

**CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE CLONES REGIONALES DE CACAO  
DE LAS ZONAS CACAOTERAS DE COLOMBIA**

**OLGA LUCIA RAMIREZ PINEDA  
ARLEY RENE VILLAMIZAR JAIMES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2008**

**CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE CLONES REGIONALES DE CACAO  
DE LAS ZONAS CACAOTERAS DE COLOMBIA**

**OLGA LUCIA RAMIREZ PINEDA  
ARLEY RENE VILLAMIZAR JAIMES**

**Tesis de Grado**

**Directora  
Janeth Aidé Perea  
Química. Magister en Química, Doctora en Química**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2008**

*A mis padres Israel y Elsa, a quienes debo Todo lo que soy*

*A Vicente, el amor de mi vida, mi gran apoyo, mi ilusión*

*A mi pulguita Daniela, por quien deseo ser cada día mejor*

*A mi abuelita Ernestina, por su dedicación y comprensión*

*Gracias de todo corazón por confiar en mí.*

*Olga Lucia*

*Este trabajo lo dedico a Dios trino ser importante e impulsor de mi vida,  
A mis padres Luis y Elsa, de los cuales aprendo día a día los valores más  
sinceros y por ser mí apoyo incondicional,  
A mis hermanos Luis, Edgar, Omar y Sandra por su compañía y fe en mi,  
A mis amigos, Cesar (lealtad y gratitud) amistad por siempre,  
y a los K por poner esa salsa de alegría a mi vida,  
A ese sentimiento que siempre me acompaña el Amor*

*Gracias a todos*

*Arley René*  
*Jesús Yo Confío en Tí*

## ***Agradecimientos***

Doctora **Aidé Perea** por la oportunidad de pertirnos hacer parte del **CICTA**.

A los calificadores **Luz Amparo Lozano** y **Cristian Blanco** por el tiempo y atención dedicada a la evaluación de nuestro trabajo

A Nuestros amigos del **CICTA**, por su apoyo y amistad

Al Dr. **Fabio Aránzazu** y al Bioestadísta **Diego Rincón** de FEDECACAO por su confianza y apoyo durante el desarrollo del proyecto.

A los Profesores de la Escuela de Química, por sus conocimientos

Técnico Alejandro Torres y María Helena

Compañeros y Amigos

*Olga y Arley*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	19
<b>1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</b>	19
1.1 MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CACAO.	24
1.2 BENEFICIO DEL CACAO	26
1.2.1 Cosecha.	27
1.2.2 Recolección.	27
1.2.3 Desgrane.	27
1.2.4 Fermentación.	27
1.2.5 Secado.	29
1.2.6 Limpieza y clasificación.	30
1.3 COMPOSICION DEL GRANO DE CACAO	30
1.3.1 Macronutrientes del Cacao.	30
1.3.2 Composición de la Manteca de Cacao.	32
1.3.3 Micronutrientes en el Cacao.	33
1.4 CALIDAD DEL GRANO DE CACAO	34
<b>2. METODOLOGIA</b>	38
2.1 ASPECTOS METODOLOGICOS	38
2.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS	38
2.2.1 Análisis Físico	38
2.2.2 Análisis Químico.	39
2.2.3 Determinación de Minerales.	41
2.2.4 Extracción, Identificación y Cuantificación de Ácidos Grasos Por Cromatografía de Gases.	35
<b>3. ANALISIS ESTADISTICO</b>	44
3.1 PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES CLONALES	44

3.2	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES CLONALES CONTRA EL CLON UNIVERSAL ICS-95	45
4.	<b>ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	47
4.1	COMPARACION DE LOS MATERIALES DE CACAO EVALUADOS	47
4.1.1	Características físicas.	48
4.1.2	Características químicas o macronutrientes.	50
4.1.3	Micronutrientes.	58
4.1.4	Análisis de ácidos grasos.	64
4.2	COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES EVALUADOS CONTRA EL PATRON ICS-95	72
4.2.1	Análisis de Macronutrientes.	72
4.2.2	Análisis de micronutrientes.	74
4.2.3	Análisis de ácidos grasos.	76
5.	<b>CONCLUSIONES</b>	79
6.	<b>RECOMENDACIONES</b>	81
7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	82
	<b>ANEXOS</b>	88

## LISTA DE GRÁFICAS

		Pág.
<b>Gráfica 1.</b>	Relación de los valores de contenido de Cascarilla y pH de los 12 materiales clónales de cacaos evaluados	44
<b>Gráfica 2.</b>	Relación de los valores de acidez de los materiales clónales de cacaos evaluados.	46
<b>Gráfica 3.</b>	Agrupación de los contenidos de Grasa de los 12 materiales clónales de cacao.	48
<b>Gráfica 4.</b>	Agrupación de los contenidos de proteína de los 12 materiales clónales de cacao.	51
<b>Gráfica 5.</b>	Agrupación de los contenidos de ceniza de los 12 materiales clónales de cacao.	51
<b>Gráfica 6.</b>	Agrupación de los contenidos de fibra de los 12 materiales clónales de cacao.	52
<b>Gráfica 7.</b>	Relación de las concentraciones de Potasio de los materiales de cacao evaluados.	54
<b>Gráfica 8.</b>	Relación de las concentraciones de magnesio de los materiales de cacao evaluados.	54
<b>Gráfica 9.</b>	Concentraciones de fósforo de los materiales de cacao evaluados.	55
<b>Gráfica 10.</b>	Concentraciones de Zinc de los 12 materiales de cacao evaluados.	56
<b>Gráfica 11.</b>	Concentraciones de Hierro de los materiales de cacao evaluados.	56

<b>Gráfica 12.</b>	Agrupación de la abundancia relativa de los ácidos grasos saturados ácido Palmítico y esteárico en los materiales clonales evaluados	61
<b>Gráfica 13.</b>	Agrupación de la abundancia relativa de los ácidos grasos insaturados Oleico y linoleico en los materiales clonales.	62
<b>Gráfica 14.</b>	Comparación del contenido de ceniza y grasa de materiales de cacao contra el patrón universal ICS95	67
<b>Gráfica 15.</b>	Comparación del contenido de proteína y fibra de materiales de cacao contra el patrón universal ICS95	68
<b>Gráfica 16.</b>	Comparación de la concentración de Potasio, Magnesio y fósforo de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95	69
<b>Gráfica 17.</b>	Comparación de la concentración de Hierro y Zinc de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95	70
<b>Gráfica 18.</b>	Comparación de la abundancia relativa de ácido palmítico y esteárico de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95	71
<b>Gráfica 19.</b>	Comparación de la abundancia relativa de ácido oléico de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS-95	71

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
<b>Tabla 1.</b>	Contenido de grasa (%) obtenido por diferentes autores variando el método de extracción	25
<b>Tabla 2.</b>	Composición de Ácidos Grasos de la Grasa de Cotiledones de Cacao Criollo, Forastero y Trinitario de la Localidad del Cumbotó (Venezuela).	26
<b>Tabla 3.</b>	Parámetros de calidad de cacao	29
<b>Tabla 4.</b>	Parámetros de Calidad por FEDECACAO.	29
<b>Tabla 5.</b>	Origen y selección de los materiales evaluados	30
<b>Tabla 6.</b>	Resultados del Tratamiento ANOVA a las variables evaluadas en los doce materiales de cacao.	42
<b>Tabla 7.</b>	Contenido de Cascarilla y pH en los materiales de cacao evaluados	43
<b>Tabla 8.</b>	Parámetros físicos del grano de Cacao	43
<b>Tabla 9.</b>	Contenido de Humedad y porcentaje de Acidez en los materiales de cacao evaluados.	45
<b>Tabla 10.</b>	Composición Química o contenido de de macronutrientes (%) de los 12 materiales clónales de cacao.	47
<b>Tabla 11.</b>	Contenido de Grasa de Cacaos de Diferente Origen	49
<b>Tabla 12.</b>	Contenido de de micronutrientes en los doce clones de cacao.	53
<b>Tabla 13.</b>	Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis de micronutrientes de los materiales de Cacao.	57

<b>Tabla 14.</b>	Niveles de minerales requeridos en una ingesta diaria y aporte nutricional obtenido de los materiales de cacao evaluados	58
<b>Tabla 15</b>	Resultados prueba ANOVA para las variables de ácidos grasos evaluadas.	58
<b>Tabla 16.</b>	Abundancia relativa de ácidos grasos para los 12 materiales clónales de cacao.	60
<b>Tabla 17.</b>	Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis de ácidos grasos de cacao por Cromatografía de gases.	63
<b>Tabla 18.</b>	Clasificación de los materiales en cuanto al contenido de las variables evaluadas, como resultado de la aplicación de la prueba de Tukey.	65
<b>Tabla 19</b>	Comparación del <b>FEC-2</b> y <b>SCC-41</b> contra el patrón <b>ICS-95</b> en cuanto al contenido de macronutrientes y micronutrientes.	72

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Clases de Reproducción Vegetal del Cacao	26
<b>Figura 2.</b>	Materiales de cacao evaluados.	31
<b>Figura 3.</b>	Perfil Cromatográfico del Clon SCC-41.	59
<b>Figura 4.</b>	Perfil Cromatográfico del Clon de cacao ICS-95 utilizado como patrón.	59

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Resultados de Anova y prueba a posteriori Tukey, para el análisis de macronutrientes, ácidos grasos y micronutrientes de los 12 materiales de cacao	89
<b>Anexo B.</b> Perfiles cromatográficos de los materiales de cacao.	97

## ABREVIATURAS

<b>A.O.A.C</b>	Association of official Analytical Chemists
<b>ICTA</b>	Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos
<b>CORPOICA</b>	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
<b>EE.UU.</b>	Estados Unidos
<b>FAME</b>	Metilésteres de ácidos grasos
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization
<b>FEAR</b>	FEDECACAO Arauquita
<b>FEC</b>	FEDECACAO el Carmen
<b>FEDECACAO</b>	Federación Nacional de Cacaoteros
<b>FID</b>	Detector de Ionización en Llama
<b>FLE</b>	FEDECACAO Lebrija
<b>FSA</b>	FEDECACAO Saravena
<b>FSV</b>	FEDECACAO San Vicente
<b>GC</b>	Cromatografía de Gases
<b>ICONTEC</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>Sc<sup>2</sup></b>	Varianza común
<b>SCC</b>	Selección Colombia Corpoica
<b>SE</b>	Error estándar
<b>SS</b>	Suma de Cuadrados
<b>Sc</b>	Raíz de la varianza

## RESUMEN

### TITULO:

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE CLONES REGIONALES DE CACAO DE LAS ZONAS CACAOTERAS DE COLOMBIA<sup>\*</sup>.

### AUTORES:

Olga Lucía Ramírez Pineda  
Arley René Villamizar Jaimes<sup>\*\*</sup>

### Palabras claves:

Macronutrientes, micronutrientes, ácidos grasos, materiales clonales, clon universal.

