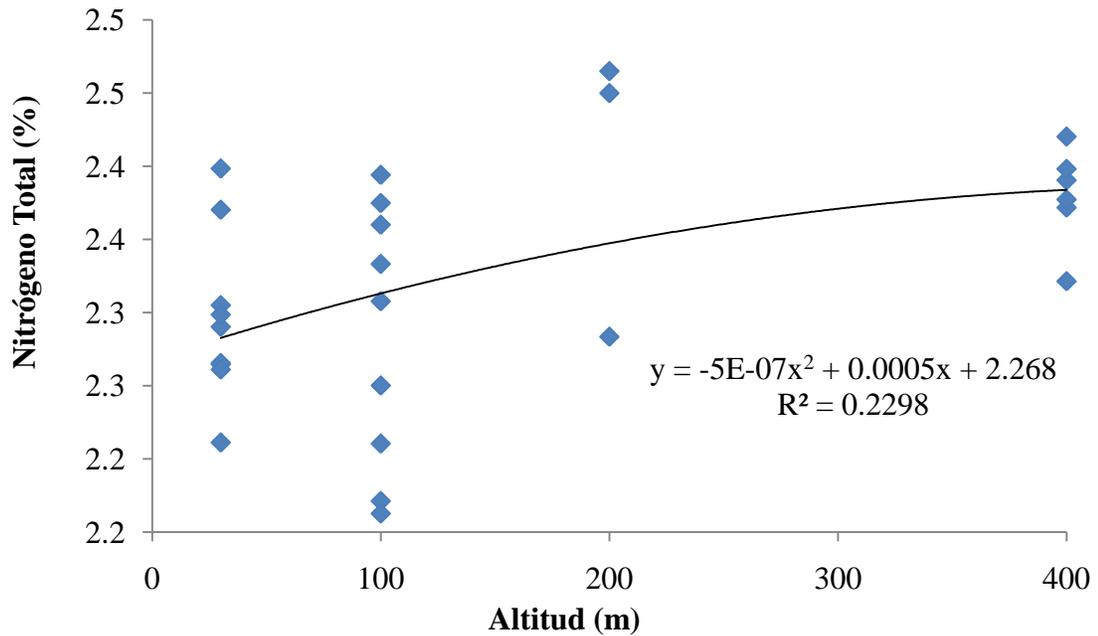


Figura 3. Efecto de la altura sobre el contenido de nitrógeno total.

En la Figura 4 (Pearson=0.47), se observa que el contenido de proteína cruda aumentó significativamente según la altura de la zona de cultivo al igual que el comportamiento del nitrógeno. Se registraron valores de proteína mayores a 200 m que al resto de alturas evaluadas.

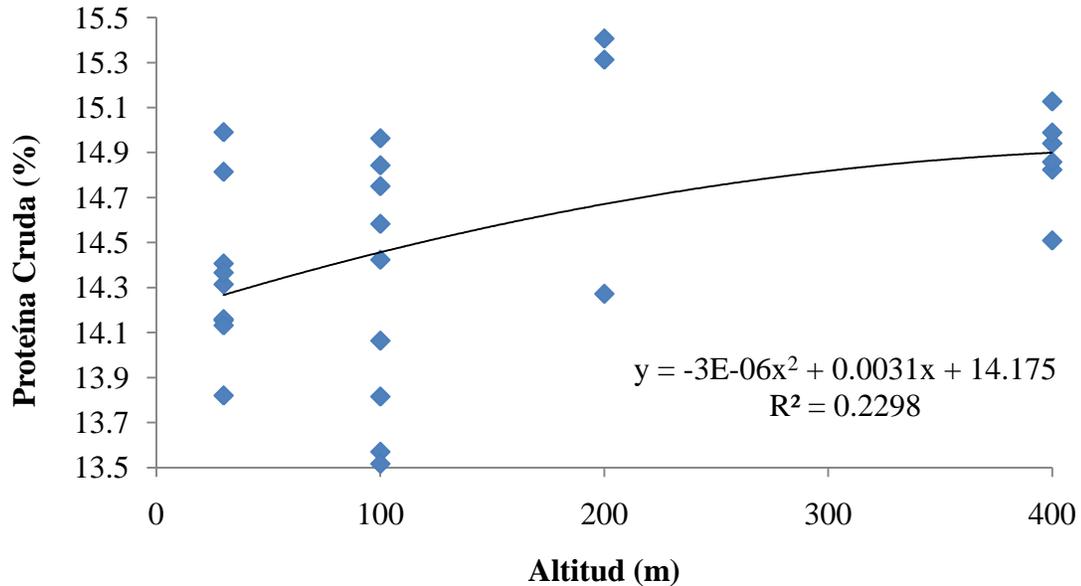


Figura 4. Efecto de la altura sobre el contenido de proteína cruda.

En la Figura 5 (Pearson=0.54), se observa que el contenido de carbohidratos totales incrementó significativamente a mayor altura de la zona de cultivo. Se vieron claras diferencias entre muestras a 30 m de altura. Así mismo, muestras a 30 m tuvieron concentraciones similares a las muestras a 100 m. Las muestras a 200 m se encontraron con niveles de carbohidratos similares a las muestras que se encontraron a 400 m.

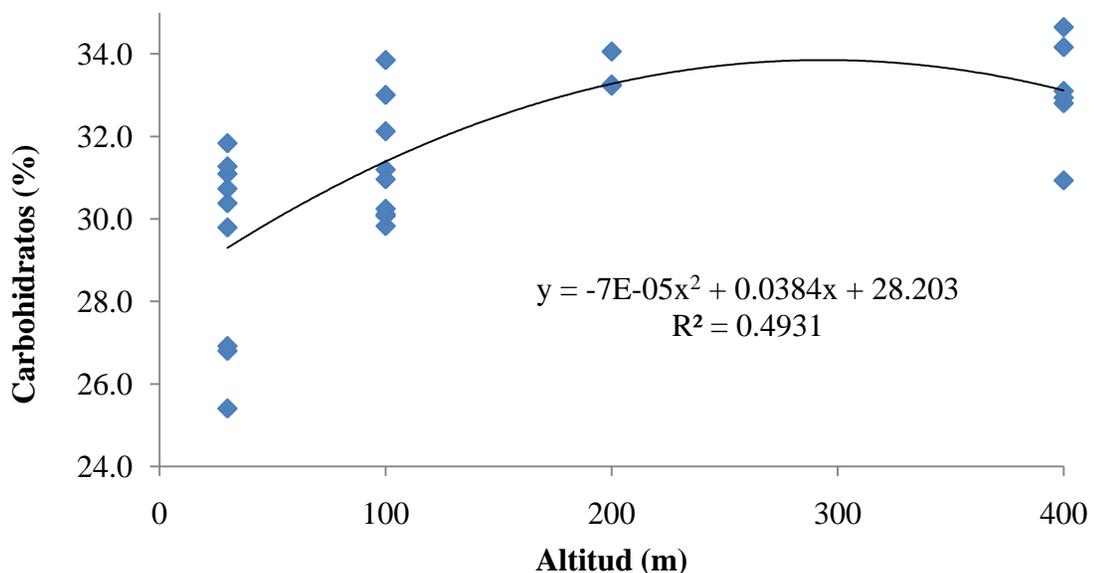


Figura 5. Efecto de la altura sobre el contenido de carbohidratos totales.

En la Figura 6 (Pearson=0.49), se observa correlación positiva entre el contenido de azúcares reductores y la altura, es decir los azúcares aumentaron significativamente a medida que la altura de la zona de cultivo fue mayor. Se observó un aumento importante en su contenido al pasar de 30 m a 100 m de altura sobre el nivel del mar.

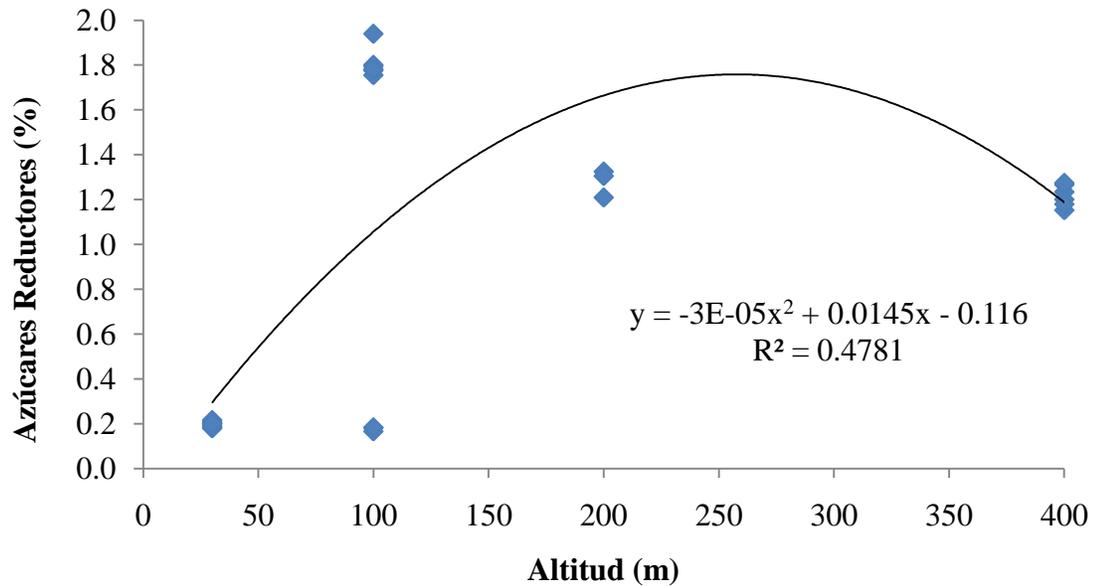


Figura 6. Efecto de la altura sobre el contenido de azúcares reductores.

En la Figura 7 (Pearson=-0.48), se observa que la concentración de polifenoles totales decreció significativamente según la altura de la zona de cultivo incrementó, sin embargo se mostró que entre las muestras a 30 m de altura el contenido fue diferente. Esta diferencia pudo ser el resultado de los diferentes tratamientos post-cosecha.

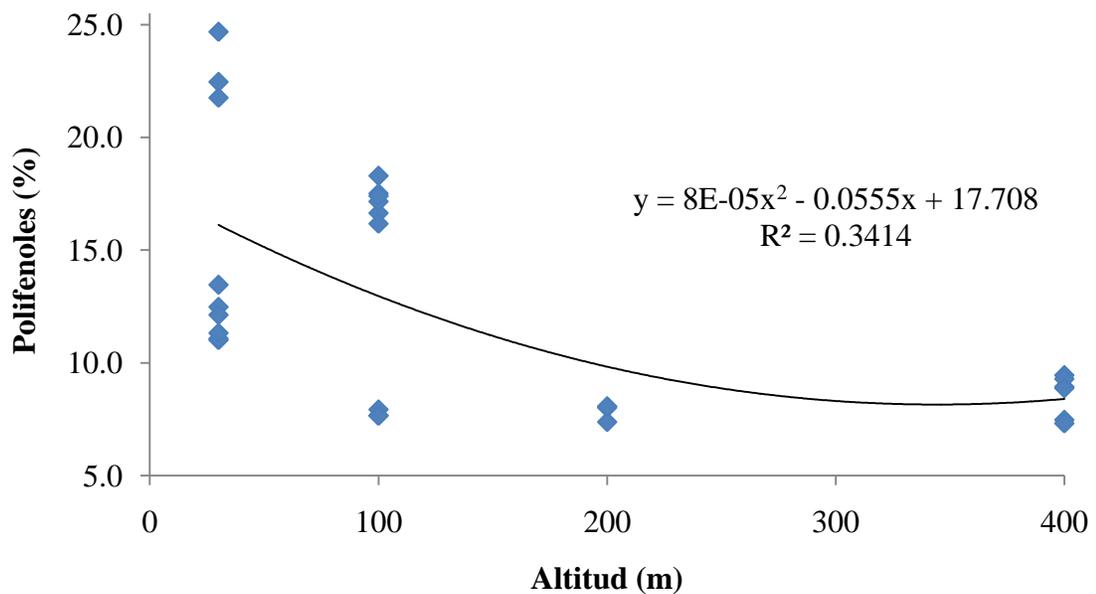


Figura 7. Efecto de la altura sobre el contenido de polifenoles.

En la Figura 8 (Pearson=-0.58), el bajo coeficiente de correlación inverso fue respuesta al cambio de concentración de taninos entre las muestras a 30 m, el alto contenido a 100 m y su disminución a 200 m y 400 m. El contenido de taninos disminuyó significativamente a mayor altura.

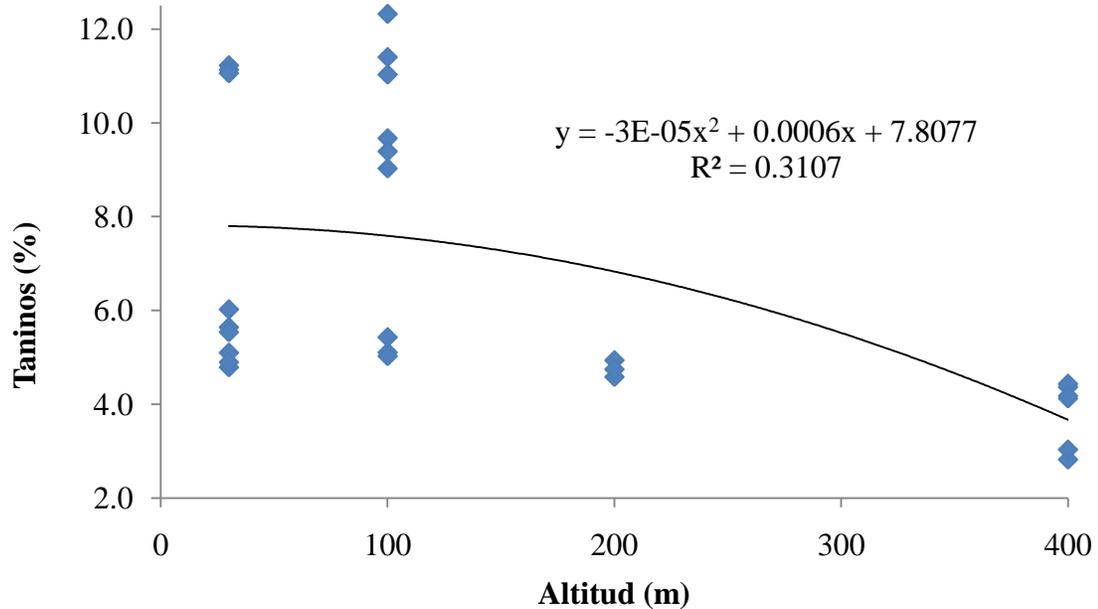


Figura 8. Efecto de la altura sobre el contenido de taninos.