### DESCRIPCION

La actual ineficiencia productiva de las plantaciones híbridas de cacao, han afectado parte del desarrollo económico del sector cacaotero, en consecuencia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Cadena Productiva del Cacao, han enfocado su investigación en materiales clonales, seleccionados por entidades como FEDECACAO Y CORPOICA por su alta calidad y productividad. Es por esto que este estudio tiene como objetivo la caracterización fisicoquímica de doce materiales de cacao, teniendo en cuenta el contenido de macronutrientes como grasa, fibra, ceniza y proteína, contenido de minerales como potasio, magnesio, fósforo, hierro y zinc, además de caracterizar la manteca de cacao en cuanto a la composición de sus principales ácidos grasos, palmítico, esteárico, oleico y linoleico. La acidez, pH y contenido de cascarilla son otras de las variables analizadas. Con los datos obtenidos se realizó una comparación entre sí de los materiales evaluados y contra el clon universal ICS-95 escogido como referencia, por ser ampliamente utilizado en Colombia y demás países productores.

Los resultados obtenidos, muestran que los doce materiales son diferentes entre sí, en cuanto a sus características físicas y químicas; pero sobresalen los materiales SCC41 y FEC2 por presentar niveles altos de todas las variables y el FSV41 por presentar niveles bajos. Respecto al contenido de micronutrientes, se demuestra que el cacao es una fuente significativa de minerales, pero que no sigue una tendencia definida. Por otra parte, los ácidos palmítico, esteárico y oleico se encontraron en composiciones adecuadas para una manteca de cacao de alta calidad, en la mayoría de los clones evaluados.

---

\* Tesis de Grado

\*\* Facultad de Ciencias, Programa de Química, Directora: Janeth Aidé Perea Villamil.

## SUMMARY

### TITLE:

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF REGIONAL CLONES OF COCOA THE COCOA AREAS OF COLOMBIA\*.

### AUTHORS:

Olga Lucia Ramirez Pineda \*\*  
Arley Rene Villamizar Jaimes \*\*

### Keywords:

Macronutrients, micronutrients, fatty acids, clonal materials, universal clone.

### DESCRIPTION

The current inefficient production of hybrid cocoa plantations, have affected the economic development of the cocoa sector, consequently, the Ministry of Agriculture and Rural Development and Supply Chain Cocoa, have focused their research on clonal materials, as selected by entities FEDECACAO and CORPOICA for its high quality and productivity. The objective of this study is the physicochemical characterization of twelve materials cocoa, taking into account the content of macronutrients like fat, fiber, ash and protein, content of minerals such as potassium, magnesium, phosphorus, iron and zinc, in addition to characterize cocoa butter on the composition of its main fatty acid, palmitic, stearic, oleic and linoleic. The acidity, pH, and shell content are other variables analyzed. With the obtained data was made a comparison between themselves and the materials assessed against universal clone ICS-95 chosen as a reference, being widely used in Colombia and other producing countries.

The results show that the twelve materials are different from one another in terms of its physical and chemical characteristics, but excel SCC41 materials and FEC2 by introducing high levels of all variables and FSV41 by introducing low levels. As regards the content of micronutrients, it shows that cocoa is a significant source of minerals, but that does not get a definite trend. Moreover, palmitic acid, stearic and oleic were found in compositions suitable for cocoa butter of high quality, in most clones evaluated

---

\* Degree Thesis

\*\* Faculty of Sciences, Program of Chemistry, Director : Janeth Aidé Perea Villamil

## INTRODUCCION

En la dieta humana el consumo de macronutrientes y micronutrientes como proteínas, grasa, fibra, carbohidratos y minerales esenciales es de gran importancia para el crecimiento y desarrollo del individuo. El cacao tiene un gran contenido de macronutrientes como grasa, proteína, fibra y de micronutrientes como potasio, hierro, zinc, fósforo y magnesio. La grasa es rica en ácido esteárico, considerado un ácido graso neutro no aterogénico y en ácido linoleico, un ácido graso esencial. El grano contiene además otros compuestos como los polifenoles, cuyo contenido ha adquirido relevancia recientemente por su comportamiento como antioxidantes.

A nivel mundial y nacional, el cacao representa una de las industrias de mayor tradición, muestra de ello es la existencia de múltiples empresas y microempresas dedicadas a su transformación en chocolate de mesa y en productos de confitería fina. Colombia es el primer consumidor de chocolate de mesa en forma de bebida caliente, pero es un regular consumidor de productos de confitería.

En el país, el cacao es uno de los productos que actualmente cuenta con grandes ventajas comparativas derivadas de la necesidad de suplir la demanda interna, de sustituir cultivos ilícitos y del incremento de las exportaciones especialmente de productos terminados como el chocolate de mesa. Sin embargo, actualmente el sector cacaotero se enfrenta a la ineficiencia productiva de las plantaciones híbridas de avanzada edad e inadecuado manejo, así como a la existencia de un gran porcentaje de árboles poco resistentes a enfermedades (Aranzazu et al., 2008).

Ante esta situación el gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Cadena Productiva de Cacao, fijó estrategias tendientes a repuntar nuevamente la producción de cacao, pero esta vez utilizando materiales clónales productivos, resistentes a enfermedades y con calidades de grano aceptables en los mercados nacionales e internacionales. En este contexto se creó la unión temporal entre la Federación Nacional de Cacaoteros - FEDECACAO, CORPOICA, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para desarrollar el Macroproyecto **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ADAPTATIVO Y PRODUCTIVO DE CLONES REGIONALES PROMISORIOS DE CACAO EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE COLOMBIA”** dentro del cual la UIS a través del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos debe realizar la caracterización fisicoquímica de doce (12) materiales de cacao seleccionados de los bancos de Germoplasma por CORPOICA y FEDECACAO. Se plantea la hipótesis de que además de las características fitogenéticas, las características fisicoquímicas varían con el tipo de clon, por lo que pueden usarse como parámetros diferenciadores de los materiales de cacao.

En este proyecto se realizó la caracterización fisicoquímica basada en la determinación de los principales macronutrientes (grasa, proteína, ceniza y fibra) y micronutrientes (potasio, magnesio, fósforo, hierro y zinc) usando métodos de análisis normalizados recomendados para tal fin. Adicionalmente se caracterizó la grasa del cacao, en cuanto a su contenido de ácidos grasos.

Los resultados obtenidos se emplearon para comparar entre sí los diferentes clones con el fin de determinar si hay diferencias significativas entre ellos, y para compararlos contra el clon universal **ICS-95** por ser ampliamente utilizado en Colombia y demás países productores. En el primer caso se encontró que los doce materiales son diferentes entre sí, en cuanto a sus características físicas y

químicas; pero sobresalen los materiales Selección Colombia CORPOICA (**SCC-41**) y FEDECACAO El Carmen (**FEC-2**) por presentar niveles altos de todas las variables y el FEDECACAO San Vicente (**FSV-41**) por presentar niveles bajos. Estos mismos materiales presentaron diferencias significativas con el Clon ICS 95, presentado mayores valores para las variables analizadas que las encontradas en el patrón.

Respecto al contenido de micronutrientes, se confirma que el cacao es una fuente significativa de minerales como potasio, magnesio y fósforo, pero es pobre en hierro y zinc. Por otra parte, en la mayoría de los clones evaluados los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico se encontraron en concentraciones adecuadas para obtener una manteca de cacao de alta calidad.

Resultados parciales de este trabajo fueron presentados en el IX Congreso Colombiano de Ciencia y Tecnologías de Alimentos (Bogotá, Abril de 2008) y en el II Seminario Internacional de Cacao (Bucaramanga, 2008) y fueron aceptados para ser presentados en la XI Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICTA-11), y III Encuentro Latinoamericano de Cacao y Chocolatería (La Habana Cuba, Octubre 2008).

## 1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El árbol del cacao pertenece al género *Theobroma Cacao*, orden Filiales y familia Sterculáceas. El árbol presenta hojas sencillas, pecioladas, enteras, coriáceas, frágiles y brillantes. Las flores nacen en el tallo y en las ramas más viejas, lo que se denomina cauliflora y brotan a los tres o cuatro años. El fruto es una baya o mazorca ovoidea, grande, y aguda hacia el ápice, de veinticinco a treinta centímetros de largo y de diez a quince de grueso, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, subleñoso, consistente, amarillo pajizo, verde y rugoso al exterior, con diez surcos longitudinales. Las semillas son ovoides, blancas y pardas cuando están secas. Cada mazorca contiene de veintiséis a treinta granos de cacao (Arévalo *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista botánico, el cacao con relación a su calidad presenta diferentes subclases las cuales son generalmente reunidas en 3 o 4 grupos ya sea, por el color de sus semillas o por la apariencia de sus mazorcas. Históricamente se han clasificado según el color de las semillas, así, aquellos cuyas semillas son incoloras incluyen el **Criollo**, y aquellas cuyas semillas tienen cotiledones de color púrpura incluyen el **Forastero**. También se clasifican como: Criollo Centroamericano, Criollo Sudamericano, Forastero Amazónico y Trinitarios. El cruzamiento de los criollos americanos con los Forasteros Amazónicos da origen a los Trinitarios, que son desconocidos en estado silvestre. Esta misma clasificación es la empleada actualmente a nivel comercial.

Basados en las características morfológicas de la mazorca, la flor y las semillas, actualmente se ha clasificado el cultivo de cacao en tres grupos: Criollos, Forasteros y Trinitarios (Arguello *et al.*, 2000).

- **Criollos**

El cacao criollo que significa nativo de descendencia extranjera, corresponde al tipo de almendras más grandes, cuyo cotiledón recién salido de la mazorca es ligeramente rosado. Presenta un color entre marfil y pardo o castaño muy claro cuando está correctamente beneficiado. Produce un grano con olor dulce y sabor agradable, unido a un aroma delicado, características distintivas de los tipos finos. Estos cacaos fueron cultivados originalmente en las selvas húmedas mexicanas y en la cuenca del Orinoco, desde donde se propagaron a los demás países centroamericanos.

- **Forasteros**

Características propias de los forasteros son la acidez del grano, el tamaño pequeño de la almendra, el sabor amargo, y el color violeta del cotiledón cuando el grano está recién sacado de la mazorca, este color cambia a oscuro cuando el grano ha sido bien beneficiado. Estos cacaos también llamados amazónicos, se originaron en la cuenca alta del río Amazonas, desde donde fueron llevados al África Occidental y a Brasil.

- **Trinitarios**

Los trinitarios, desarrollados en la isla de Trinidad, son al parecer producto del cruce entre Criollos y Forasteros realizado en forma natural entre los distintos tipos

introducidos y también resultado de hibridaciones a través de distintos programas desarrollados en esa localidad. La calidad de estos granos corresponde a características intermedias entre los criollos y los forasteros, en diferentes grados de acuerdo con la cantidad de genes de uno u otro que les haya correspondido en el azar de la genética. Este cacao es producido principalmente en Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago y con limitada extensión en América Central.

Actualmente para favorecer las condiciones de crecimiento y generación de características deseables de los granos de cacao, se han desarrollado diferentes genotipos, basados en el cruzamiento de los tipos de cacao anteriormente mencionados (Pinzón, 2004).

### **1.1 MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CACAO.**

El mejoramiento de la reproducción vegetal del cacao se lleva a cabo de dos maneras, sexual y asexual. En la ***propagación sexual***, hay combinación del material genético de la “planta padre” que aporta el polen, al ovulo de la “planta madre” y por lo tanto, el cacao obtenido tiene una combinación de las características de ambos progenitores, de forma que todos los descendientes de esa unión son conocidos como **Híbridos**.

En la propagación sexual el cultivo se propaga por semilla, por lo cual es necesario conocer el biotipo y características principales de estas, para que reciban un adecuado tratamiento (PROAMAZONIA, 2004). En la reproducción sexual, resultan algunos individuos con buenas características y otros con características indeseables, esto desde el punto de vista de producción no es

beneficioso. Los criterios para la selección de las “plantas madre y padre” de esta semilla se basan en:

- Alta tolerancia a plagas y enfermedades como *moniliasis* y *escoba de brujas*;
- Buena producción
- Edad del árbol (5 años)
- Representativo del tipo de híbrido.
- Poseer buena estructura en desarrollo y conformación.

Cuando la propagación del cacao se da **por vía asexual**, no existe combinación del material genético, por tanto, los descendientes obtenidos se originan solo de la “planta madre” y serán idénticos en su aspecto exterior, en sus cualidades y características internas, a estos cacaos se les denominan **clones**. Si la planta madre tiene condiciones de alta productividad y calidad del grano, así mismo serán los integrantes de su descendencia (FEDECACAO, 2005).

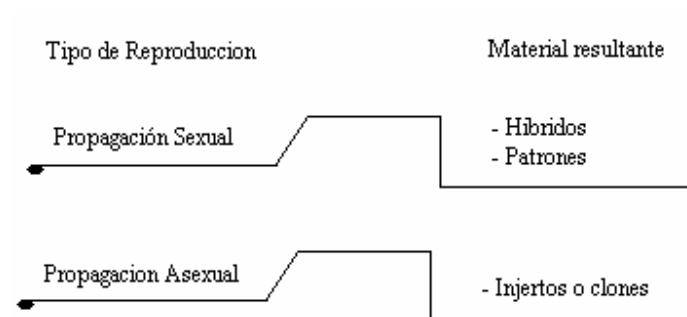
Con la propagación vegetativa asexual, se multiplican las características agronómicas de una planta identificada previamente como clon universal y regional, dependiendo de la zona de adaptación. De estas plantas se extraen yemas para ser injertadas en los patrones ya sembrados. Este método de propagación es conocido como injerto ó trasplante de tejidos vegetales (FEDECACAO, 2005).

La injertación en Colombia, es el método más recomendado para la propagación del cacao. La clonación asegura un buen material para la siembra y renovación de cultivos, siempre y cuando se clonen árboles de alto rendimiento en las condiciones ecológicas particulares. Un clon de alta productividad, tolerancia a

enfermedades, gran calidad y rendimiento precoz, garantiza cultivos con esas mismas características.

En la **Figura 1**, se resumen los dos tipos de reproducción vegetal del cacao.

Figura 1. Clases de Reproducción Vegetal del Cacao



## 1.2 BENEFICIO DEL CACAO

Se denomina beneficio del grano de cacao al conjunto de prácticas interrelacionadas que tienen que ver con la transformación biológica que deben sufrir las almendras una vez cosechadas y que permiten la expresión de su potencial de calidad. El cacao es uno de los tantos productos de usos alimentarios cuyas características aromáticas se desarrollan a través de un proceso de fermentación y secado realizados antes de su comercialización (Reyes *et al.*, 2000; Bart y Baryeh, 2002).

El beneficio del cacao comprende las siguientes etapas:

**1.2.1 Cosecha.** Consiste en la recolección y desgrane de las mazorcas de cacao, y se inicia cuando las mazorcas han alcanzado su grado óptimo de madurez, el cual se aprecia por el cambio de coloración externa. Los frutos verdes se tornan amarillos cuando maduran, y los de color rojo pasan a una tonalidad naranja. Se deben cosechar únicamente los frutos maduros. Las mazorcas verdes originan un producto de mal sabor y aroma.

**1.2.2 Recolección.** Una vez maduras las mazorcas de cacao, son recolectadas cuidadosamente, utilizando herramientas especiales como la “tijera podadora”, la “medialuna”, a fin de evitar dañar los cojines florales, las ramas o el tronco del árbol; con cualquier otra herramienta como el machete, pueden causarse heridas al árbol o dañar los granos del fruto. Generalmente, en plantaciones pequeñas o medianas, la recolección se hace cada dos o tres semanas, con lo cual se evita la sobre maduración de los frutos y el riesgo de pérdidas (FEDECACAO, 2004).

**1.2.3 Desgrane.** La extracción de las semillas de la cáscara, se denomina desgranada y se hace deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central de la mazorca, evitando extraerla para no mezclarla con los granos de cacao (FEDECACAO, 2004).

**1.2.4 Fermentación.** En esta etapa se facilita el desprendimiento mucílago, se provoca la muerte del embrión para impedir la germinación del grano y lo que es más importante, se originan una serie de reacciones bioquímicas en el interior de los mismos, que generan un aumento del volumen y el cambio de color hasta alcanzar el tono chocolate característico del grano de cacao. En esta etapa también se forman los compuestos precursores del aroma y sabor.

La fermentación puede realizarse en dos etapas:

1. Una etapa de hidrólisis o fermentación alcohólica, en condiciones anaeróbicas, donde intervienen microorganismos como levaduras, que transforman el azúcar de la pulpa en alcohol y anhídrido carbónico, a la vez que comienza a elevarse la temperatura. Conforme se produce el cambio en las células de la pulpa, hay penetración de aire y se favorece la oxidación del alcohol etílico a ácido acético, con la intervención de bacterias acéticas inoculadas por los insectos. El ácido acético provoca la muerte del embrión y de las almendras al penetrar en el tejido del cotiledón. Las enzimas presentes se ponen en contacto con los polifenoles y las proteínas y se inician las reacciones hidrolíticas que dan lugar a la formación de los precursores del sabor. Toda esta fase hidrolítica ocurre a temperaturas cercanas a 45 °C y a pH entre 4,0 y 5,0.

2. La etapa de oxidación se inicia cuando hay mayor penetración de oxígeno y consiste esencialmente en la oxidación y condensación de los compuestos polifenólicos en productos complejos que tienen poco o ningún sabor. Cuando el oxígeno tiene acceso a las células de los cotiledones durante la fase de oxidación, el color de la superficie de las almendras se torna pardo (Torres *et al*, 2004).

La fermentación de los granos de cacao es crítica para el desarrollo de precursores del sabor del chocolate. Las interacciones de los complejos polifenólicos para formar taninos de alto peso molecular y su asociación con las proteínas juegan un papel importante en la calidad de los granos de cacao (Niemenak y Rohsius, 2005).

Variación en las condiciones de fermentación como cantidad de masa fermentable, remoción y duración del proceso, afectan el pH, la acidez titulable, la temperatura de fermentación, la actividad enzimática y por tanto el sabor y color desarrollado en el grano de cacao (Nazaruddin y Seng, 2006). El sistema de

fermentación usado en el proceso (cajón, tambor o en montones) también afecta la calidad del producto final (Moreno *et al.*, 1999; Perea y Espinosa, 2000; Torres *et al.*, 2004).

**1.2.5 Secado.** El principal objetivo del secado es disminuir el contenido de humedad (7-8%), la acidez y la astringencia, además de desarrollar el color chocolate característico de los granos bien fermentados, lo cual se obtiene mediante el secado natural o artificial (Perea y Espinosa, 2000).

Generalmente, el secado natural se realiza al sol, que es la fuente de calor más barata y adecuada. Si se utiliza secado artificial debe tenerse cuidado con los silos para que la temperatura no sobrepase los 70 °C. El secado debe ser lento y a bajas temperaturas particularmente al comienzo. En Colombia se seca sobre paceras o casa elba, removiendo las almendras frecuentemente para lograr un secado homogéneo.

Un secado lento, como el secado natural, permite que la humedad del centro del grano emigre poco a poco a la superficie, y se evapore. Cuando el cacao no se seca oportunamente adquiere un olor desagradable y se cubre de mohos externos (FEDECACAO, 2004)

Las características de un grano seco bien fermentado se demuestran porque el grano posee un color externo canelo, color interno café marrón, aspecto hinchado, arriñonado, sonido quebradizo al apretar el grano con los dedos, desprendimiento fácil de la cutícula, estructura interna cuarteada y sabor y aroma fuerte a chocolate (Mejía y Palencia, 2003).

**1.2.6 Limpieza y clasificación.** Los granos secos, se deben limpiar, eliminándoles impurezas, granos defectuosos y pasilla. Esta limpieza puede ser hecha a mano o con zaranda que a su vez permite la clasificación. Ya clasificado el cacao se empaqueta en sacos de fique limpios y se almacena en sitios igualmente limpios y secos (FEDECACAO, 2005)

### **1.3 COMPOSICION DEL GRANO DE CACAO**

**1.3.1 Macronutrientes del Cacao.** El grano de cacao es muy rico en grasa, componente cuantitativa y cualitativamente más importante de la semilla. (Acosta *et al.*, 2001). Algunos autores han encontrado que el contenido de manteca y su composición en ácidos grasos varían dependiendo del mes de cosecha, el grado de madurez del fruto y el tipo de cacao, incluso del sistema de fermentación utilizado (Tucci, Abreu y Saes, 1999; Acosta y Ortiz, 2003). En este último caso, para muestras de cacao híbrido evaluadas en sistemas de fermentación en cajón y en tambor, Moreno y Durán, (1999), no encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa.

En la **tabla 1**, se muestra la composición de grasa encontrada por diferentes autores, en algunos casos variando el método de extracción como Rahoma *et al.*, (2001) y Asep *et al.*,(2007), que utilizaron CO<sub>2</sub> como solvente y etanol; Elkhori *et al.*, (2007) que realizó la extracción por medio del método MAP (Microwave Assisted Process), en el cual irradian la muestra durante periodos muy cortos de tiempo para realizar la extracción, y otros como Liendo *et al.*,(1998); Moreno y Durán, (1999); Pinto *et al.*, (2000); Chevaux *et al.*, (2001); Pérez *et al.*, (2002); Acosta *et al.*, (2003); Cote y Jiménez ,(2005) y FEDECACAO, (2005), que utilizaron los métodos oficiales de la A.O.A.C.