A los compuestos que tuvieron diferencia significativa por efecto de la altura se les evaluó el grado de asociación lineal entre su concentración y la altura. Luego, se tomaron los compuestos que tuvieron coeficiente de correlación significativo para el análisis de regresión lineal simple que emitió una ecuación que podría explicar el comportamiento de cada compuesto.

4.2 ANÁLISIS PARA LAS FINCAS DEL GRUPO 2 (FG, FSR, FPO Y FPA), OMOA

4.2.1 Efecto del tiempo de fermentación sobre los componentes químicos (Grupo 2)

El análisis de varianza para evaluar el efecto del proceso de fermentación aplicado a las almendras de cacao reportó que humedad, extracto etéreo, carbohidratos totales, azúcares totales, azúcares reductores, polifenoles, taninos y los ácidos palmítico, esteárico, oleico y grasa saturada fueron afectados significativamente ($Pr < 0.05$) por el tiempo de fermentación al que se sometieron las muestras (Anexo 2).

4.2.2 Correlación lineal entre los compuestos químicos y el tiempo de fermentación (Grupo 2)

Con los parámetros químicos que fueron afectados significativamente por la altura se hizo correlación y se tomaron los que presentaron coeficiente de correlación significativo ($Pr < 0.05$): humedad, extracto etéreo, carbohidratos totales, azúcares totales, azúcares reductores, polifenoles y taninos (Anexo 3).

En la Figura 9 (Pearson=-0.97), se muestra que la humedad del grano disminuyó significativamente a más horas de fermentación fue sometido.

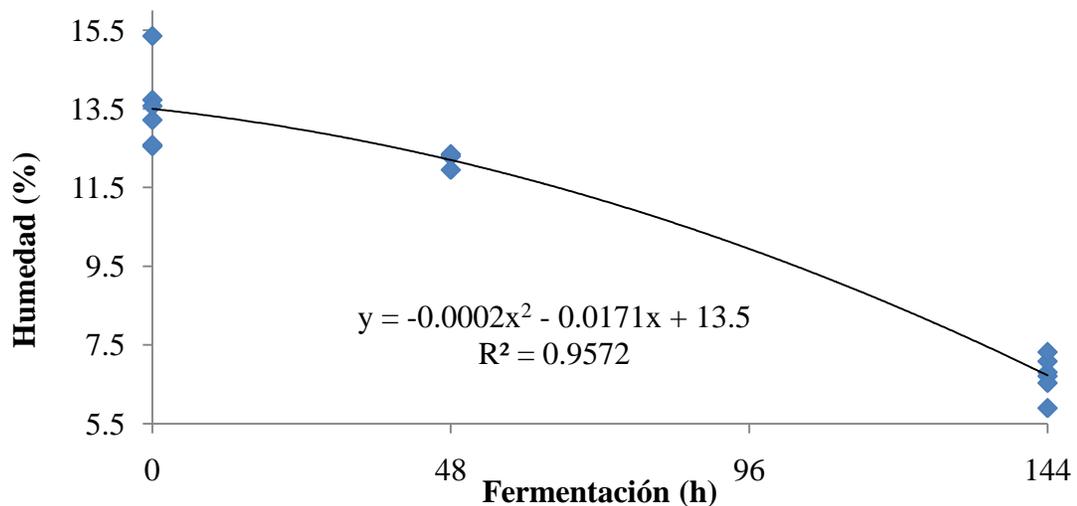


Figura 9. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de humedad.

En la Figura 10 (Pearson=-0.76), se muestra que el contenido de grasa total en el grano de cacao fue menor a mayor número de horas de fermentación.

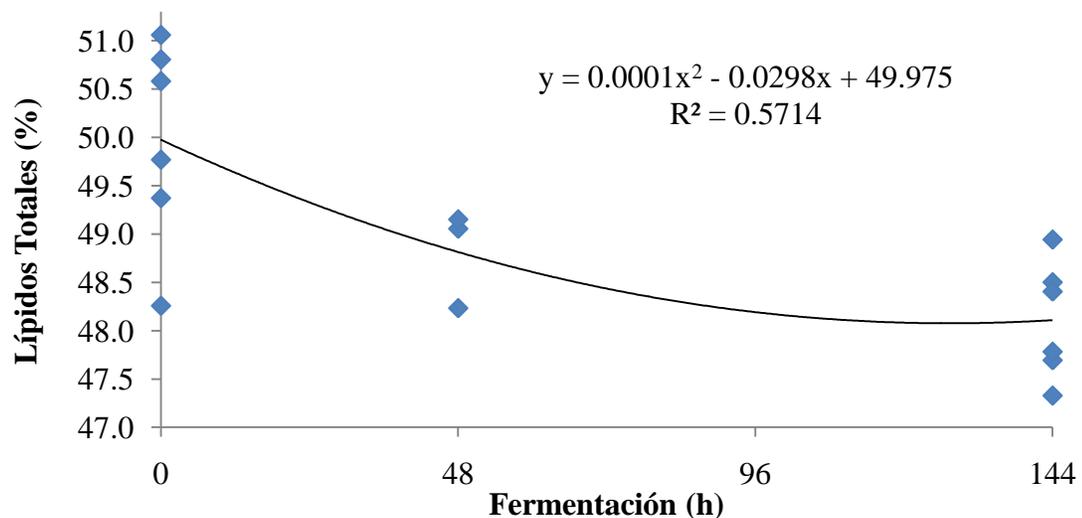


Figura 10. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de lípidos totales (Grupo 1).

En la Figura 11 (Pearson=0.62), se muestra que el contenido de carbohidratos totales aumentó significativamente a mayor tiempo de fermentación se aplicó al grano de cacao.

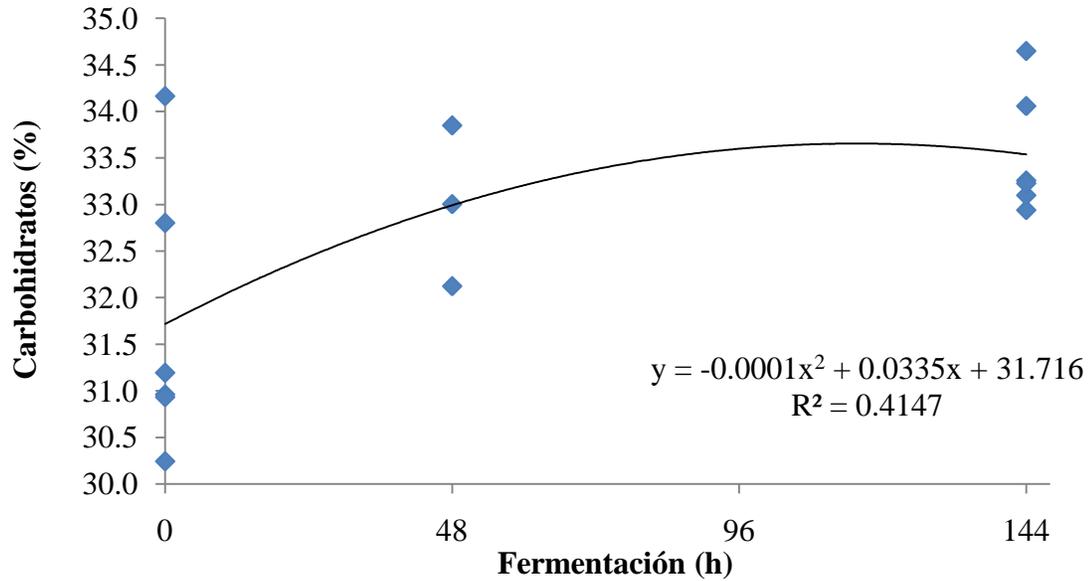


Figura 11. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de carbohidratos totales.

En la Figura 12 (Pearson=-0.90), se observa claramente que hubo una menor concentración de azúcares totales cuando se aplicaron más horas de fermentación.

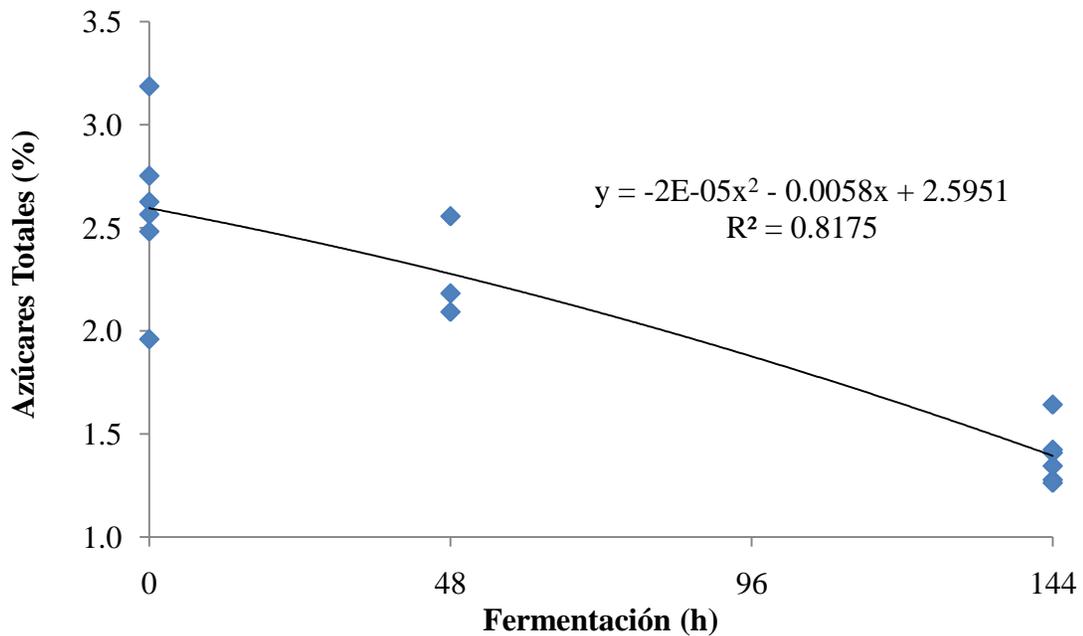


Figura 12. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de azúcares totales.

En la Figura 13 (Pearson=-0.54), la concentración de azúcares reductores fue mayor significativamente a pocas horas de fermentación. Sin embargo se encontraron diferencias de concentración entre muestras sin fermentar.

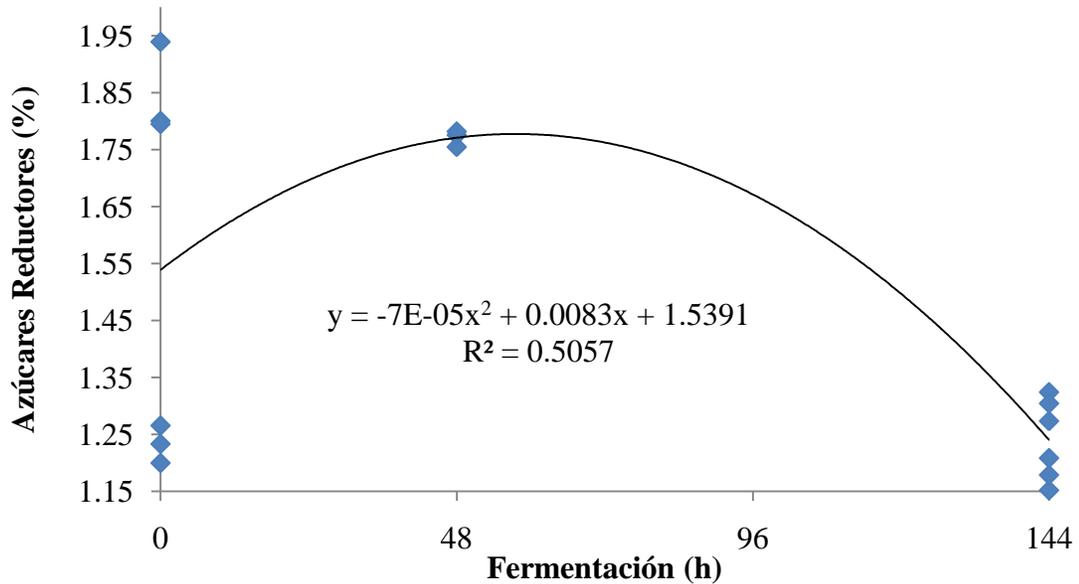


Figura 13. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de azúcares reductores.

En la Figura 14 (Pearson=-0.63), los polifenoles mostraron concentraciones bajas significativas a mayor número de horas de fermentación, pero también a cero horas su concentración fue baja en relación al resto de muestras. El bajo contenido de polifenoles se presentó en muestras de cacao fino o bien fermentado. Amores *et al.* (2006), observó que el contenido de polifenoles totales en muestras no fermentadas fue mayor que en muestras después de ser sometidas al proceso de fermentación.

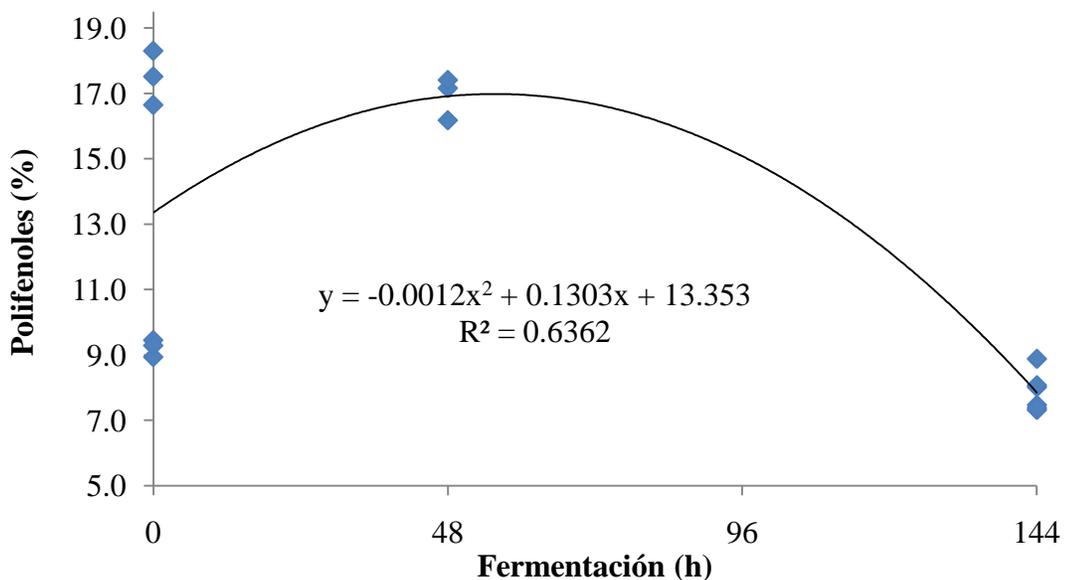


Figura 14. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de polifenoles (Grupo 1).

En la Figura 15 (Pearson=-0.54), se observa que la concentración de taninos fue menor significativamente a mayor número de horas de fermentación se aplicaron, sin embargo se observan dos concentraciones similares a cero horas y a 48 h de fermentado y concentraciones similares a cero horas de fermentado y a 144 h de fermentado. Álvarez *et al.* (2007), dijo que cacaos que poseen alto potencial aromático presentan bajo contenido de taninos.

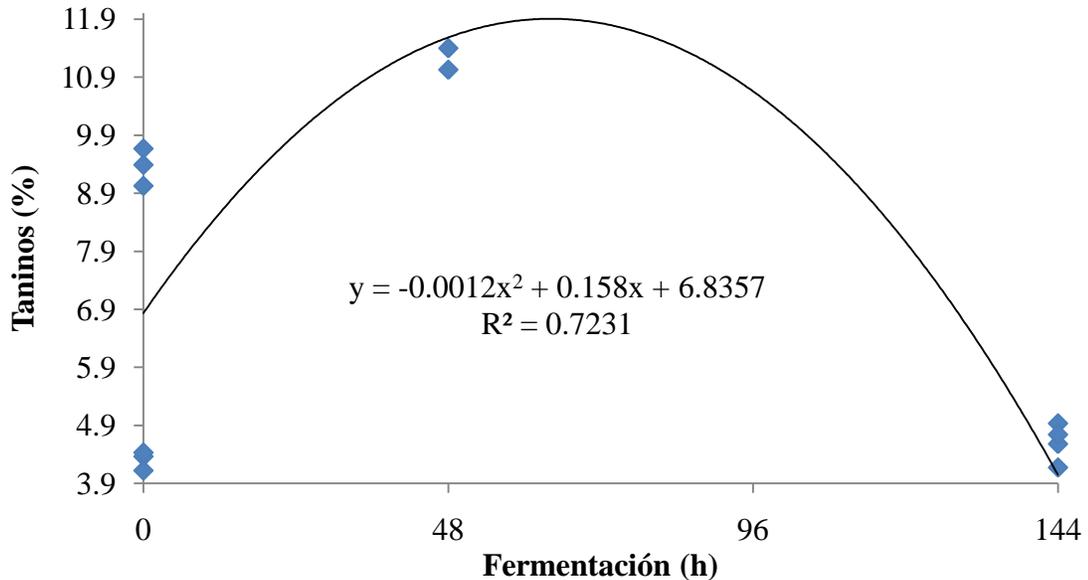


Figura 15. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de taninos (Grupo 1).

Los compuestos del cacao que fueron afectados significativamente por las horas de fermentación se sometieron a correlación lineal y fue evaluado su grado de asociación respecto a la altura. Posteriormente la regresión lineal simple que explicó la concentración del compuesto según el grado de fermentación.

4.3 ANÁLISIS PARA EL GRUPO 3 (FH1A-FH2, FH8, FH21 Y FH26), LA MASICA

4.3.1 Efecto del tiempo de exposición al sol en bolsas de 20.45 Kg y de la fermentación sobre los compuestos químicos (Grupo 3)

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de exponer las almendras de cacao al sol durante tres y seis horas y de 76 y 144 h de fermentación fue significativo ($Pr < 0.05$) para los compuestos humedad, nitrógeno total, proteína cruda, azúcares totales y polifenoles en el primer caso y pH, cenizas, extracto etéreo, nitrógeno total, proteína cruda, azúcares totales, polifenoles, taninos, ácido palmítico, ácido esteárico y grasa saturada para el segundo (Anexo 4).

4.3.2 Correlación lineal entre los compuestos químicos y el tiempo de exposición al sol (Grupo 3)

Los compuestos que mostraron cambios debido a la exposición al sol fueron el nitrógeno total, la proteína cruda y polifenoles mostrando un coeficiente de correlación significativo ($Pr < 0.05$) (Anexo 5).

La Figura 16 (Pearson=-0.68), muestra como la concentración de nitrógeno disminuyó significativamente a más horas de exposición al sol en las bolsas de 20.45 Kg estuvieron las muestras.

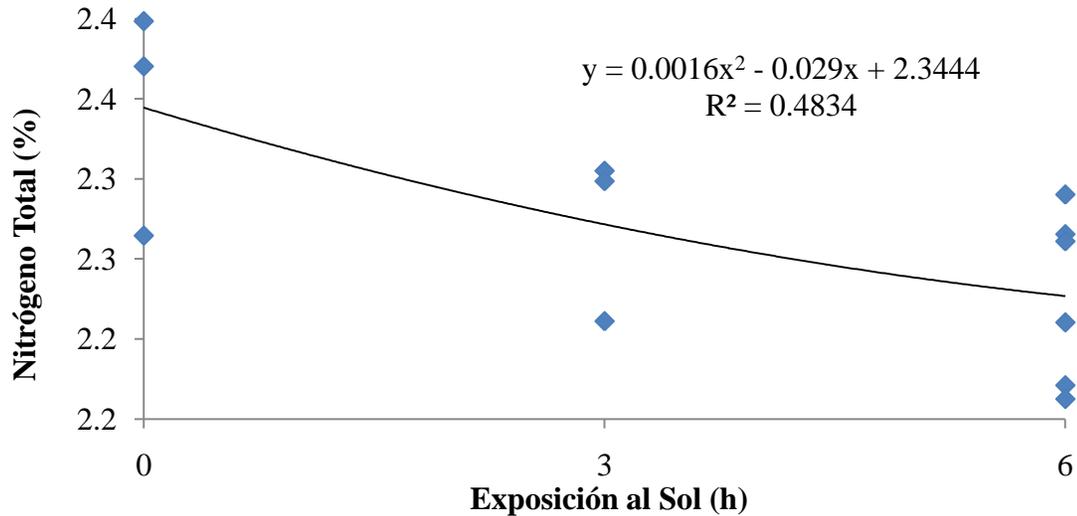


Figura 16. Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de nitrógeno total.

En la Figura 17 (Pearson=-0.68), al igual que el nitrógeno, la concentración de proteína cruda disminuyó significativamente a más horas de exposición al sol en bolsas de 20.45 Kg estuvieron las muestras.

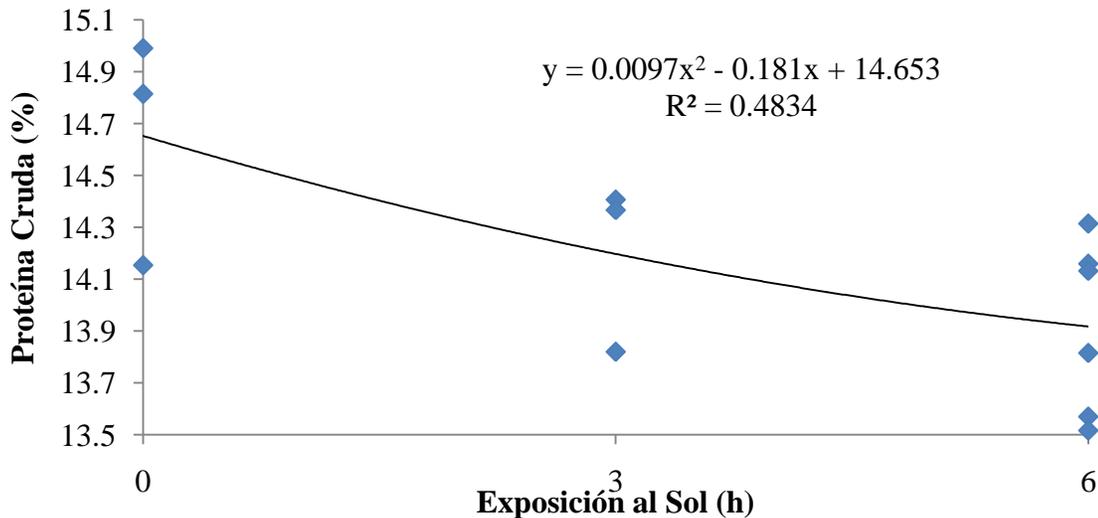


Figura 17. Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de proteína cruda.

En la Figura 18 (Pearson=-0.87), el contenido de polifenoles fue menor a más horas se expusieron al sol las almendras en bolsas de 20.45 Kg.

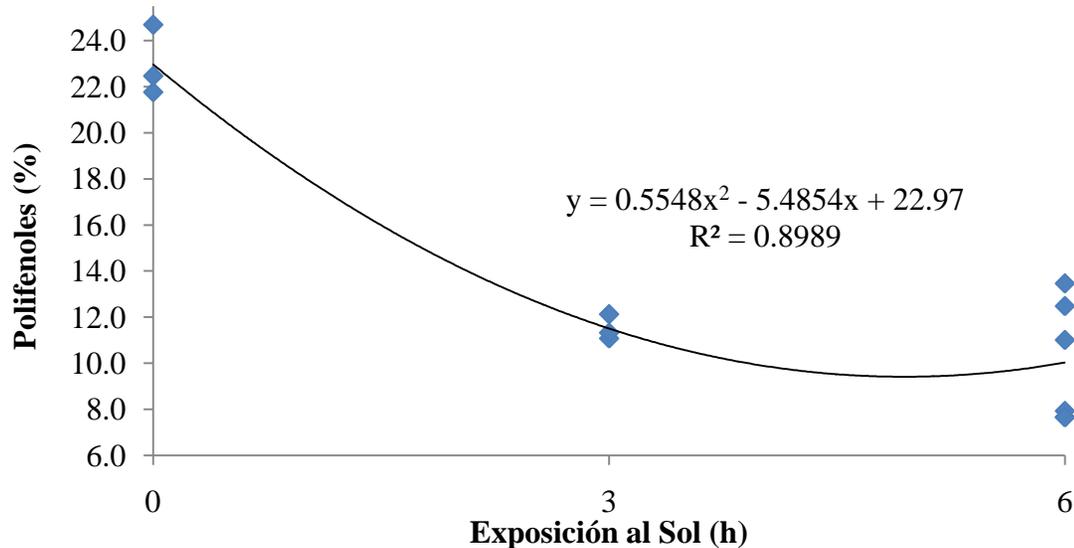


Figura 18. Efecto del tiempo de exposición al sol sobre el contenido de polifenoles.

Los compuestos que tuvieron significancia diferente en el análisis de varianza para determinar el efecto de la exposición al sol fueron evaluados para identificar el grado de asociación lineal que tienen con respecto a las horas de exposición al sol. Luego, se les realizó un análisis de regresión lineal simple que mostró la dispersión de los datos y generó la ecuación matemática que podría determinar el comportamiento de los compuestos.

4.3.3 Correlación lineal entre los compuestos químicos y el tiempo de fermentación (Grupo 3)

Los compuestos que mostraron cambios por el proceso de fermentación al que fueron expuestas las almendras fueron el pH, cenizas, extracto etéreo, nitrógeno total, la proteína cruda, polifenoles, taninos y ácido esteárico mostrando un coeficiente de correlación significativo ($Pr < 0.05$) (Anexo 7).

En la Figura 19, se observa (Pearson=-0.76) que el pH fue mayor significativamente en muestras sin fermentar. A 76 h de fermentación la acidez fue menor que a 144 h. Armijos (2002) observó que el pH bajó a medida que aumentaron las horas de fermentación en el estudio realizado con muestras de cacao Nacional y comercial. Enríquez (2003) dijo que los cacaos finos presentaron pH más bajo que los cacaos ordinarios o forasteros. En el proceso de fermentación el ácido acético se presentó más rápido en los cacaos finos que en los ordinarios, provocando la muerte más temprana del embrión y por lo tanto un proceso de fermentación más corto que los cacaos de tipo ordinario.

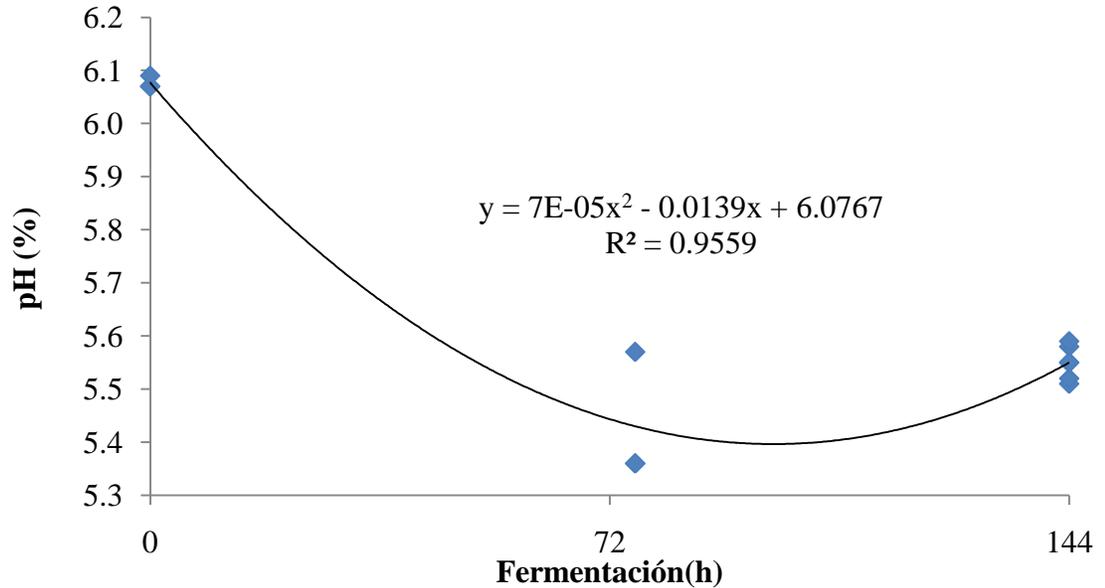


Figura 19. Efecto del tiempo de fermentación sobre el pH.