En el estudio “Algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad del Cumbotó- Venezuela” realizado por Acosta *et al* (2001), se determinó el contenido de grasa para granos de cacao criollos, forasteros y trinitarios encontrándose que el cacao trinitario tiene la mayor cantidad de grasa (54.24%) y el cacao forastero la menor (49.52%). Cacaos híbridos y materiales clónales analizados por Moreno y Duran, (1999), FEDECACAO, (2004), Cote y Jiménez, (2005) muestran contenidos de grasa que oscilan entre 50% y 57%.

**Tabla 1:** Contenido de grasa (%) obtenido por diferentes autores variando el método de extracción

<b>AUTOR</b>	<b>% Grasa</b>	<b>Método de extracción</b>	<b>Origen</b>
<b>Rahoma</b>	50	CO <sub>2</sub> y etanol	<b>Brasil</b>
<b>Elkhorri</b>	44.71	MAP	<b>Venezuela</b>
<b>Liendo</b>	49-54	A.O.A.C	<b>Venezuela</b>
<b>Cote</b>	51-54	A.O.A.C	<b>Colombia</b>
<b>FEDECACAO</b>	50-57	A.O.A.C	<b>Colombia</b>
<b>Chevaux</b>	44.2	A.O.A.C	<b>Panamá</b>
<b>Pérez</b>	52-56	A.O.A.C	<b>Venezuela</b>
<b>Pinto</b>	53-56	A.O.A.C	<b>Venezuela</b>
<b>MC</b>	52.3	A.O.A.C	<b>Venezuela</b>
<b>TESTIGO</b>	54.3	A.O.A.C	<b>Colombia</b>

MC: muestra patrón tenida en cuenta en el estudio de Pérez *et al.*, 2002

Testigo: muestra patrón tenida en cuenta en el estudio realizado por FEDECACAO, 2005

Pérez *et al.*, (2002), en el estudio “Caracterización física y química de granos de cacao fermentados, secos y tostados de la región del Chuao-Venezuela” utilizaron como patrón una muestra del Banco de Germoplasma de Venezuela, con el fin de

establecer un perfil de calidad, encontrando para él valores de Humedad 2.5-3.1%; cenizas 3.2-3.9%; proteínas 11.4-13.8% y grasa 52-54%. Este patrón es denominado por los agricultores “cacao fino de primera”.

**1.3.2 Composición de la Manteca de Cacao.** La manteca de cacao presenta una relación de ácidos grasos saturados - insaturados aproximadamente de 1:1, con un contenido único de ácido esteárico, lo que la hace una grasa especial porque tiene un rango de fusión de 36-37 °C, equivalente a la temperatura corporal. Su composición en ácidos grasos varía dependiendo del origen, siendo los mayoritarios el palmítico, esteárico y oleico, y los minoritarios los ácidos linoleico, linolenico y araquidónico. De este modo se tienen mantecas blandas con mayor proporción de ácidos grasos insaturados y mantecas duras con mayor proporción de ácidos grasos saturados. La manteca proveniente de cacao colombiano ha sido clasificada como una manteca dura (Moreno y Durán, 1999).

Acosta y Ortiz, (2000), en el trabajo “Estudio de Algunas Características Físicas y Químicas de la grasa de los Cotiledones de tres tipos de cacao de la Localidad del Cumbotó”, encontraron que los tres tipos de cacao presentan los mismos ácidos grasos (**tabla 2**). La grasa del cacao Trinitario, presentó el más alto contenido de ácido palmítico (28%) y el más bajo de esteárico (32.9%).

**Tabla 2.** Composición de Ácidos Grasos de la Grasa de Cotiledones de Cacao Criollo, Forastero y Trinitario de la Localidad del Cumbotó (Venezuela).

<b>CACAO</b>	<b>PALMITICO%</b>	<b>ESTEARICO%</b>	<b>OLEICO%</b>	<b>LINOLEICO%</b>
CRIOLLO	27.13	34.40	34.80	2.16
FORASTERO	27.23	34	34.96	2.23
TRINITARIO	28	32.9	34.53	2.36

Tucci *et al.*, (1999), en su estudio “Composición de ácidos grasos y contenido de manteca de cacao de frutos producidos en distintas condiciones climáticas” encontraron que tanto el contenido de manteca de cacao como la composición de ácidos grasos presentan variaciones para los frutos cosechados en distintos meses del año. Igualmente observaron diferencias significativas entre los diferentes genotipos, indicando que además del clima existe la influencia de los factores genéticos. Similares resultados fueron obtenidos por Spangenberg, (2001) y Asep, (2007).

Otros macronutrientes importantes del grano de cacao, son la proteína, la ceniza, y la Fibra, cuyos contenidos en el grano dependen del tipo de cacao y las condiciones de cultivo.

**1.3.3 Micronutrientes en el Cacao.** Los elementos minerales imprescindibles para el organismo suelen clasificarse en macroelementos o microelementos. Se consideran macroelementos los iones calcio, fósforo, potasio, azufre, cloro, sodio y magnesio y microelementos u oligoelementos los iones hierro, yodo, flúor, zinc, cobre, cromo, selenio, cobalto y manganeso.

La semilla de cacao contiene varios de estos minerales esenciales en la dieta diaria de los seres humanos, que contribuyen en el funcionamiento biocatalítico, síntesis de proteínas, funciones cardiovasculares y relajación muscular entre otras. (Chevaux *et al.*, 2001).

Estudios realizados por Chevaux *et al.*, (2001) y Steinberg *et al.*, (2004) determinaron la composición de micronutrientes en el cacao, encontrando en mayor proporción el potasio, fósforo y magnesio y menor cantidad el zinc y el hierro.

A nivel nacional en el estudio “Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con Énfasis en el Contenido de Micronutrientes” realizado por Cote y Jiménez en el 2005, se observaron variaciones en el contenido de minerales, dependiendo de la presencia o ausencia de fertilización en los suelos, pero en general se encontró que el potasio, fósforo y magnesio, son los minerales más representativos; mientras que el zinc y el hierro se encuentran en baja proporción. La fertilización tiene especial incidencia sobre el contenido de zinc.

#### **1.4 CALIDAD DEL GRANO DE CACAO**

Para las industrias procesadoras, el cacao de calidad es aquel que después de ser debidamente beneficiado, desarrolla plenamente el sabor y aroma característicos del chocolate. Además de esto, es también importante el tamaño del grano, el porcentaje de cascarilla y el contenido de grasa. Aunque estos factores están fuera del control del productor, en los cultivos ya establecidos, pueden ser definidos en el momento de seleccionar el material de propagación.

Las industrias demandan almendras con peso superiores a 1 gramo, contenidos de grasa del orden de 55% y cascarilla inferior al 12%, que les permitan producir chocolates de sabor y aroma constante (Pinzón, 2004 ; Niemenak y Rohsius, 2005)

En las **tablas 3 y 4**, se relacionan los parámetros establecidos en las normas ICONTEC y por FEDECACAO, para determinar la calidad del grano de cacao fermentado y seco.

**Tabla 3.** Parámetros de calidad de cacao

<b>Norma ICONTEC NTC 793</b>	
REQUISITO	%
HUMEDAD	Máximo 2.5
GRASA	Mínimo 48
FIBRA	Máximo 4.7
CENIZA	Máximo 4.0
NITROGENO TOTAL	Mínimo 1.9 -Máximo2.5

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 793 Cacao en grano.

**Tabla 4.** Parámetros de Calidad por FEDECACAO.

	<b>BAJO</b>	<b>NORMAL</b>	<b>ALTO</b>
pH	<5	5 a 5.5	>5.5
%HUMEDAD	6.5 a 6.6	7 a 8	>8
%CENIZAS		2 a 4	
%GRASA	<52	52 a 55	>55
%PROTEINAS	11.0	14.9	
%FIBRA	2	2 a 5	>6
VALOR CALORICO		600 a 630	

Finalmente, en la **tabla 5** se presenta el origen de los doce materiales de cacao analizados en este trabajo, así como la entidad que realizó su selección. En la **Figura 2**, se muestran los clones de cacao seleccionados para el presente trabajo.

**Tabla 5.** Origen y selección de los materiales evaluados

<b>MATERIALES</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>SELECCIÓN</b>
ICS-95	TRINIDAD	UNIVERSAL
CCN51	ECUADOR	UNIVERSAL
SCC-41	RIONEGRO (SANTANDER)	CORPOICA
SCC-52	SAN VICENTE (SANTANDER)	CORPOICA
SCC-55	RIONEGRO(SANTANDER)	CORPOICA
SCC-80	RIONEGRO(SANTANDER)	CORPOICA
FEC-2	EL CARMEN (SANTANDER)	FEDECACAO
FSA-12	SARAVENA (ARAUCA)	FEDECACAO
FSV-41	SAN VICENTE (SANTANDER)	FEDECACAO
FLE-3	LEBRIJA (SANTANDER)	FEDECACAO
FEAR-5	ARAQUITA (ARAUCA)	FEDECACAO
CRIOLLO	VALLEDUPAR (CESAR)	FEDECACAO

Fuente: FEDECACAO y CORPOICA, 2007.

**Figura 2.** Materiales de cacao evaluados.



## 2. METODOLOGIA

### 2.1 ASPECTOS METODOLOGICOS

**Muestreo y transporte:** Las muestras de cacao correspondientes a tres muestreos tomados en diferentes épocas del año, fueron suministradas por FEDECACAO Y CORPOICA. Las muestras obtenidas en cantidades representativas fueron fermentadas y secadas bajo los mismos estándares, fermentación en cajón durante seis días y secado en casa elba durante 5 días, y enviadas al laboratorio, debidamente empacadas.

**Preparación de la muestra:** Una vez en el laboratorio, se tomaron 100 granos de cacao al azar, y se descascarillaron. El grano sin cascarilla, se molió y empacó en bolsas plásticas previamente rotuladas, se les inyectó nitrógeno y se empacaron en recipientes herméticamente cerrados, que a su vez, se almacenaron en cajas plásticas con tapa.

### 2.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS

**2.2.1 Análisis Físico.** En este análisis se midió el contenido de cascarilla y el pH del cotiledón.

- **pH del Cotiledón.**

La determinación del pH del cotiledón se basó en el método descrito por Jinap *et al.*, (1990); Hola *et al.*, (1992), así: 10 g de muestra de cotiledones frescos y recientemente molidos se pulverizaron y se mezclaron durante cinco minutos con 100 mL de agua destilada caliente, en una licuadora. La suspensión se dejó enfriar a temperatura ambiente y se filtró a través de un papel de filtro No 595. El pH del filtrado se midió con dos decimales de precisión en un potenciómetro electrónico (Handilab 1).

- **Porcentaje de Cascarilla.**

La determinación de cascarilla se realizó pesando 100 granos de cacao tomados al azar descascarillándolos y pesándolos. El contenido de cascarilla se calculó como:

$$\% \text{ cascarilla} = \frac{\text{Peso grano con cascarilla} - \text{peso grano sin cascarilla}}{\text{Peso grano con cascarilla}} * 100$$

**2.2.2 Análisis Químico.** Este análisis se realizó en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICTA) y comprendió la determinación de humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína y acidez.

- **Determinación de Humedad:** La determinación de humedad se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.003/84 y 930.15/90 adaptados, para lo cual se pesaron 3 g de muestra que se llevaron a una estufa a 105°C durante 4 horas, hasta peso constante. Se dejó enfriar en un desecador y se calculó el porcentaje de humedad por pérdida de peso. La muestra obtenida se utilizó para la determinación de grasa.

- **Determinación de Cenizas:** Se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.009/84 y 942.05/90 adaptados: se pesaron aproximadamente 3 g de muestra en un crisol de porcelana. Se llevó el crisol a una mufla a 550°C durante 4 horas, se dejó enfriar y se pesó. Se calculó el porcentaje de cenizas teniendo en cuenta el peso del residuo. Las cenizas obtenidas se emplearon para el análisis de minerales.
  
- **Determinación de Grasa:** Se siguió el procedimiento de la A.O.A.C. 7.060/84 y 920.39/90 adaptados. Se tomaron 2 g de muestra seca y se hidrolizaron durante 15 minutos con 50 mL de una solución de HCl 1: 2,5. Posteriormente se filtró, y el residuo obtenido se lavó hasta fin de cloruros y se secó a 105 °C durante 2 horas. Seguidamente se extrajo la grasa con hexano en un extractor Soxhlet durante 7 horas, al cabo de las cuales se removió el solvente para calcular el contenido de grasa. La muestra desengrasada se guardó para el análisis de fibra.
  
- **Determinación de Fibra:** Se transfirió la muestra desengrasada a un vaso de digestión de 600 mL al cual se le adicionaron 100 mL de ácido sulfúrico al 1.25% y 5 gotas de alcohol isoamílico (antiespumante), dejándose hervir por 30 minutos. Seguidamente se filtró a vacío y se lavó con agua destilada caliente hasta pH neutro. Se regresó el residuo obtenido al vaso de digestión y se adicionaron 100 mL de NaOH al 1.25% y 5 gotas del antiespumante. Se dejó hervir por 30 minutos y se filtró en papel de filtro cuantitativo previamente pesado, se lavó hasta pH neutro y se llevó a una estufa por 2 horas, se dejó enfriar y se pesó (peso A). El residuo obtenido se calcinó a 550°C durante 4 horas, se dejó enfriar y se pesó (peso B). Se determinó el porcentaje de fibra de la siguiente manera:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{Peso A} - \text{Peso B}}{\text{Pm}_i} * 100$$

donde  $\text{Pm}_i$  = peso inicial de la muestra.

- **Determinación de Proteínas:** La determinación de proteína se efectuó siguiendo el método de Kjeldahl-Gunning-Arnold adaptado Griffin 1995: se pesaron 0.5 g de muestra, se colocaron en un tubo Kjeldahl, se añadió una tableta de catalizador y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se llevó al digestor y se calentó durante 3 horas, luego se dejó enfriar. A la solución obtenida se adicionaron 50 mL de agua destilada y 150 mL de NaOH 32% y se llevó al destilador, haciéndose una destilación por arrastre con vapor. El hidróxido de amonio generado se recibió en 50 mL de ácido bórico que contenían 3 gotas de indicador mixto, hasta tener un volumen de destilado de 200 mL. El destilado se tituló con HCl 0.1N. Se calculó el porcentaje de nitrógeno y finalmente el contenido de proteína utilizando la siguiente relación:

$$\%P = N (\text{total}) * 6.25$$

- **Acidez Titulable:** La determinación de la acidez titulable se efectuó siguiendo el procedimiento descrito por Holo y Aston (1992): Una alícuota de 10 mL de filtrado obtenido en la determinación de pH, se diluyó con 10 mL de agua destilada y se tituló con NaOH 0.01 N hasta pH 8,0 utilizando un potenciómetro electrónico Handilab 1. La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido acético.

**2.2.3 Determinación de Minerales.** El residuo obtenido en la determinación de cenizas fue tratado con 5 mL de HCl 1:1, se calentó a bajas temperaturas y se

llevó hasta sequedad. Este procedimiento se repitió 3 veces. Posteriormente, el residuo obtenido se disolvió en agua destilada y finalmente se aforó a un volumen de 100 mL.

Las soluciones obtenidas fueron analizadas por absorción atómica siguiendo los métodos analíticos usados en el laboratorio de suelos. Para el análisis de potasio y magnesio la muestra fue diluida cuatrocientas (400) veces, para el análisis de zinc cinco (5) veces y para el hierro se leyó directamente.

Para el análisis del fósforo se utilizó el método colorimétrico del fosfomolibdato de vanadio descrito por Bernal (1994): se tomaron 3 mL de la solución de cenizas y se llevaron a un volumen de 100 mL con agua destilada, se tomaron 5 mL y se le adicionaron 2 mL de una mezcla 1:1 recién preparada de una solución acuosa de molibdato de amonio al 5% y una solución al 0.25% de vanadato de amonio en ácido nítrico. La mezcla resultante se mezcló y se dejó en reposo durante 5 minutos hasta desarrollar color. Se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 420 nm, ajustando el 100% con un blanco en el colorímetro Spectronic 20D+.

#### **2.2.4 Extracción, Identificación y Cuantificación de Ácidos Grasos Por Cromatografía de Gases.**

Se pesaron entre 0.3 - 0.5 g de la muestra de grasa, y se diluyeron con 10 mL de hexano en un tubo de ensayo, agitando hasta homogeneizar. Posteriormente se adicionaron 500  $\mu$ L de KOH metanólico recién preparado y se agitó vigorosamente en un vortex, hasta lograr una buena separación de las fases. De la fase superior se tomaron 200  $\mu$ L y se llevaron a un vial aforándose a 1 mL.

Los metilésteres obtenidos se identificaron por cromatografía de gases usando un equipo *Agilent Technologies 6890 Series GC System*, acoplado a un detector de ionización de llama y una columna capilar DB-WAX (30 m x 0,32 mm, D.I. x 0,25 µm, d<sub>f</sub>). La temperatura del horno se varió desde 50 °C (2 min) hasta 250 °C (10 min) a 12 °C/min. La temperatura del detector fue 300 °C. El gas de arrastre empleado fue helio (99,995%), a un flujo de 40 cm/s y el gas *make up* nitrógeno a 30 ml/min. El inyector *Split* (10:1) se mantuvo en 250 °C y el volumen de inyección fue 1.0 µl. La identificación de los metilésteres de ácidos grasos se realizó por comparación directa de sus tiempos de retención con un patrón de FAME (*Fatty Acid Methyl Ester Mix* SUPELCO Cat. N° 18918-1). LA cuantificación se realizó con base en las áreas relativas obtenidas para cada ácido graso. El análisis de los metilésteres se realizó en el laboratorio de Cromatografía de la Universidad Industrial de Santander.

Todos los análisis de los macronutrientes y micronutrientes se realizaron por duplicado, teniendo al final un total de seis resultados por material de cacao analizado.

### 3. ANALISIS ESTADISTICO

#### 3.1 PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES CLONALES

Los resultados experimentales se evaluaron mediante el programa estadístico *SPSS para WINDOWS* versión 10.0, basado en la aplicación de un análisis de varianza ANOVA que reparte la variación total de las observaciones en dos componentes, la variación entre las diferentes muestras y la variación adentro de las muestras, según la ecuación:

**Varianza total** = Varianza entre muestras + Varianza adentro de las muestras

Si la mayor parte de la variación total se debe a variación ENTRE las muestras, con poca variación ADENTRO de ellas, se puede concluir que las muestras son diferentes entre sí. La estadística de la prueba es la razón de las varianzas entre y adentro de las muestras o F:

$$F = \text{Varianza entre muestras} / \text{Varianza adentro de muestras}$$

A partir del valor de F se determina el valor de probabilidad P.

Para este estudio las hipótesis a evaluar fueron:

(1) Hipótesis Nula: el valor de una variable medida es la misma en cada uno de los doce materiales de cacao evaluados.

(2) Hipótesis Alternativa: el valor de una variable medida no es la misma en cada una de los doce materiales de cacao evaluados.

El ANOVA permite establecer si hay diferencias significativas entre las muestras, pero no determina cual es la diferencia, por tanto, se debe aplicar una prueba a posteriori como la prueba Tukey con un 95% de confiabilidad, que compara las diferencias entre los promedios de las muestras, con alguna medida de la variación adentro de cada muestra.

Para aplicar la prueba paramétrica ANOVA a las variables de macronutrientes y ácidos grasos evaluadas, los datos se transformaron en *Arcoseno*, debido a que los porcentajes en que están expresados los resultados tienen ámbitos fijos (de 0 a 100%), límites que pueden cortar o truncar una curva normal y afectar la validez de cualquier prueba que asume la normalidad de los datos. En el caso de los micronutrientes Hierro y Potasio (expresados en ppm) se utilizó la transformación  $1/x$ , debido a que no presentaban normalidad, ni homogeneidad de varianza (Zar, 1999).

### **3.2 PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES CLONALES CONTRA EL CLON UNIVERSAL ICS-95**

Con el fin de comparar los materiales de cacao con el clon ICS-95 se aplicó la prueba paramétrica t de uso frecuente en muestras con un  $n < 30$ , donde el valor de t está relacionado con los grados de libertad ( $n-1$ ) de las dos distribuciones comparadas, asegurando igualmente que los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza se cumplen.

En este caso las hipótesis a evaluar fueron:

(1) Hipótesis Nula: el valor de una variable medida en un material de cacao es la misma que la determinada para el **ICS-95**.

(2) Hipótesis Alternativa: el valor de una variable medida en un material de cacao no es la misma que la determinada para el **ICS-95**.

Si el valor de **P** es menor de  $< 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

## 4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los doce (12) materiales de cacao fueron evaluados en cuanto a sus características físicas pH y cascarilla, características químicas, contenido de grasa, proteína, ceniza, fibra, acidez y composición de ácidos grasos de la manteca de cacao, con el fin de establecer si hay diferencias entre ellos y si de acuerdo a sus características, es posible realizar una selección de los mismos.

En primera instancia, los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente para establecer si hay diferencias significativas entre los materiales, y en segunda instancia para establecer si presentan diferencias con respecto al clon ICS-95, teniendo en cuenta que este clon es uno de los más cultivados actualmente en el país.

### 4.1 COMPARACION DE LOS MATERIALES DE CACAO EVALUADOS

En este apartado se comparan entre sí, los doce (12) materiales de cacao para establecer si presentan características similares ó pueden diferenciarse con base en ellas.

Al aplicar el análisis de ANOVA a las variables evaluadas, se observó que **TODOS** los materiales de cacao presentan diferencias significativas entre sí, como se deduce de los valores de F y P obtenidos (**Tabla 6**). Por tanto se procedió a aplicar la prueba de Tukey, la cual permitió clasificar los materiales clonales en tres grupos: grupo **a** que involucra aquellos materiales que tienen menor

contenido de la variable analizada, grupo **b** mayor contenido y grupo **ab** que presenta valores intermedios.