En la Figura 20 (Pearson=-0.93), se muestra que el contenido de cenizas fue menor significativamente a más horas de fermentación recibió el grano de cacao. La ceniza es un indicador del grado de fermentación de un grano o indica claramente si un grano fue fermentado o directamente fue secado al sol, debido a que el cacao fermentado pierde alrededor del 25 % de las cenizas que poseía antes de la fermentación sin hacer diferencia entre genotipos. Además su contenido permite diferenciar un cacao fino de un ordinario ya que el primero posee porcentajes mayores al 3 % y el segundo menores al 2.5% (Enríquez 2003).

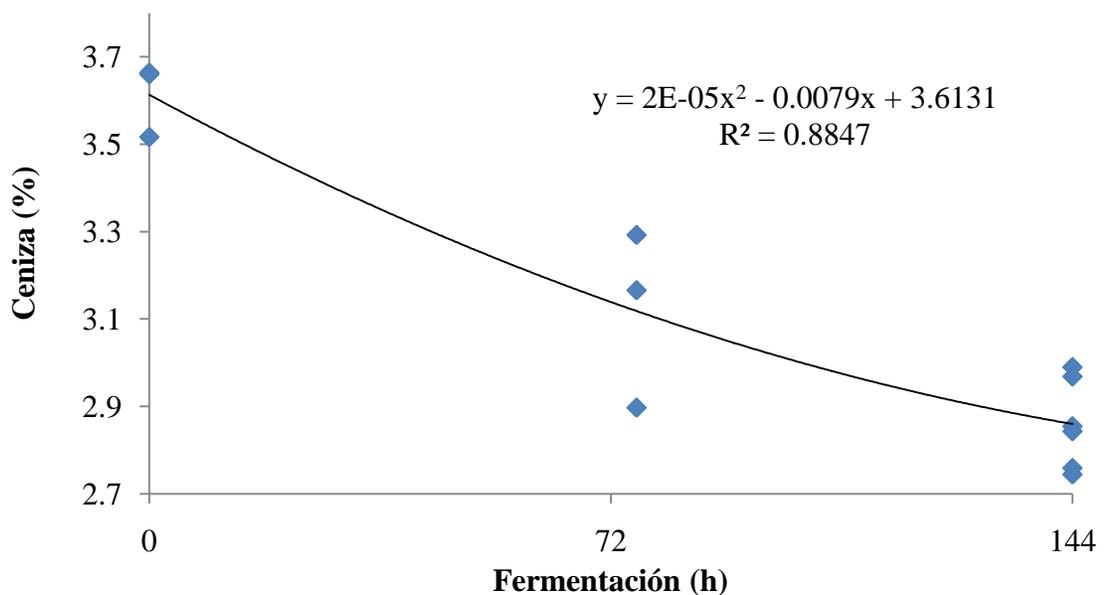


Figura 20. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de ceniza.

En la Figura 21 (Pearson=-0.58), se observa que el contenido de grasa total disminuyó significativamente a más horas de fermentación, sin embargo su contenido fue menor a 76 h que a 144 h. Enríquez (2003), cita que este es uno de los parámetros más importantes ya que a mayor contenido de grasa posee el grano más tardará el proceso de fermentación. Siendo la razón por la que cacaos forasteros necesitan hasta de seis días de fermentación mientras que el cacao fino solo tres días y en el caso más extremo está el cacao de arriba que por su bajo contenido graso (48 %) solo requiere de 15 a 24 h. Los tipos forastero tienen más del 52% de grasa mientras que los finos menos del 50%.

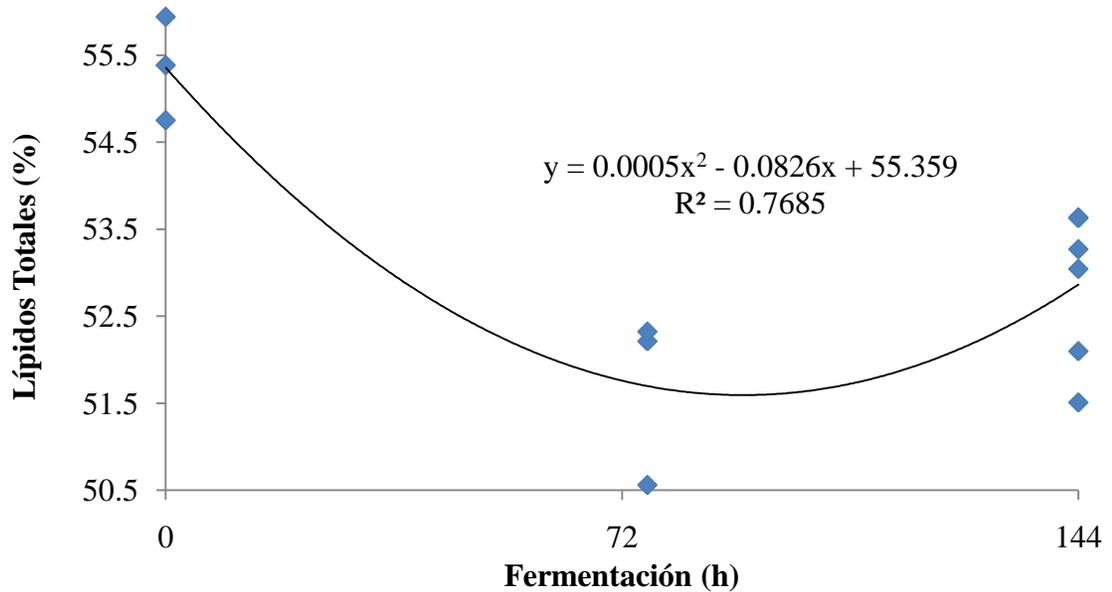


Figura 21. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de lípidos totales (Grupo 3).

En la Figura 22 (Pearson=-0.68), fue evidente la disminución significativa en contenido de nitrógeno a mayor tiempo de fermentado contradiciendo a Cubero *et al.* (1992), quien observó que el contenido de nitrógeno no cambió ni por efecto de la altura ni por efecto de la fermentación.

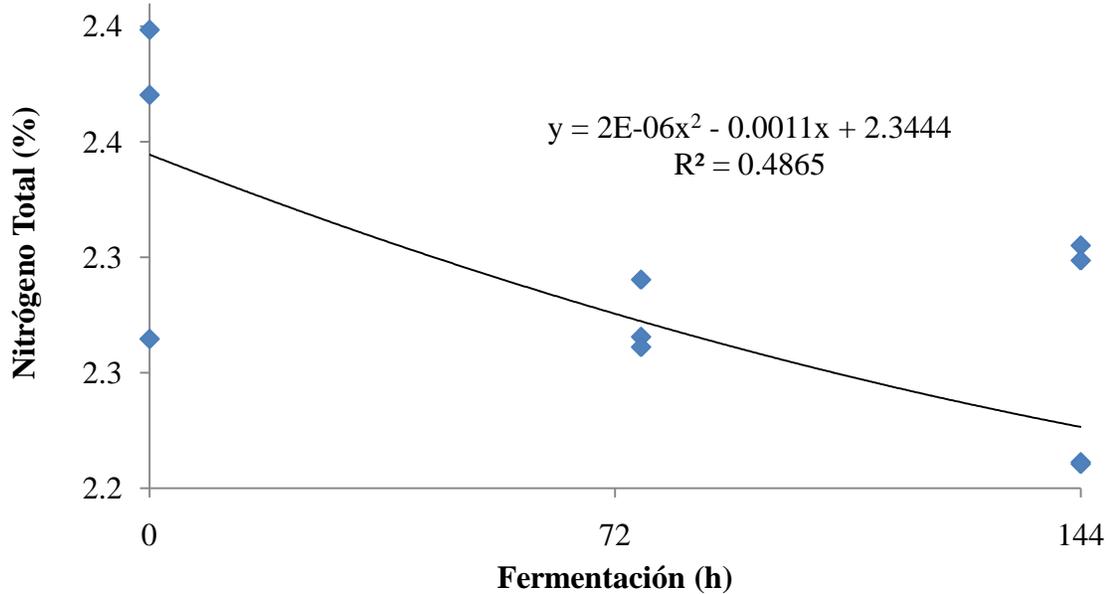


Figura 22. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de nitrógeno total.

En la Figura 23 (Pearson=-0.69), se muestra que hubo disminución significativa del contenido de proteína a mayor tiempo de fermentación.

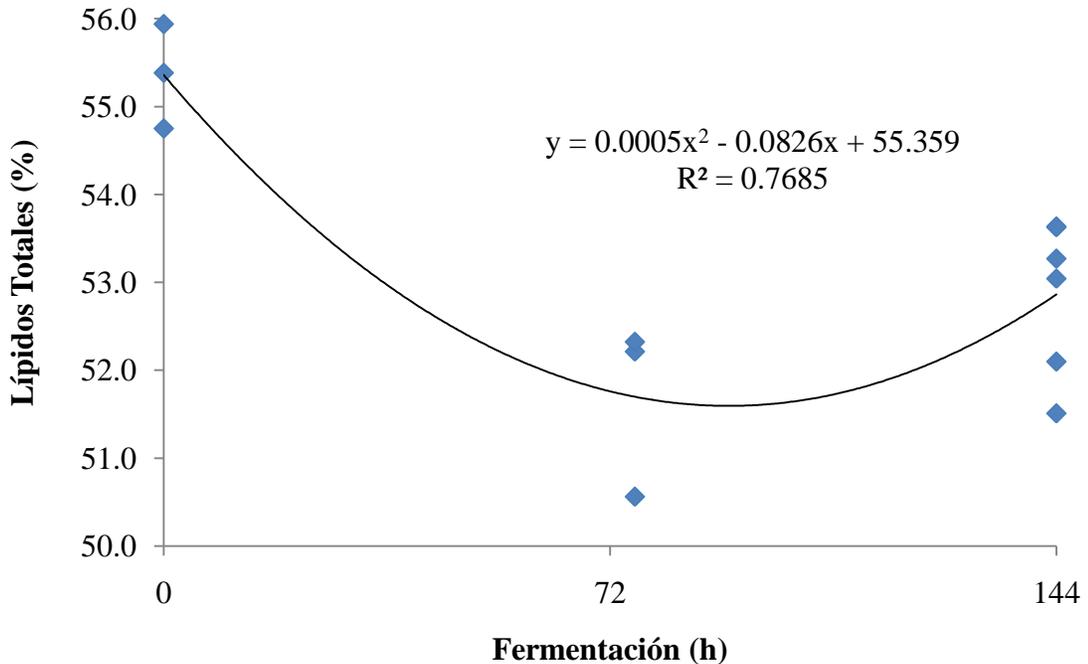


Figura 23. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de proteína cruda.

En la Figura 24 (Pearson=-0.92), el contenido de polifenoles disminuyó significativamente a mayor tiempo de fermentación se aplicó a las almendras de cacao. El contenido de polifenoles cacaos finos sin fermentar es mayor que en cacao ordinario en las mismas condiciones, pero durante el proceso de fermentación los cacaos finos pierden el 57% de su contenido previo al a fermentación en comparación con los de tipo ordinario que solo pierden alrededor del 20 %. El comportamiento de concentración para taninos y antocianinas es similar a los polifenoles haciendo que antes de la fermentación sea fácil distinguir entre concentraciones de cacao fino y ordinario, pero después de la fermentación es muy difícil encontrar diferencias entre los dos tipos de cacao. Por esto es indispensable que estos compuestos sean medidos antes y después del proceso fermentativo (Enríquez 2003).

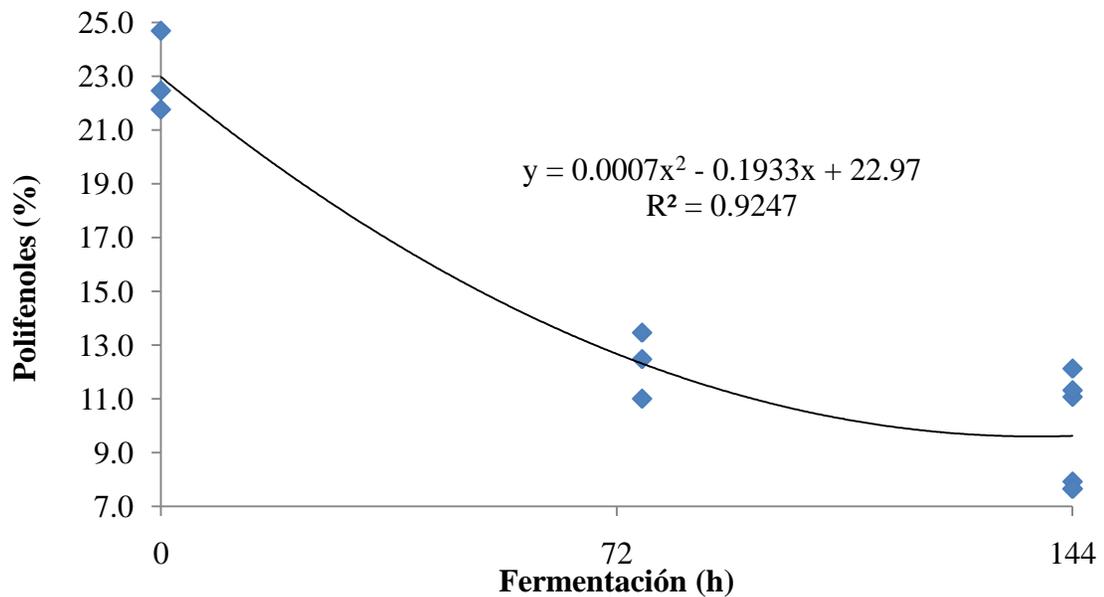


Figura 24. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de polifenoles (Grupo 3).