**Tabla 6.** Resultados del Tratamiento ANOVA a las variables evaluadas en los doce (12) materiales de cacao.

VARIABLE	F	Significancia
pH	4,05	P < 0,05
ACIDEZ	53,15	P < 0,05
CASCARILLA	103,90	P < 0,05
GRASA	3,3	P < 0,05
PROTEINA	5,1	P < 0,05
CENIZA	42,2	P < 0,05
FIBRA	47,9	P < 0,05
MAGNESIO	104,4	P < 0,05
POTASIO	572,4	P < 0,05
FOSFORO	17,4	P < 0,05
HIERRO	138,0	P < 0,05
ZINC	300,7	P < 0,05

Los tratamientos con P < 0,05 difieren significativamente.

**4.1.1 Características físicas.** En la **tabla 7** se muestran los resultados obtenidos para las variables contenido de cascarilla y pH y en **tabla 8** los valores establecidos por los industriales para calificar el cacao.

**Tabla 7.** Contenido de Cascarilla y pH en los materiales de cacao evaluados

<b>CLON</b>	<b>% CASCARILLA</b>	<b>pH</b>
CCN51	15,9	5,3
FLE3	14,3	5,4
SCC52	15,5	5,3
SCC41	16,1	5,8
SCC80	16,6	5,2
FSV41	12,1	5,4
FEC2	14,2	5,6
SCC55	12,8	5,2
ICS95	15,3	6,2
CRIOLLO	11,3	6,1
FSA12	13,9	5,5
FEAR5	11,3	5,9

**Tabla 8.** Parámetros físicos del grano de Cacao

	<b>BAJO</b>	<b>NORMAL</b>	<b>ALTO</b>	<b>En este estudio</b>
% CASCARILLA	<11	11-12	>12	11-17
pH	<5	5-5.5	>5.5	5.2-6.1

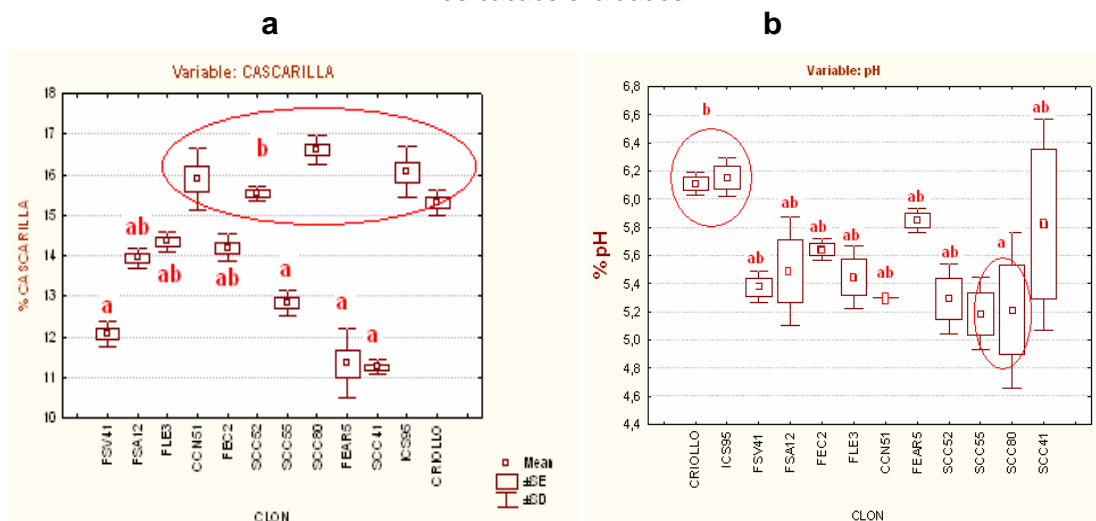
Fuente: Departamento de Fomento. Compañía Nacional de Chocolates, (Pinzón, 2004).

Para la variable **CASCARILLA** la aplicación de la prueba Tukey permite clasificar los materiales de cacao en tres grupos: en el grupo **a**, de menor contenido de cascarilla (11-13%) se encuentran los materiales **FSV-41**, **SCC-55**, **FEAR-5** y **SCC-41**; en el grupo **b**, materiales de alto contenido de cascarilla (15%) se encuentran el **CCN-51**, **SCC-52**, **SCC-80**, **ICS-95** y **CRIOLLO**, en tanto que en el grupo **ab** se ubican los demás materiales con contenidos de cascarilla intermedios (**Grafica 1a**).

De estos materiales sólo el **FEAR-5** y el **CRIOLLO** presentan contenidos de cascarilla normales, según los parámetros del Departamento de Fomento de la Compañía Nacional de Chocolates, los demás se ubican dentro de los granos con alto contenido de cascarilla. El contenido de cascarilla es un parámetro importante para las fábricas que transforman el grano de cacao, porque influye en el rendimiento de los procesos.

Para la variable **pH**, los materiales **CRIOLLO** e **ICS-95** se clasifican en el grupo **b**, materiales con pH alto, y los materiales **SCC-55** y **SCC-80** en el grupo **a** con pH bajo. Los demás materiales evaluados se encuentran en el grupo **ab** de pH intermedio (**Gráfica 1b**), que corresponde también a los valores normales de pH, aceptados por la industria.

**Gráfica 1.** Relación de los valores de contenido de Cascarilla y pH de los 12 materiales clonales de cacaos evaluados.



**4.1.2 Características químicas o macronutrientes.** En las **tablas 9 y 10**, se reportan los resultados obtenidos, para las variables humedad, ceniza, fibra,

grasa, proteína y acidez. En el caso de la ceniza, fibra grasa y proteína, los valores presentados se expresan en base seca.

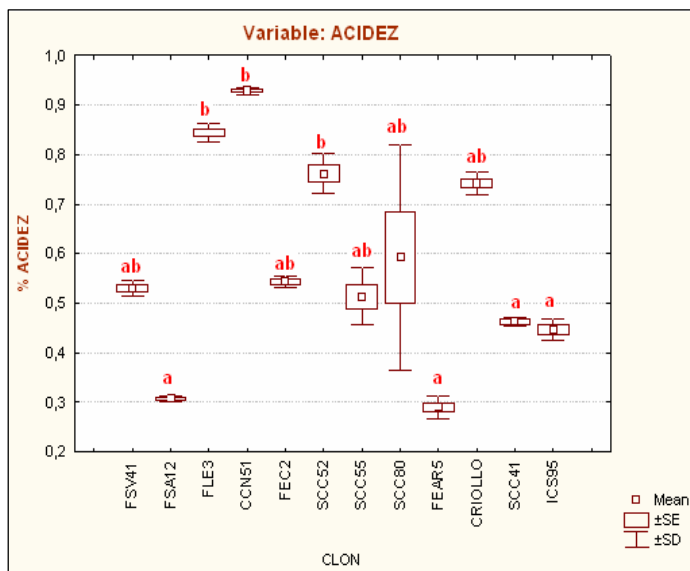
**Tabla 9.** Contenido de Humedad y porcentaje de Acidez en los materiales de cacao.

CLON	% HUMEDAD	%ACIDEZ
<b>FSV-41</b>	5,6 ± 0.2	0,5
<b>FSA-12</b>	5,7 ± 0.2	0,3
<b>FLE-3</b>	4,7 ± 0.3	0,8
<b>CCN-51</b>	4,8 ± 0.3	0,9
<b>FEC-2</b>	5,7 ± 0.5	0,5
<b>SCC-52</b>	4,7 ± 0.1	0,8
<b>SCC-55</b>	4,9 ± 0.2	0,5
<b>SCC-80</b>	4,2 ± 0.5	0,6
<b>FEAR-5</b>	5,4 ± 0.1	0,3
<b>CRIOLLO</b>	5,7 ± 0.2	0,7
<b>SCC-41</b>	4,5 ± 0.0	0,5
<b>ICS-95</b>	4,3 ± 0.2	0,4

En cuanto a la variable **ACIDEZ**, los materiales **FSA-12**, **FEAR-5** y **SCC-41** registraron niveles bajos entre 0.3 - 0.4% (grupo **a**) y los materiales **CCN-51**, **SCC-52** y **FLE-3** niveles altos entre 0.8-0.9% (grupo **b**) (**Grafica 2b**), los demás materiales presentaron valores intermedios.

Los resultados obtenidos para la acidez son similares a los alcanzados en la investigación realizada por Nazaruddin y Seng, (2006), en la cual evaluaron cacao originario de Malasia, pero difieren de los obtenidos por Moreno y Durán (1999), quienes reportan valores de acidez superiores al 1%. Aquí es necesario tener en cuenta que los niveles de acidez en el grano de cacao, dependen de la forma como se realiza el proceso de fermentación y de secado, pero también pueden verse afectados por la variedad y su contenido de mucilago. En cualquier caso, para la industria entre menor sea la acidez del grano, mejores serán las características de sabor.

**Gráfica 2.** Relación de los valores de acidez de los materiales clonales de cacao evaluados.



Con respecto al contenido de **GRASA** los materiales **FSV-41**, **CCN-51**, **FEAR-5**, **ICS-95** se ubican en el grupo **a** con valores alrededor de 53.0 % y los materiales **SCC-52**, **SCC-41**, **SCC-80**, **SCC-55**, **FEC-2** en el grupo **b**, con valores entre 55.7 - 57.7%. Los demás se clasifican en el grupo **ab** y tienen valores de grasa entre 53.0 - 55.6% (**Grafica 3**).

Se destacan los materiales **SCC** (Selección Colombia CORPOICA), que se ubican en el grupo **b**, es decir presentan altos contenidos de grasa. Estos resultados son de gran relevancia, porque el contenido de grasa del grano de cacao es muy importante desde el punto de vista industrial por la aplicación que tiene la manteca de cacao en la industria de alimentos y en la industria farmacéutica.

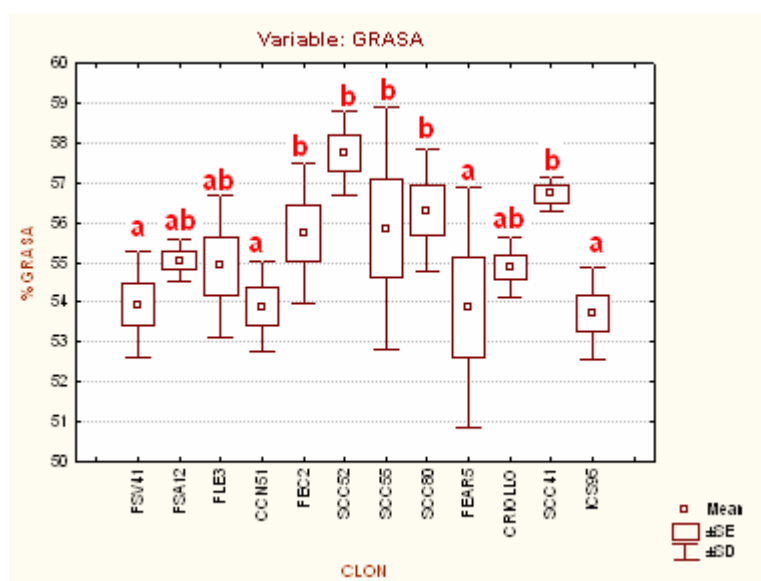
**Tabla 10.** Composición Química o contenido de de macronutrientes (%) de los 12 materiales clónales de cacao.

<b>CLON</b>	<b>GRASA ± SE</b>	<b>PROTEINAS ± SE</b>	<b>FIBRA ± SE</b>	<b>CENIZA ± SE</b>
<b>FSV41</b>	53,9± 0,54	12,9 ± 0,05	1,5 ± 0,06	2,8 ± 0,03
<b>FSA12</b>	55,1 ± 0,22	13,5 ± 0,15	2,9 ± 0,21	3,2 ± 0,10
<b>FLE3</b>	54,9 ± 0,73	14,1 ± 0,58	2,9 ± 0,11	3,2 ± 0,06
<b>CCN51</b>	53,9 ± 0,46	14,0 ± 0,27	2,2 ± 0,11	2,7 ± 0,08
<b>FEC2</b>	55,7 ± 0,71	14,1 ± 0,29	3,8 ± 0,08	3,7 ± 0,02
<b>SCC52</b>	57,7 ± 0,43	12,9 ± 0,14	4,1± 0,06	3,1 ± 0,09
<b>SCC55</b>	55,9 ± 1,24	14,2 ± 0,16	3,3 ± 0,24	3.1 ± 0,06
<b>SCC80</b>	56,3 ± 0,63	13,7 ± 0,24	2,6 ± 0,03	3,04 ± 0,36
<b>FEAR5</b>	53,9 ± 1,23	11,8 ± 0,14	3,7 ± 0,23	3,2 ± 0,05
<b>CRIOLLO</b>	54,9 ± 0,30	14,6 ± 0,13	2,5 ± 0,05	4,2 ± 0,16
<b>SCC41</b>	56,9 ± 0,30	14,5 ± 0,29	3.8 ± 0,02	4.2 ± 0,02
<b>ICS95</b>	53,7 ± 0,46	14,2 ± 0,29	1,6 ± 0,08	3,3 ± 0,06

\*\*\* Significancia estadística;  $P < 0.05$ , **SE**., error estándar

De otra parte, todos los materiales de cacao cumplen con el parámetro de calidad dispuesto en la Norma Técnica Colombiana ICONTEC **NTC793** para cacao en grano (Ver **Tabla 3**) que contempla un mínimo de **48%** de Grasa.

**Gráfica 3.** Agrupación de los contenidos de Grasa de los 12 materiales clónales de cacao.



Al comparar los resultados del estudio con los reportados por otros autores (**Tabla 11**), se observa que el contenido de grasa de los doce (12) materiales evaluados es similar a los obtenidos en trabajos desarrollados a nivel nacional por Cote *et al.*, (2005) y FEDECACAO (2005), pero difieren de los obtenidos a nivel internacional, en los cuales se utilizan otros materiales que contienen menores contenidos de grasa. El mayor contenido de grasa de los materiales cultivados en el país podría ser una ventaja a la hora de competir con los granos de otras regiones.

**Tabla 11.** Contenido de Grasa de Cacaos de Diferente Origen

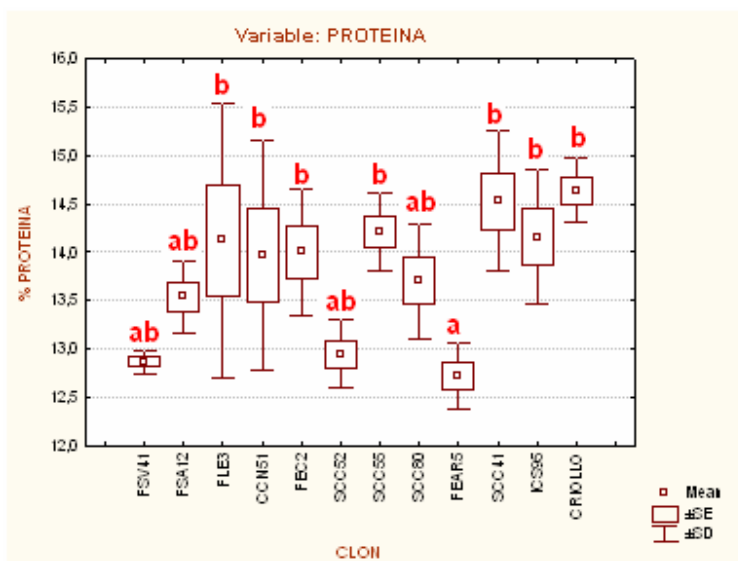
<b>AUTOR</b>	<b>% Grasa</b>	<b>Origen</b>
<b>Este Trabajo</b>	53,7 – 57,7	<b>Colombia</b>
<i>Rahoma, 2001</i>	50,0	Brasil
<i>Elkhori, 2006</i>	44,71	Venezuela
<i>Liendo et al, 1998</i>	49,0 – 54,0	Venezuela
<i>Cote et al, 2005</i>	51,0 - 54,0	Colombia
<b>FEDECACAO, 2005</b>	50,0 – 57,0	Colombia
<i>Chevaux, 2001</i>	44,2	Panamá
<i>Pérez et al, 2002</i>	52,0 – 56,0	Venezuela
<i>Pinto et al, 2000</i>	53,0 – 56,0	Venezuela
<b>MC</b>	52,3	Venezuela
<b>TESTIGO</b>	54,3	Colombia

MC: muestra patrón tenida en cuenta en el estudio de Pérez *et al.*, 2002

Testigo: muestra patrón tenida en cuenta en el estudio realizado por FEDECACAO, 2005

En cuanto a la variable **PROTEINA** se observó que el cacao **CRIOLLO** y los materiales **SCC-55, FLE-3, ICS-95 SCC-41, CCN-51, FEC-2**, poseen un contenido de proteína similar y se clasifican en el grupo **b**; mientras que el material **FEAR-5** con un valor 11.8%, se ubica en el grupo **a** con el menor contenido de proteína. Con valores intermedios se sitúan en el grupo **ab**, 8 de los 12 clones de cacao evaluados (**Grafica 4**).

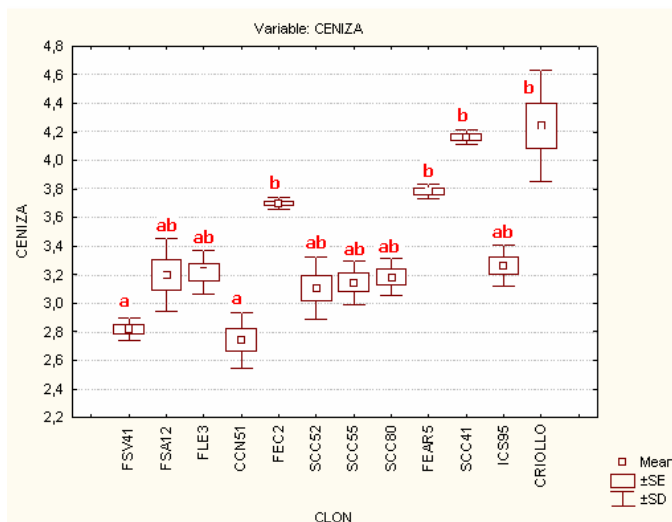
**Gráfica 4.** Agrupación de los contenidos de proteína de los 12 materiales de cacao.



Un alto contenido de Proteína en el grano de cacao se puede ser debido a una correcta fertilización de los suelos con Nitrógeno (Cote y Jiménez, 2005), en este estudio sin embargo este parámetro no se consideró.

En la **gráfica 5** se observa que de acuerdo al contenido de **CENIZA**, los materiales **SCC-41**, **CRIOLLO**, **FEC-2** y **FEAR-5** se clasifican en el grupo **b**, y en el grupo **a** los materiales **FSV-41** y **CCN-51**. Los 6 materiales restantes se encuentran en el grupo intermedio **ab**. El contenido de cenizas está relacionado con el contenido de minerales en el grano.

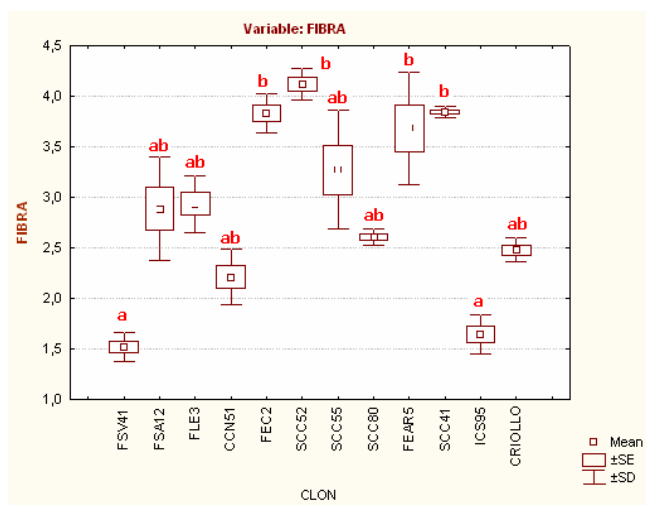
**Gráfica 5.** Agrupación de los contenidos de ceniza de los 12 materiales clónales de cacao.



La **FIBRA** presentó los valores más dispersos aunque los materiales en su mayoría se ubicaron en niveles altos (grupo **b**) e intermedios (grupo **ab**). De todos, el clon **SCC-52** presentó el mayor contenido con 4,2% de fibra, mientras que los materiales **FSV-41** y **ICS-95** presentaron los valores más bajos entre 1.7-1.9% (**Gráfica 6**).

En todos los casos sin embargo, los valores de proteína y fibra encontrados se ajustan a los parámetros fijados por la norma **NTC 793**. En el caso de la ceniza, salvo los materiales **SCC-41** y cacao **CRIOLLO**, que presentan niveles superiores a 4%, los demás materiales cumplen la norma.