En la Figura 25 (Pearson=-0.94), se muestra que la composición de taninos disminuyó significativamente a mayor tiempo de fermentación del grano y quedó claro que un grano sin fermentar tiene alto contenido de taninos respecto a un grano sometido a 144 h de fermentación.

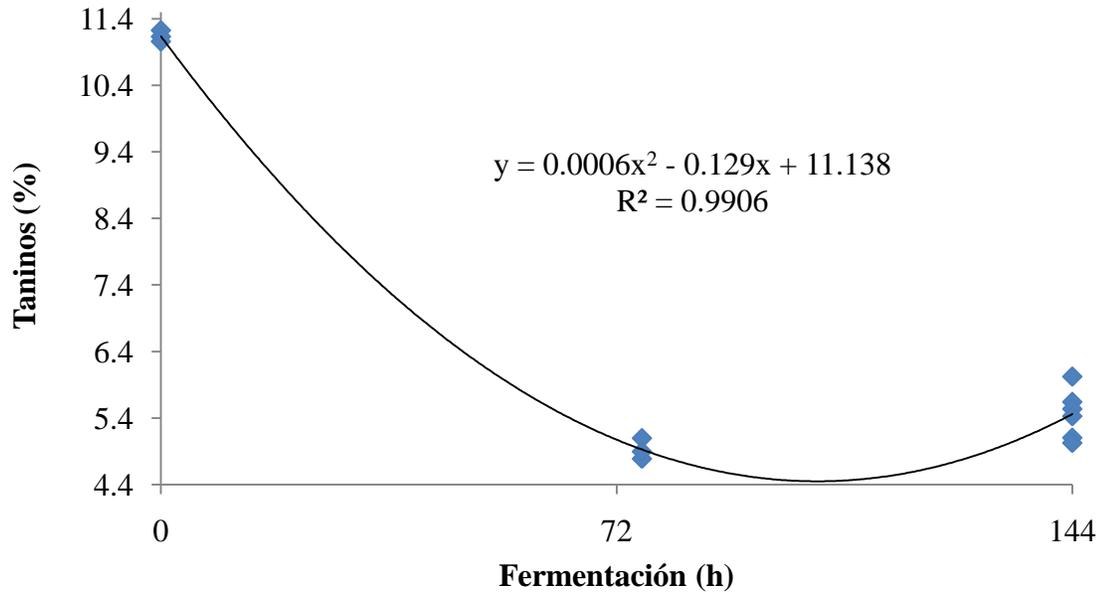


Figura 25. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de taninos (Grupo 3).

En la Figura 26 (Pearson=-0.74), se muestra que el contenido de ácido esteárico disminuyó significativamente a más horas de fermentación recibió el grano de cacao.

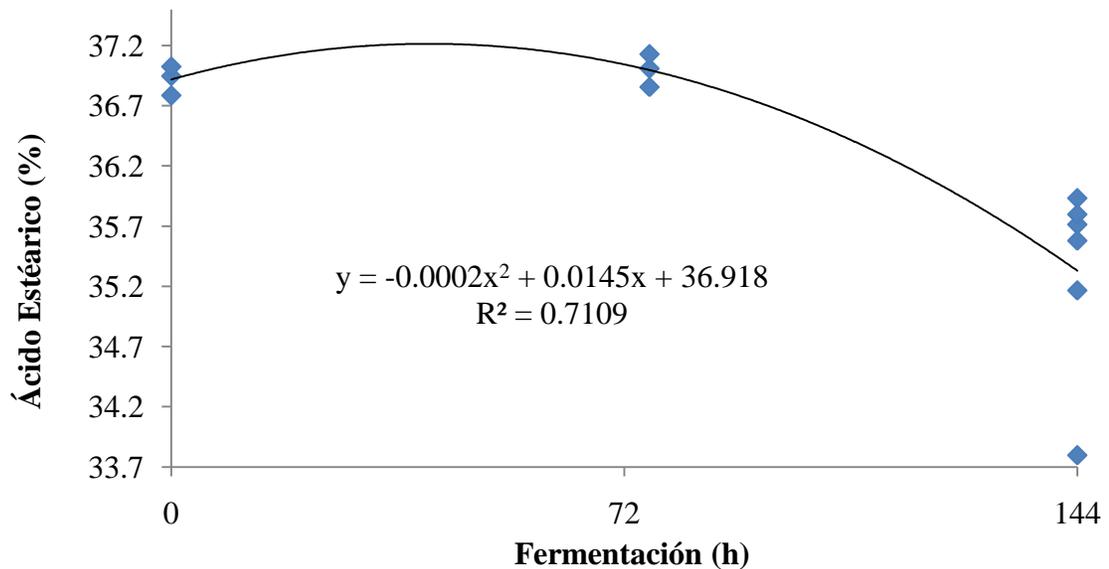


Figura 26. Efecto del tiempo de fermentación sobre el contenido de ácido esteárico.

En el Anexo 7 se presenta un resumen de los compuestos que mostraron diferencia significativa causada por la altura, grado de fermentación y exposición al sol.

4.4 CONTRASTE ORTOGONAL ENTRE LAS MUESTRAS DE LAS FINCAS DEL GRUPO 1 (FG, FSR, FPO, FPA, FLE, FH2, FH8, FH21, FH26), OMOA Y LAMASICA

De acuerdo a los índices y componentes químicos del cacao analizados en Cacao Atlas (2006), se realizó el análisis de contrastes ortogonales para los parámetros pH, extracto etéreo, nitrógeno total, proteína, polifenoles y los ácidos grasos palmítico, esteárico y oleico entre los municipios de Omoa y La Masica. Los parámetros pH, extracto etéreo, nitrógeno total, y proteína cruda fueron seleccionados a partir de su significancia diferente ante los factores de variación de cada municipio y coincidieron con algunos de los evaluados en el Cacao Atlas (2006) (Anexo 8 y 9).

4.5 COMPARACIÓN DE LOS COMPUESTO QUÍMICOS CON EL ESTÁNDAR ASE (ECUADOR)

En una primera comparación (Cuadro 9) donde solo se someten a comparación los compuestos que fueron significativamente diferentes en la comparación hecha por municipios se observa que las fincas FG, FSR, FPO y FPA entran en el rango del estándar para el parámetro nitrógeno total abriéndose la posibilidad de que estos cacaos puedan ser del potencial de este estándar. En el parámetro pH entran las muestras FH8, FH21 Y FH26 y la muestra FH2 entra en el rango de extracto etéreo y nitrógeno total.

Cuadro 9. Comparación entre el Estándar ASE (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.

Origen	Estándar	pH	EE	N	PrC
Ecu	ASE 1	5.8	55.4	2.4	12.4
	ASE 2	5.6	55.9	2.35	11.5
Omoa	FG	6.45 ±0.05 a	50.82 ± 0.24 cd	2.37* ± 0.02 a	14.85 ±0.10 a
	FSR	5.97 ±0.07 d	49.13 ±0.78 e	2.35 ± 0.03 a	14.73 ±0.19 a
	FPO	5.99 ±0.01 d	47.98 ±0.84 e	2.4 ± 0.01 a	15.02 ±0.09 a
	FPA	6.14 ±0.05 bc	48.22 ±0.39 e	2.4 ± 0.10 a	14.99 ±0.63 a
	FLE	6.24 ±0.05 b	48.81 ±0.5 e	2.29 ±0.04 ab	14.35 ±0.26 ab
	FH2	6.07 ±0.01 cbd	55.35 ± 0.59 a	2.34 ± 0.07 a	14.65 ±0.44 a
La Masica	FH8	5.43 ± 0.12 e	51.69 ±0.98 bc	2.27 ±0.02 ab	14.2 ±0.09 ab
	FH21	5.53 ± 0.03 e	52.22 ±0.77 bc	2.27 ±0.05 ab	14.2 ±0.33 ab
	FH26	5.56 ± 0.02 e	53.51 ±0.20 ab	2.18 ±0.02 b	13.64 ±0.16 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. EE=extracto etéreo, N=nitrógeno total, PrC=proteína cruda.

Para los componentes humedad, polifenoles y ácidos, palmítico, esteárico y oleico (Cuadro 10) no se encontró diferencia en el contraste entre las muestra de Omoa y La Masica, es decir son iguales para todas las fincas. Esto permite observar que si las fincas FG, FH2, FH26 entran en el rango del estándar para los componentes ácido palmítico y oleico todas tienen el potencial del estándar en esos componentes. De igual manera con los parámetros humedad y ácido esteárico las muestras FH26 y FH21 respectivamente.

Cuadro 10. Comparación entre el Estándar ASE (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.

Origen	Estándar	H	Fenoles	Ácidos Grasos		
				C:16	C:18	C:18:1
Ecu	ASE 1	6.90	90.00	27.00	35.10	33.10
	ASE 2	5.50	119.60	26.60	33.30	34.70
Omoa	FG	12.78 ±0.37 b	17.48 ±0.83 b	26.64* ±0.30 b	39.25 ±0.43 b	34.11 ±0.13 b
	FSR	14.21 ±0.98 a	9.22 ±0.26 de	29.12 ±2.52 b	44.00 ±4.13 b	26.87 ±6.64 b
	FPO	6.47 ±0.49 d	7.88 ±0.86 e	24.40 ±1.60 b	38.21 ±2.32 b	37.38 ±3.91 b
	FPA	6.98 ±0.40 cd	7.82 ±0.38 e	32.33 ±0.42 b	49.16 ±0.19 b	18.51 ±51 b
	FLE	12.20 ±0.21 b	16.91 ±0.65 b	146.69 ±31.31 a	235.39 ±43.27 a	200.17 ±37.90 a
	FH2	5.04 ±0.06 e	22.97 ±1.53 a	24.72 ±0.36 b	36.92 ±0.12 b	34.62 ±0.07 b
La Masica	FH8	6.91 ±0.18 cd	12.32 ±1.23 c	24.46 ±0.16 b	36.99 ±0.14 b	35.50 ±0.08 b
	FH21	7.98 ±0.05 c	11.50 ±0.55 cd	25.28 ±1.09 b	35.03 ±1.06 b	36.93 ±1.91 b
	FH26	6.75 ±0.11 d	7.75 ±0.15 e	26.61 ±1.20 b	35.63 ±0.40 b	34.81 ±0.58 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. H= humedad, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido esteárico, C: 18:1=ácido oleico.

Para la calidad ASS entran en el rango las fincas FSR y FH2 en el parámetro pH; la finca FH2 en extracto etéreo y FPO en pH y nitrógeno total (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación entre el Estándar ASS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.

Origen	Estándar	pH	EE	N	PrC
Ecu	ASS 1	6	54.8	2.43	12.2
	ASS 2	5.7	54.2	2.42	12
Omoa	FG	6.45 ±0.05 a	50.82 ± 0.24 cd	2.37 ±0.02 a	14.85 ±0.10 a
	FSR	5.97* ± 0.07 d	49.13 ±0.78 e	2.35 ±0.03 a	14.73 ±0.19 a
	FPO	5.99 ± 0.01 d	47.98 ±0.84 e	2.4 ± 0.01 a	15.02 ±0.09 a
	FPA	6.14 ±0.05 bc	48.22 ±0.39 e	2.4 ± 0.10 a	14.99 ±0.63 a
	FLE	6.24 ±0.05 b	48.81 ±0.5 e	2.29 ±0.04 ab	14.35 ±0.26 ab
	La Masica	FH2	6.07 ± 0.01 cbd	55.35 ± 0.59 a	2.34 ±07 a
FH8		5.43 ±0.12 e	51.69 ±0.98 bc	2.27 ±0.02 ab	14.2 ±0.09 ab
FH21		5.53 ±0.03 e	52.22 ±0.77 bc	2.27 ±0.05 ab	14.2 ±0.33 ab
FH26		5.56 ±0.02 e	53.51 ±0.20 ab	2.18 ±0.02 b	13.64 ±0.16 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor.* Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. EE=extracto etéreo, N=nitrógeno total, PrC=proteína cruda.

Las fincas FG y FH26 entran en el rango de ácido palmítico y las fincas FPO, FH2 y FH8 en humedad. Sin embargo, si estos componentes fueron significativamente iguales entre las muestras al contrastar Omoa y La Masica entonces todas las fincas tienen el potencial de ASS en esos compuestos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación entre el Estándar ASS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.

Origen	Estándar	H	Fenoles	Ácidos Grasos		
				C:16	C:18	C:18:1
Ecu	ASS 1	7.30	96.90	26.40	35.40	33.70
	ASS 2	4.70	130.70	27.10	34.30	33.60
Omoa	FG	12.78 ± 0.37 b	17.48 ±0.83 b	26.64 ±0.30 b	39.25 ±0.43 b	34.11 ±0.13 b
	FSR	14.21 ±0.98 a	9.22 ±0.26 de	29.12 ±2.52 b	44.00 ±4.13 b	26.87 ±6.64 b
	FPO	6.47* ±0.49 d	7.88 ±0.86 e	24.40 ±1.60 b	38.21 ±2.32 b	37.38 ±3.91 b
	FPA	6.98 ±0.40 cd	7.82 ±0.38 e	32.33 ±0.42 b	49.16 ±0.19 b	18.51 ±51 b
	FLE	12.20 ±0.21 b	16.91 ±0.65 b	146.69 ±31.31 a	235.39 ±43.27 a	200.17 ±37.90 a
	La Masica	FH2	5.04 ±0.06 e	22.97 ±1.53 a	24.72 ±0.36 b	36.92 ±0.12 b
FH8		6.91 ±0.18 cd	12.32 ±1.23 c	24.46 ±0.16 b	36.99 ±0.14 b	35.50 ±0.08 b
FH21		7.98 ±0.05 c	11.50 ±0.55 cd	25.28 ±1.09 b	35.03 ±1.06 b	36.93 ±1.91 b
FH26		6.75 ±0.11 d	7.75 ±0.15 e	26.61 ±1.20 b	35.63 ±0.40 b	34.81 ±0.58 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. H= humedad, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido esteárico, C: 18:1=ácido oleico.

Las fincas FG, FSR, FPO y FPA entran en el rango de nitrógeno total. FH2 y FH26 en extracto etéreo. Por tanto serían del potencial de ASSS en esos parámetros (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación entre el Estándar ASSS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.

Origen	Estándar	pH	EE	N	PrC
Ecu	ASSS 1	5.7	55	2.35	12.2
	ASSS 2	5.9	53.1	2.4	12.4
Omoa	FG	6.45 ±0.05 a	50.82 ± 0.24 cd	2.37* ± 0.02 a	14.85 ±0.10 a
	FSR	5.97 ±0.07 d	49.13 ±0.78 e	2.35 ± 0.03 a	14.73 ±0.19 a
	FPO	5.99 ±0.01 d	47.98 ±0.84 e	2.4 ± 0.01 a	15.02 ±0.09 a
	FPA	6.14 ±0.05 bc	48.22 ±0.39 e	2.4 ± 0.10 a	14.99 ±0.63 a
	FLE	6.24 ±0.05 b	48.81 ±0.5 e	2.29 ±0.04 ab	14.35 ±0.26 ab
	FH2	6.07 ±0.01 cbd	55.35 ± 0.59 a	2.34 ±0.07 a	14.65 ±0.44 a
La Masica	FH8	5.43 ±0.12 e	51.69 ±0.98 bc	2.27 ±0.02 ab	14.2 ±0.09 ab
	FH21	5.53 ±0.03 e	52.22 ±0.77 bc	2.27 ±0.05 ab	14.2 ±0.33 ab
	FH26	5.56 ±0.02 e	53.51 ± 0.20 ab	2.18 ±0.02 b	13.64 ±0.16 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. EE=extracto etéreo, N=nitrógeno total, PrC=proteína cruda.

Las fincas FPO, FH8 y FH26 entran en el rango humedad del estándar ASSS de Ecuador y FH21 y FH26 entran en el rango de ácido palmítico y esteárico por tanto el resto de fincas entran por ser estadísticamente iguales entre departamentos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación entre el Estándar ASSS (Ecuador) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.

Origen	Estándar	H	Fenoles	Ácidos Grasos		
				C:16	C:18	C:18:1
Ecu	ASSS 1	6.90	73.80	27.10	36.70	31.70
	ASSS 2	6.30	79.10	27.28	35.50	32.70
Omoa		12.78	17.48	26.64	39.25	34.11
	FG	±0.37 b	±0.83 b	±0.30 b	±0.43 b	±0.13 b
		14.21	9.22	29.12	44.00	26.87
	FSR	±0.98 a	±0.26 de	±2.52 b	±4.13 b	±6.64 b
		6.47*	7.88	24.40	38.21	37.38
	FPO	±0.49 d	±0.86 e	±1.60 b	±2.32 b	±3.91 b
	FPA	6.98	7.82	32.33	49.16	18.51
	±0.40 cd	±0.38 e	±0.42 b	±0.19 b	±51 b	
	12.20	16.91	146.69	235.39	200.17	
	±0.21 b	±0.65 b	±31.31 a	±43.27 a	±37.90 a	
La Masica		5.04	22.97	24.72	36.92	34.62
	FH2	±0.06 e	±1.53 a	±0.36 b	±0.12 b	±0.07 b
		6.91	12.32	24.46	36.99	35.50
	FH8	±0.18 cd	±1.23 c	±0.16 b	±0.14 b	±0.08 b
		7.98	11.50	26.28	35.03	36.93
	FH21	±0.05 c	±0.55 cd	±1.09 b	±1.06 b	±1.91 b
	6.75	7.75	26.61	35.63	34.81	
	±0.11 d	±0.15 e	±1.20 b	±0.40 b	±0.58 b	

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. H= humedad, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido esteárico, C: 18:1=ácido oleico.

La finca FLE entra en el rango para el parámetro nitrógeno total, las fincas FH8 y FH21 en el rango del pH y nitrógeno total por lo que entrarían en el potencial del cacao estándar bien fermentado de Ghana (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación entre el Estándar Standard Officiel/Good Fermented (Ghana) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes significativamente diferentes.

Origen	Estándar	pH	EE	N	PrC
Ghana	Standard Officiel	5.4	58.2	2.23	11.2
	Good Fermented	5.5	59.9	2.25	11.5
Omoa	Guadalupe	6.45 ±0.05 a	50.82 ± 0.24 cd	2.37 ±0.02 a	14.85 ±0.10 a
	San Rafael	5.97 ±0.07 d	49.13 ±0.78 e	2.35 ±0.03 a	14.73 ±0.19 a
	El Porvenir	5.99 ±0.01 d	47.98 ±0.84 e	2.4 ±0.01 a	15.02 ±0.09 a
	El Paraíso	6.14 ±0.05 bc	48.22 ±0.39 e	2.4 ±0.10 a	14.99 ±0.63 a
	La Estringa	6.24 ±0.05 b	48.81 ±0.5 e	2.29 ±0.04 ab	14.35 ±0.26 ab
	FH2	6.07 ±0.01 cbd	55.35 ±0.59 a	2.34 ±0.07 a	14.65 ±0.44 a
La Masica	FH8	5.43* ±0.12 e	51.69 ±0.98 bc	2.27 ±0.02 ab	14.2 ±0.09 ab
	FH21	5.53 ±0.03 e	52.22 ±0.77 bc	2.27 ±0.05 ab	14.2 ±0.33 ab
	FH26	5.56 ±0.02 e	53.51 ±0.20 ab	2.18 ±0.02 b	13.64 ±0.16 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. EE=extracto etéreo, N=nitrógeno total, PrC=proteína cruda.

Las fincas FH8 Y FH26 entran en el rango de humedad. Las fincas FPO, FH21 Y FH26 en el rango del ácido palmítico. Todas las muestras de La Masica entran en el rango del ácido esteárico por tanto todas las demás entran en el rango de esos parámetros por ser iguales según el contraste realizado entre las muestras de Omoa y La Masica (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación entre el Estándar Standard Officiel/Good Fermented (Ghana) y las fincas (muestras) de Omoa y La Masica en los componentes no diferentes.

Origen	Estándar	H	Fenoles	Ácidos Grasos		
				C:16	C:18	C:18:1
Ghana	Estándar Officiel	6.10	90.70	25.60	36.90	32.60
	Good Fermented	6.90	90.50	26.00	36.20	32.90
Omoa	FG	12.78 ±0.37 b	17.48 ±0.83 b	26.64 ±0.30 b	39.25 ±0.43 b	34.11 ±0.13 b
	FSR	14.21 ±0.98 a	9.22 ±0.26 de	29.12 ±2.52 b	44.00 ±4.13 b	26.87 ±6.64 b
	FPO	6.47 ±0.49 d	7.88 ±0.86 e	24.40* ±1.60 b	38.21 ±2.32 b	37.38 ±3.91 b
	FPA	6.98 ±0.40 cd	7.82 ±0.38 e	32.33 ±0.42 b	49.16 ±0.19 b	18.51 ±51 b
	FLE	12.20 ±0.21 b	16.91 ±0.65 b	146.69 ±31.31 a	235.39 ±43.27 a	200.17 ±37.90 a
	La Masica	FH2	5.04 ±0.06 e	22.97 ±1.53 a	24.72 ±0.36 b	36.92 ±0.12 b
FH8		6.91 ±0.18 cd	12.32 ±1.23 c	24.46 ±0.16 b	36.99 ±0.14 b	35.50 ±0.08 b
FH21		7.98 ±0.05 c	11.50 ±0.55 cd	25.28 ±1.09 b	35.03 ±1.06 b	36.93 ±1.91 b
FH26		6.75 ±0.11 d	7.75 ±0.15 e	26.61 ±1.20 b	35.63 ±0.40 b	34.81 ±0.58 b

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica los compuestos con significancia diferente en el contraste realizado entre las muestras de los dos municipios. *Negrilla indica valores del estándar y valores dentro de ese rango. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas. H= humedad, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido esteárico, C: 18:1=ácido oleico.

En el Cuadro 17 se presenta un resumen de las fincas en el parámetro que entró el rango de cada estándar.

Cuadro 17. Ubicación de las fincas según su calidad por componente químico.

Origen	Estándar	pH	H	EE	N	Ácidos Grasos		
						C:16	C:18	C:18:1
	ASE 1	FH8, FH21, FH26	FH26	FH2	FG, FSR, FPO, FPA, FH2	FG, FH21, FH26	FH21	FH2, FH26
	ASE 2							
Ecuador	ASS 1	FSR, FPO, FH2	FPO, FPA, FH2, FH8, FH26	FH2	FPO, FPA	FG, FH26	FH21, FH26	
	ASS 2							
	ASSS 1		FPO, FH8, FH26	FH2, FH26	FG, FSR, FPO, FPA, FH2	FH21, FH26	FH21, FH26	
	ASSS 2							
Ghana	Estándar Oficial Good Fermented	FH8, FH21	FH8, FH26		FLE, FH8, FH21	FPO, FH21, FH26	FH2, FH8, FH21, FH26	

Fuente: Cacao Atlas (2006), adaptado por el autor. Color gris indica componente con diferencia estadística entre muestras de Omoa y La Masica. EE=extracto etéreo, N=nitrógeno total, PrC=proteína cruda, H= humedad, C: 16=ácido palmítico, C: 18=ácido estearico, C: 18:1=ácido oleico. pH, EE y N tuvieron cambio significativo en algunas de las muestras.

4.6 CALCULO DE LA RELACIÓN TEOBROMINA/CAFEÍNA

La cuantificación de teobromina y cafeína sólo se realizó para las muestras de las cinco primeras fincas. A partir de esto se calculó la relación teobromina/cafeína mostrada en el Cuadro 18. El análisis de variación estableció que la relación teobromina/cafeína difiere entre fincas, excepto las relaciones de La Estringa y Guadalupe que son iguales significativamente, pero diferentes de las demás.

Amores *et al.* (2003) calculó la relación teobromina/cafeína de siete para el clon CCN-51 y lo ubicó en el grupo de cacao trinitario con características más cercanas al cacao forastero, mientras que las muestras que presentaron una relación menor a cinco fueron ubicadas en el grupo de cacao trinitario con más características de cacao criollo.

Amores (2006) observó que la relación teobromina/cafeína sí separó el cacao Nacional del CCN-51 y del cacao comercial de Ghana. Así la relación para el cacao de la finca El Paraíso esta alrededor de siete igual que la relación establecida para el clon CCN-51 de Ecuador y la relación para la finca San Rafael está alrededor de 10 igual que la relación para el cacao de Ghana. En análisis hechos por la Universidad de Hamburgo las fincas San Fernando y Patricia presentaron valores de 10.67 y 6.32, respectivamente (Cuadro 18), para su relación teobromina/cafeína. Las dos fincas pertenecen al municipio de Omoa al igual que San Rafael y la relación de la finca San Fernando está alrededor de 10 igual

que la relación que tuvo la finca San Rafael, pero el valor para la relación de la finca Patricia difiere grandemente a pesar de pertenecer al mismo municipio. Esta diferencia podría ser causa de la diferencia de genotipo que cultiva cada finca.

Las muestras FH2 (muestra sin fermentar) y FH32 (mismo tratamiento post-cosecha que FH8) también fueron analizadas por la Universidad de Hamburgo y reportaron resultados (Cuadro 18) que mostraron una reducción del 24% en teobromina y 22% para cafeína, corroborando la reducción en estos parámetros observada por Amores (2006) entre cacao sin fermentar y fermentado. Con los valores de teobromina y cafeína fueron calculadas las relaciones teobromina/cafeína para cada muestra y estuvieron alrededor de cinco. Por tanto esta relación ubicó a las muestras FH2 y FH32 en el rango de la relación teobromina/cafeína del cacao Nacional de Ecuador.

Cuadro 18. Contenido de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre fincas (Omoa).

Muestras/Fincas	Aldea/Municipio	Teobromina (%)	Cafeína (%)	TC
Nacional	Ecuador	< 2.76	>0.20	4-6
CCN-51	Ecuador	< 2.76	>0.20	7 ²
Cacao Comercial	Ghana	< 2.76	>0.20	10 ¹
FH2	La Masica	3.47	0.69	5.03
FH32	La Masica	2.65	0.54	4.91
San Fernando	San Fernando/Omoa	3.57	0.33	10.67 ¹
Finca Patricia	Omoa	2.55	0.40	6.32
Guadalupe	Cuyamel/Omoa	1.93 abc*	0.17 b	11.15 b
San Rafael	San Rafael/Omoa	1.94 ab	0.18 b	10.89 ¹ c
El Porvenir	Barbaschele/Omoa	1.84 c	0.12 c	15.47 a
El Paraíso	El Paraíso/Omoa	2.01 a	0.27 a	7.39 ² d*
La Estringa	Cuyamel/Omoa	1.88 bc	0.17 b	11.17 b

*Medias con letra diferente son significativamente diferentes (Pr<0.05). Tukey. TC=relación teobromina/cafeína. ^{1,2} Relación similar entre muestras de diferente origen. Nacional=variedad de cacao ecuatoriano, CCN-51=clon de cacao ecuatoriano.

4.7 COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE GRASA

Según Enríquez (2003) (Cuadro 19), uno de los parámetros que sí hace diferencia entre cacao fino de ordinario es el contenido de grasa. Este autor cita los porcentajes de acuerdo a al tipo de cacao y permitió hacer una comparación con las muestras estudiadas.

Cuadro 19. Comparación del contenido de grasa de cacao de “Arriba”, Finos y Forastero con las muestras de Omoa y La Masica.*

Estándar	EE	Arriba	Finos	Forastero
		48%	< 50%	> 52%
FG	50.82 ± 0.24 cd			
FSR	49.13 ± 0.78 e		x	
FPO	47.98 ± 0.84 e		x	
FPA	48.22 ± 0.39 e		x	
FLE	48.81 ± 0.5 e		x	
FH2	55.35 ± 0.59 a			x
FH8	51.69 ± 0.98 bc			x
FH21	52.22 ± 0.77 bc			x
FH26	53.51 ± 0.20 ab			x

x=Indica las fincas/muestras que están dentro del rango de contenido de grasa de cada tipo de cacao.

Fuente: Enríquez 2003, adaptado por el autor. *Letras distintas indican diferencias significativas.

5. CONCLUSIONES

- Todas las muestras bajo estudio con excepción de la proveniente de la Finca La Estriga mostraron similitud en más de uno de los componentes químicos establecidos como parámetros de calidad del cacao para las calidades ASSS, ASS, ASE por lo que mostraron potencial como cacao fino/aroma.
- Las muestras FLE, FPO, FH2, FH8, FH21, FH26 mostraron parcialmente el potencial de calidad del cacao de Ghana.
- La finca La Estriga presentó potencial como cacao de Ghana por su similitud en nitrógeno con el estándar de ese país.
- La relación teobromina/cafeína de siete ubicó al cacao de la Finca El Paraíso con potencial similar al clon CCN-51 de Ecuador.
- La relación teobromina/cafeína de 10 ubicó al cacao de la Finca San Rafael con potencial similar al cacao comercial de Ghana.
- Por su contenido de grasa las fincas FSR, FPO, FPA y FLE presentaron potencial similar al cacao fino y las muestras FH2, FH8, FH21, FH26 potencial como forastero, pero la relación teobromina/cafeína las ubicó en el rango del cacao Nacional de Ecuador.

6. RECOMENDACIONES

- Para la realización de un estudio como éste se debe ubicar una zona cacaotera donde se tenga información clara de las características climáticas. Luego se debe establecer un diseño experimental que incluya el genotipo, ambiente, su interacción y prácticas de cultivo. Clasificar las muestras, realizar análisis químicos y estadísticos para emitir conclusiones.
- Realizar un estudio donde se evalué al mismo tiempo una o varias muestras cacao de calidad conocida y el cacao que se desee identificar, de esta manera se obtendrían resultados que permitan hacer comparaciones objetivas bajo las mismas condiciones de análisis.
- Capacitar al pequeño cacao-cultor en las técnicas apropiadas de post-cosecha específicas para el tipo de cacao que posea. Esto determina óptima calidad del producto final aunque no sean granos catalogados como finos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, C; Pérez, E. y Lares, M. 2007. Caracterización físico y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyaga, estado de Aragua (en línea). Vol. 57, No. 4, p. 249-256. Consultado el 24 de agosto del 2009. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000400001&lng=pt&nrm=iso

Amores, F; Butler, D; Ramos, G; Suche, D; Espín, S; Gómez, A; Zambrano, A; Hollywood, N; Loó van, R; Seguiré, E. Agosto, 2007. Proyecto para establecer los parámetros químicos, físicos y organolépticos para determinar la diferencia entre el cacao fino y ordinario. Informe de Terminación del Proyecto. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Quevedo, Ecuador.

Amores, F; Espín, S; Jiménez, J; Saltos, A. Octubre, 2006. La aplicación de la Relación Teobromina/Cafeína para diferenciar las almendras de cacao Nacional, CCN-51 y Ghana. Conferencia Internacional de Investigación sobre el cultivo del cacao. San José (Costa Rica). p. 24.

Amores, F; Espín, S; Llerena, V; Carpio, S; Hasing, M; Pazmiño, K; Hollywood, N; Ramos, G; Buttler, D. Van Loo, R. 2003. Preparación de licor de cacao, caracterización fisicoquímica y su diferencia entre genotipos y temperaturas de tostado (en línea). Consultado el 20 de septiembre del 2009. Disponible en: http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=6040&qtype=query&dbinfo=padipr&words=cacao

Amores, F; Espín, S; Llerena, V; Carpio, S; Hasing, M; Pazmiño, K. 2004. Establecimiento de parámetros físicos, químicos y organolépticos para diferenciar CACAO FINO y ordinario (en línea). Informe Técnico Anual - INIAP (Ecuador). p. 23-42. Consultado el 21 de septiembre del 2009. Disponible en: http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=5594&qtype=search&dbinfo=PADIPR&words=CACAO%20FINO.

ANECACAO. 2009. Definición de conceptos de la NTE-INEN-176 (en línea). Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (Ecuador). Consultado el 29 de agosto del 2009. Disponible en: <http://www.anecacao.com/Descargas/NTE-INEN-176.pdf>

Armijos, A. 2002. Características de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación (en línea). Consultado el 22 de septiembre del 2009. Disponible en:

http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=2225&qtype=query&dbinfo=TESIST&words=CACAO.

Bastide, P. 1987. Evolution et métabolisme des composés phénoliques des fèves de cacao durant leur développement au cours de la croissance et de la maturation du fruit de *Theobroma cacao* L. Thèse de Doctorat, Physiologie et Biologie des Organismes et des Populations, Université de Montpellier II, p. 147.

Cabrera, A. Noviembre, 2005. Informe Sobre el Cacao Arriba de Ecuador. Taller Técnico: El uso de indicaciones geográficas, denominaciones de origen o marcas colectivas para promover el biocomercio.

Camu, N; Gonzalez, A; De Winter, T; Van Schoor, A; De Bruyne, K; Vandamme, P; Takrama, J; Addo, S; De Vuyst, L. 2008. Influence of Turning and Environmental Contamination on the Dynamics of Populations of Lactic Acid and Acetic Acid Bacteria Involved in Spontaneous Cocoa Bean Heap Fermentation in Ghana Applied and Environmental Microbiology, Vol. 74, No. 1, p. 86-98.

Cassal, S; Oliveira, B; Ferreira, A. 1998. Development of an HPLC/Diodode –Array detector method for simultaneous determination of trigonelline, nicotinic acid, and caffeine in coffee. Journal of Liquid Chromatographie & Related Technologie 21 (20), p. 3287-3195.

Cocoa Atlas (Revised with statistical data to Cocoa Year 2005-2006). 2006. German Cocoa and Chocolate Foundation Hamburg/Bonn, German.

Cros, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao (en línea). CIRAD-CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. Consultado el 21 de septiembre del 2009. Disponible en:

<http://www.redcacao.info.ve/memorias/html/02.html>.

Cubero, E; Enríquez, G; Hernández, A; Rodríguez, T. Julio-Septiembre, 1992. Efecto de la Altitud sobre el Proceso de Fermentación (en línea). Turrialba. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas Vol. 42, No. 3, p. 287-293. Consultado el 10 de septiembre del 2009. Disponible en:

http://books.google.hn/books?id=IMYnBHVM8nwC&pg=PA297&lpg=PA297&dq=pH+cacao+fermentaci%C3%B3n&source=bl&ots=xh1bU7VQWg&sig=YIR4vcpDI_t2QD6ctweJMKjew8Y&hl=es&ei=ncLcSvabHpWN8Abu6tS3BQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CBcQ6AEwBA#v=onepage&q=&f=true.

Enríquez, G. Octubre, 2003. INIAP. Conferencia en el Seminario-taller: Normativa, procesos y tecnologías para la producción orgánica de cacao. El cultivo orgánico de cacao bajo el concepto de calidad total (en línea). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Consultado el 2 de octubre del 2009. Disponible en:

http://www.ceaecuador.org/imagesFTP/4640.Cacao_organico_y_biol_INIAP.pdf.

FHIA. Cacao (en línea). Consultado el 19 de noviembre del 2008. Disponible en: <http://www.honduras.com/fhia/cacao.htm>.

Gill, M; MacLeod, A; Moreau M. 1985. Aroma components of cocoa beans. Proceedings of the 4th Weurman Flavour Research Symposium, ADDA J. Ed. Dourdan (France). In: Development in Food Science. Elsevier, Amsterdam, 10, p. 261-266.

Gómez, A y Azocar, A. Octubre, 2002. Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el Estado Mérida (en línea). *Agronomía Tropa.* Vol.52, no.4. p. 403-425. Consultado el 17 Octubre 2009. Disponible en:

http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000400001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0002-192X.

Hansen, C; Del Olmo, M; Burri, C. 1998. Enzyme activities in cocoa beans during fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 77, Issue 2, p.273-281.

Horwitz, W; Latimer, G. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. Ed. 18.

ICCO (International Cocoa Organization). September 17, 2009. Growing Cocoa. Origins of Cocoa and Its Spread around the World (en línea). Consultado el 16 de septiembre del 2009. Disponible en: <http://www.icco.org/about/growing.aspx#>.

Jeanjean N. 1995. Influence du génotype, de la fermentation et de la torréfaction sur le développement de l'arôme cacao. Rôle des précurseurs d'arôme. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, p. 200.

Keeney, P. 1972. Various interactions in chocolate flavor. *J.A.O.C.S.*, 49, p. 567-572.

López, J. 2008. Cuantificación de cafeína, trigonelina y ácido clorogénico por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano", Honduras 25 p.

Luna, F; Crouzillat, D; Cirou, L and Bucheli, P. 2002. Chemical Composition and Flavor of Ecuadorian Cocoa Liqueur. *J. Agric. Food Chem*, 50, p. 3527_3532.

Madell, S. 2009. Cocoa Fermentation 101 (en línea). Foro abierto. Consultado el 15 de septiembre del 2009. Disponible en:

<http://www.thechocolatelifelife.com/profiles/blogs/cocoa-fermentation-101>.

Maravalhas, N. 1972. Acides aminés dans les fèves de cacao non fermentées et fermentées. Rev. Int. Choc., 27, p. 23-24.

Gómez, M. Asesor de Proyectos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO). Información recibida vial e-mail el 9 de julio del 2009 desde Londres, Inglaterra.

Musa, M; Said M. 1988. Cocoa beans: aspects, relationships and implications to Malaysian cocoa beans. In: Workshop on processing and grading of cocoa, Serdang (Malaysia), p. 1-24.

Ortiz, L; Graziani, L y Gervaise, R. 2009. Evaluación de varios factores sobre las características químicas del grano de cacao en fermentación (en línea). Agronomía Trop. Vol. 59, No. 1, p. 73-79. Consultado el 30 de agosto del 2009. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n1/art07.pdf>

Portillo, E; Graciani De Fariñas, L y Betancourt, E. 2007. Análisis químico del cacao crillo (*Theobroma cacao L.*) en el sur del lago de Maracaibo (en línea). Rev. Fac. Agron., Vol. 24, No. 3, p. 522-546. Consultado el 30 de agosto del 2009. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182007000300008&script=sci_arttext

Price, M; Van Scoyoc, S; Butler, L. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. J. Agric. Food Chem. 26: p. 1214-1218.

Radi, C. Julio, 2005. Estudio sobre los mercados de valor para el cacao Nacional de origen y con certificaciones (en línea). Consultado el 11 de septiembre del 2009. Disponible en: http://www.eco-index.org/search/pdfs/889report_1.pdf.

Ramírez, J. 1988. Estudio de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba. Universidad de Costa Rica. p. 142.

Reineccius, G; Andersen, D; Kavanagh, T et Keeney, P. 1972. Identification and quantification of the free sugars in cocoa beans. J. Agric. Food Chem., 20, p. 199-206.

Rohan, T et Stewart, T. 1965. The precursors of chocolate aroma: the distribution of free amino acids in different commercial varieties of cocoa beans. J. Food Sci., 30, p. 416-419.

Rohan, T. 1964. The precursors of chocolate aroma: a comparative study of fermented and unfermented cocoa beans. J. Food Sci., 29, p. 456-459.

Romeau, A. 1980. Acidez libre (pH) em amendoas de cacau da regio sul-baiana. Itabuna, Bahía, Centro de Pesquisas do Cacau. Informe técnico. p. 241-244.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). INFOAGRO (Servicio de Información Agroalimentaria). Cacao (en línea). Consultado el 18 de septiembre del 2009. Disponible en: http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Cacao/Ficha_Tecnica_G.pdf.

Schwan, R. 1998. Cocoa Fermentations Conducted with a Defined Microbial Cocktail Inoculum. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.64 Issue 4, p.1477-1483.

Seiki, K. 1973. Chemical changes during cocoa bean fermentation using the tray method in Nigeria. *Rev. Int. Choc.*, 28, p. 38-42.

Singleton, V; Rossi, J Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J.Enol. Vitic.* 1965, 16, p. 144-158.

Soria, J. 1966. Obtención de clones de cacao por el método de selección. *Turrialba* 16 (2), p. 119-124.

Talcott, S. 2003. Phytochemical Composition and Antioxidant Stability of Fortified Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis*). Department of Food Science and Human Nutrition.

Tecnoserve. 2007. Transformando La Industria de Cacao en Honduras Mediante un Enfoque en Calidad (en línea). Consultado el 9 de septiembre del 2009. Disponible en: http://www.technoserve.org/press_room/HON031507.aspx.

Timbie, D. 1977. Studies on the proteins and purine alkaloids of cocoa beans. Ph. D. Thesis, Pennsylvania State University, p. 110.

Timbie, D; Sechrist, L; Keeney, P. 1978. Application of highpressure liquid chromatography to the study of variables affecting theobromine and caffeine concentrations in cocoa beans. *J. Food Sci.*, 43, p. 560-565.

Valenzuela, A. Septiembre, 2007. El Chocolate, un placer saludable (en línea). 34(3): 180-190. Consultado el 31 agosto del 2009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000300001&lng=es. doi: 10.4067/S0717-75182007000300001.

Villar Del Fresno, A; Ortega, T. 2009. ELSIEVER. Cacao ¿Alimento y medicamento? (en línea). *J Farmacia Profesional*. [Revista en la Internet]. 19. Consultado el 16 septiembre del 2009. Disponible en: http://www.doyma.es/revistas/ctl_servlet?_f=7264&articuloid=13072122&revistaid=3.

Villeneuve, F; Cros, E; Macheix, J. 1989. Recherche d'un indice de fermentation du cacao. III. Evolution des flavan-3-ols de la fève. *Café, Cacao, Thé*, 33, p. 165-170.

Voigt, J and Biehl, B. 1995. Precursors of the cocoa-specific aroma components are derivated from the vicilin-class (7S) globulin of the cocoa seeds by proteolytic processing (en línea). *Rev. Bot Acta*, 108, p. 299-307. *Food Chem.*, 50, p. 177-184.

Ziegleder, G; Biehl, B. 1998. Analysis of cocoa flavour components and flavour precursors. In: *Analysis of non alcoholic beverages*. Ed: Linskens H.F. et Jackson J.F. *Modern methods of plant analysis - New series*, Springer -Verlag, Berlin, p. 321 - 393.

8. ANEXOS

Anexo 1. Efecto de la altura sobre los componentes químicos de las muestras de Omoa y La Masica.

Componentes Químicos	R ²	% Coef_Var	F-Valor	Pr > F
pH	0.71	3.34	18.66	< 0.0001
EE	0.72	2.76	19.58	< 0.0001
N	0.29	4.11	3.14	0.05
PrC	0.29	4.11	3.12	0.05
CHOs	0.53	5.33	8.63	0.0005
AzR	0.26	51.93	2.67	< 0.0001
FenSG	0.43	32.96	5.87	0.004
TanCG	0.62	29.42	12.55	< .0001
TanSG	0.50	44.22	7.8	0.0009
AcPAL	0.42	80.09	5.48	0.005
AcEST	0.42	84.56	5.62	0.005
AcOLE	0.44	86.3	5.93	0.004
GS	0.42	82.59	5.55	0.005
Teo	0.49	2.65	5.80	0.02
Caf	0.85	11.94	33.17	<.0001
TC	0.68	14.45	12.76	0.001

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia (Pr<0.05).

Anexo 2. Efecto de la fermentación sobre los componentes químicos de las muestras de Omoa.

Componentes Químicos	R ²	% Coef_Var	F-Valor	Pr > F
H	0.96	7.05	134.31	<.0001
EE	0.63	1.73	10.20	0.003
CHOs	0.42	3.15	4.35	0.04
AzT	0.82	14.18	26.72	<.0001
AzR	0.51	15.31	6.17	0.01
FenSG	0.64	25.12	10.48	0.002
TanSG	0.62	41.65	9.68	0.003
AcPAL	0.94	25.41	97.21	<.0001
AcEST	0.96	22.49	133.60	<.0001
AcOLE	0.95	27.33	116.73	<.0001
GS	0.95	23.63	117.67	<.0001

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia (Pr<0.05).

Anexo 3. Correlación entre la fermentación y los componentes químicos de las muestras de Omoa.

Componentes Químicos	Correlación	
	Pr > F_CORR	Coef_Corr
H	<.0001	-0.97
EE	0.001	-0.75
CHOs	0.01	0.61
AzT	<.0001	-0.90
AzR	0.04	-0.54
FenSG	0.011	-0.63
TanSG	0.04	-0.54

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia de correlación ($Pr < 0.05$).

Anexo 4. Efecto de la exposición al sol y la fermentación sobre los componentes químicos de las muestras de La Masica.

Componentes Químicos	R ²	% Coef_Var	F-Valor		Pr > F	
			EXPSOL	FERMEN	EXPSOL	FERMEN
pH	0.96	1.14	0.25	6.35	0.63	0.04
H	0.99	1.72	170.34	2.66	<.0001	0.14
Cz	0.89	4.34	0.02	5.98	0.88	0.04
EE	0.86	1.31	5.11	10.04	0.05	0.01
N	0.68	2.13	5.56	5.56	0.05	0.05
PrC	0.70	2.05	5.61	5.61	0.04	0.05
FD	0.33	2.90	1.17	0.06	0.31	0.81
CHOs	0.91	2.36	1.56	2.93	0.25	0.15
AzT	0.93	16.48	12.47	45.22	0.007	0.0001
AzR	0.58	5.83	2.13	3.33	0.18	0.11
FenSG	0.98	7.50	20.19	29.84	0.002	0.0006
TanSG	1.00	4.51	0.40	29.05	0.54	0.0007
AcPAL	0.60	3.31	3.75	9.86	0.09	0.01
AcEST	0.76	1.60	1.63	8.33	0.25	0.02
AcOLE	0.55	2.82	6.80	0.73	0.03	0.42
GS	0.43	1.69	4.19	0.66	0.08	0.44

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia (Pr<0.05). EXPSOL=Exposición al sol. FERMEN=fermentación.

Anexo 5. Correlación entre la exposición al sol y los componentes químicos de las muestras de La Masica.

Componentes Químicos	Corr_ExpSol	
	Pr > F_CORR	Coef_Corr
N	0.02	-0.67
PrC	0.01	-0.68
FenSG	0.0002	-0.87

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia de correlación ($Pr < 0.05$).

Anexo 6. Correlación entre la fermentación y los componentes químicos de las muestras de La Masica.

Componentes Químicos	Corr_Fermen	
	Pr > F_Corr	Coef_Corr
pH	0.004	-0.75
Cz	<.0001	-0.93
EE	0.05	-0.57
N	0.02	-0.67
PrC	0.01	-0.69
FenSG	<.0001	-0.92
TanSG	<.0001	-0.94
AcEST	0.006	-0.73

Los compuestos que no están presentes en este cuadro no tuvieron significancia de correlación ($Pr < 0.05$).

Anexo 7. Resumen de los componentes afectados significativamente por la altura, exposición al sol y fermentación.

Componentes Químicos					
Altura		Exposición Al Sol		Fermentación	
Efecto	Correlación	Efecto	Correlación	Efecto	Correlación
pH	EE*	H	N	pH	pH
EE	N	N	PrC	H	Cz
N	PrC	PrC	FenSG	Cz	H
PrC	CHOs	AzT		EE	EE
CHOs	AzR	FenSG		N	N
AzR	FenSG	AcOLE		PrC	PrC
FenSG	TanSG			CHOs	CHOs
TanCG				AzT	AzT
TanSG				AzR	AzR
AcPAL				FenSG	FenSG
AcEST				TanSG	TanSG
AcOLE				AcPAL	AcEST
GS				AcEST	
Teo				AcOLE	
Caf				GS	
TC					

*En negrilla se muestran los componentes que fueron afectados significativamente por la altura, exposición al sol y fermentación y con coeficiente de correlación significante.

Anexo 8. Contraste Ortogonal entre muestras de Omoa y La Masica.

Contraste	pH		EE		N		PrC	
	Valor- F	Pr > F	Valor-F	Pr > F	Valor-F	Pr > F	Valor-F	Pr > F
Omoa / La Masica	32.85	< .001*	63.39	<.0001*	14.7	0.0008*	15.31	0.0006*

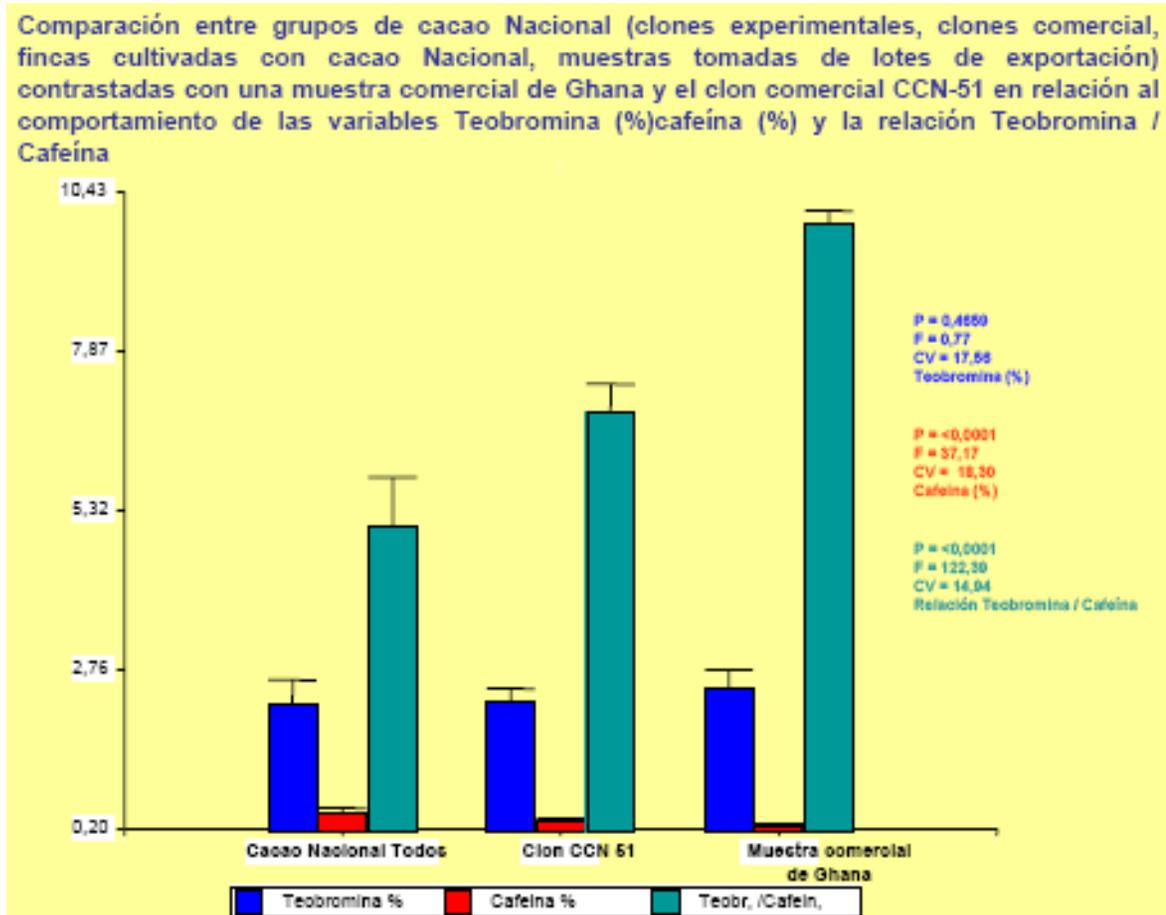
*Valores con diferencia significativa (Pr<0.05).

Anexo 9. Contraste Ortogonal entre muestras de Omoa y La Masica.

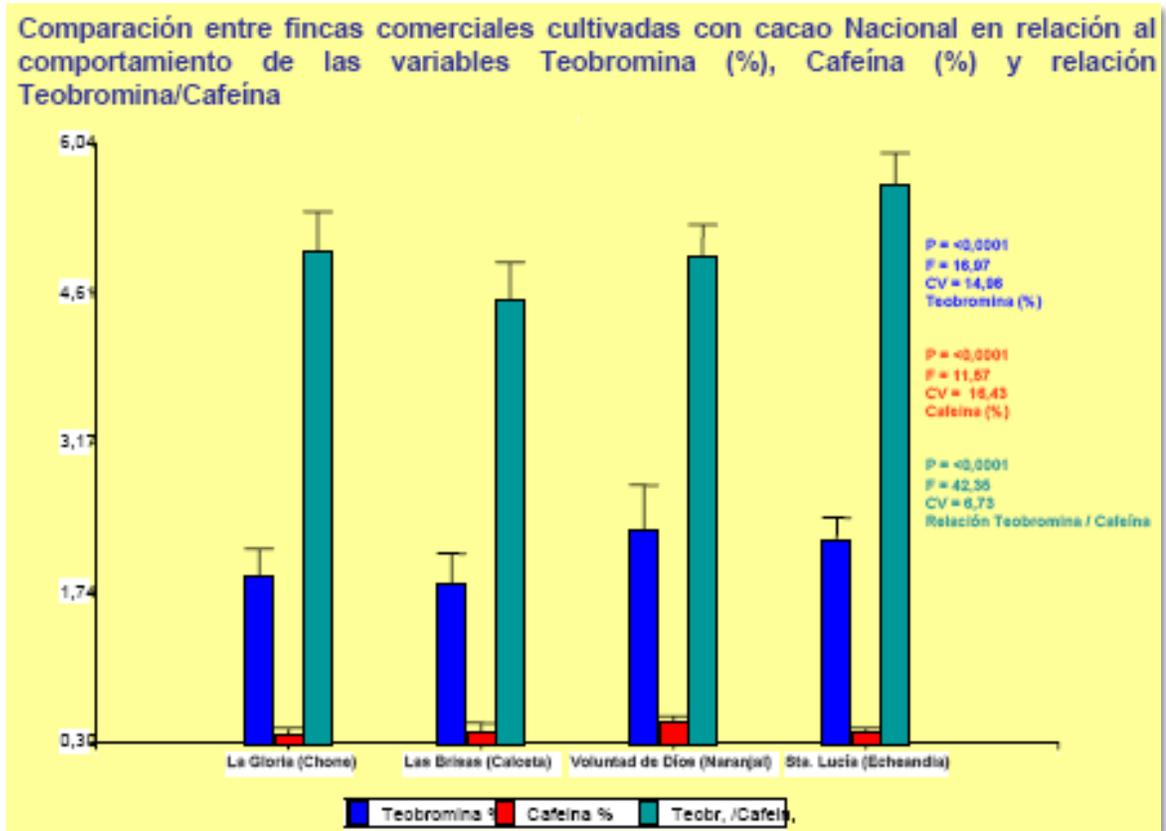
Contraste	Fenoles		Ácidos Grasos					
			C:16		C:18		C:18:1	
Omoa / La Masica	F-Valor	Pr > F	Valor-F	Pr > F	Valor-F	Pr > F	Valor-F	Pr > F
	0.76	0.39	3.28	0.08	3.63	0.07	1.76	0.19

*Valores con diferencia significativa (Pr<0.05).

Anexo 10. Comparación de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre muestras de cacao de Ecuador y de Ghana.



Anexo 11. Comparación de teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína entre muestras de fincas comerciales ubicadas en diferentes localidades de Ecuador.



Fuente: Amores 2006.