**Gráfica 6.** Agrupación de los contenidos de fibra de los 12 materiales clónales de cacao.



**4.1.3 Micronutrientes.** En la **tabla 12** se presentan los resultados obtenidos en los análisis potasio, magnesio, fósforo, hierro y zinc para cada uno de los materiales evaluados,

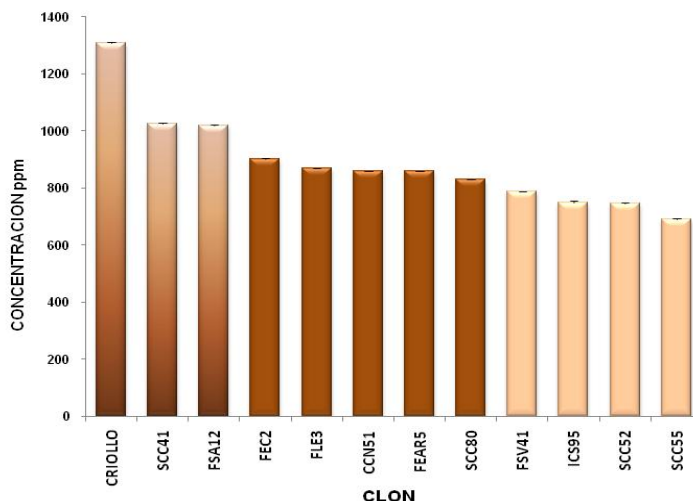
El **POTASIO** es uno de los minerales presentes en mayor proporción en el grano de cacao. Los resultados de la prueba Tukey, muestran tres grupos (**Gráfica 7**): el grupo **a** con menor contenido de potasio conformado por los materiales de cacao **ICS-95, SCC-52, SCC-55 y FSV-41** con valores entre 690 y 790 ppm; el grupo **b** de mayor contenido en potasio en el que se destacan los materiales **SCC-41, CRIOLLO y FSA-12** con contenidos que oscilan entre 1000 y 1300 ppm; y en el grupo **ab** los demás materiales de cacao evaluados que presentan concentraciones de potasio intermedias.

**Tabla 12.** Contenido de de micronutrientes en los doce clones de cacao.

<b>CLON</b>	<b>POTASIO ± SE</b> <i>ppm</i>	<b>MAGNESIO ± SE</b> <i>ppm</i>	<b>FOSFORO ±SE</b> <i>ppm</i>	<b>ZINC ± SE</b> <i>ppm</i>	<b>HIERRO ±SE</b> <i>ppm</i>
FSV41	786,9 ± 1,1	198,6 ± 1,7	322 ± 10,2	3,8 ± 0,0	0,8 ± 0,0
FSA12	1019,6 ± 1,9	225,1 ± 8,4	450 ± 8,3	5,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1
FLE3	868,6 ± 1,6	229,8 ± 2,9	377 ± 9,6	12,2 ± 0,2	1,2 ± 0,0
CCN51	859,3 ± 1,7	209,9 ± 4,1	428 ± 10,1	7,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1
FEC2	90,1 ± 2,2	229,4± 1,6	450 ± 3,2	7,3 ± 0,1	1,9 ± 0,0
SCC52	747,5 ± 1,2	258,6 ± 0,6	297 ± 9,2	6,8 ± 0,0	1,6 ± 0,1
SCC55	691,4 ± 1,2	268,8 ± 0,8	423 ± 3,6	5,3 ± 0,0	2,7 ± 0,0
SCC80	830,2 ± 0,6	162,6 ± 0,3	340 ± 5,6	6,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0
FEAR5	859,0 ± 1,2	254,1 ± 1,6	365 ± 9,0	2,2 ± 0,0	1,07 ± 0,0
CRIOLLO	1307,5 ± 5,3	299,4 ± 1,0	342 ± 7,7	4,0 ± 0,0	1,2 ± 0,0
SCC41	1026,5 ± 3,4	276,6 ± 1,6	435 ± 7,0	3,5 ± 0,1	0,5 ± 0,0
<b>ICS95</b>	<b>750,2 ± 6,6</b>	<b>180,9 ± 8,4</b>	<b>405 ± 4,2</b>	<b>5,2 ± 0,4</b>	<b>1,0 ± 0,0</b>

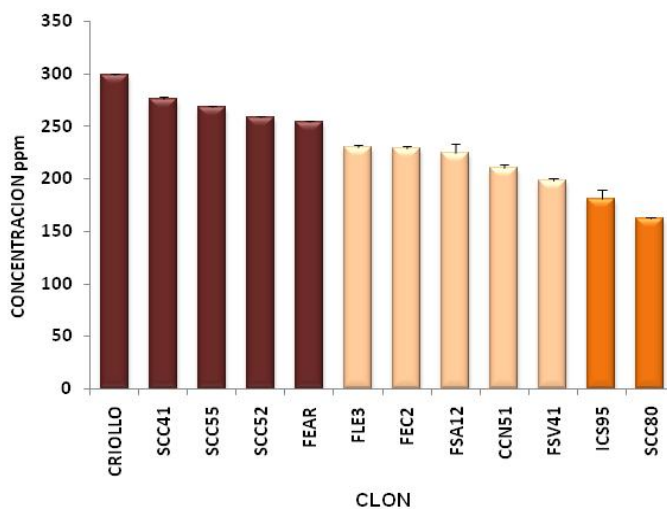
\*\*\*.,Significancia estadística,  $P < 0.05$ , **SE**.,error estándar

**Gráfica 7.** Relación de las concentraciones de Potasio de los materiales de cacao evaluados.



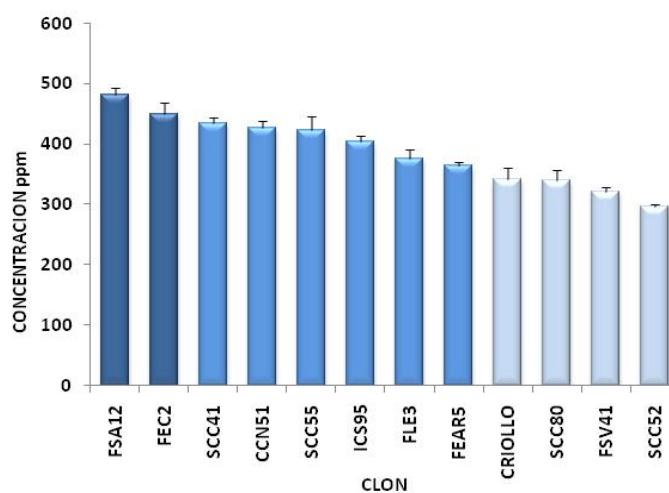
Para el **MAGNESIO**, los materiales **CRIOLLO**, **SCC-55**, **SCC-41**, **SCC-52** y **FEAR-5** se ubicaron en el grupo **b** con valores entre 250 y 300 ppm. En el grupo **a** los materiales **SCC-80** y **ICS-95** con concentraciones menores de 160 y 180 ppm respectivamente, mientras que los demás materiales de cacao tienen concentraciones intermedias y se ubican en el grupo **ab** (**Grafica 8**).

**Gráfica 8.** Relación de las concentraciones de magnesio de los materiales de cacao evaluados.



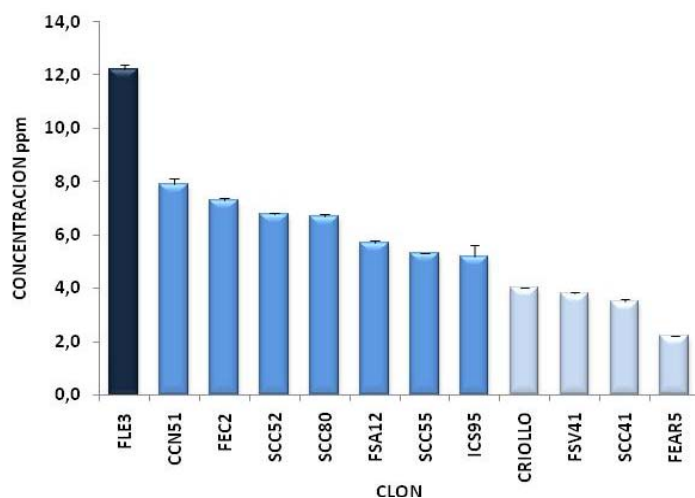
Con respecto al contenido de **FOSFORO** (**Gráfica 9**) los clones **FEC-2** y **FSA-12** se destacan en la agrupación **b** con concentraciones alrededor de 500 ppm y los materiales **SCC-52**, **FSV-41**, **SCC-80** y **CRIOLLO** en el grupo **a** con concentraciones menores a 350 ppm. Los demás materiales se clasifican como granos de cacao con concentraciones intermedias entre 365 y 435 ppm.

**Gráfica 9.** Concentraciones de fósforo de los materiales de cacao evaluados.



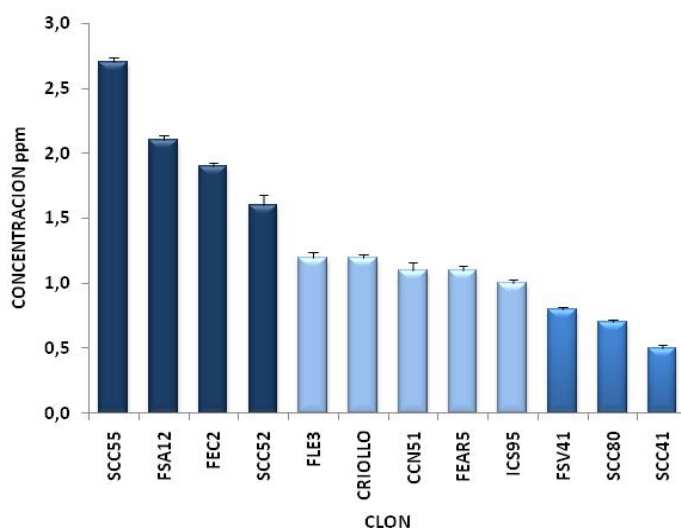
El análisis Tukey muestra que el 7 de los 12 materiales poseen contenidos intermedios de **ZINC** entre 5 y 8 ppm (grupo **ab**), sólo el material **FLE-3** se sitúa en el grupo **b**, con una concentración de 12.2 ppm, mientras que los cacaos **CRIOLLO**, **FSV-41** y **SCC41** tienen bajos contenidos de este mineral (2.2 - 4.0 ppm) (**Gráfica 10**).

**Gráfica 10.** Concentraciones de Zinc de los 12 materiales de cacao evaluados.



Para la variable **HIERRO**, los clones de cacao **SCC-55, FSA-12, FEC-2 y SCC-52** se ubican el grupo **b**, con concentraciones que oscilan entre 1.6 y 2.7 ppm. Los materiales **SCC-41, FSV-41 y SCC-80** se encuentran en el grupo **a** con concentraciones que varían entre 0.5 y 0.8 ppm (**Gráfica 11**) y los demás materiales presentan concentraciones intermedias.

**Gráfica 11.** Concentraciones de Hierro de los materiales de cacao evaluados.



De acuerdo con los resultados anteriores se puede establecer que el grano de cacao es rico en potasio, magnesio y fósforo, y pobre en hierro y zinc. Estudios anteriores encontraron resultados similares como puede verse en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.** Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis de micronutrientes de los materiales de Cacao.

<b>ELEMENTO</b>	<b>STEINBERG 2004 ppm</b>	<b>CHEVAUX 2001 ppm</b>	<b>COTE 2005 ppm</b>	<b>En este trabajo ppm</b>
<b>HIERRO</b>	1,5	3,4	-	2,2 - 12,2
<b>MAGNESIO</b>	171	389	-	160 - 300
<b>FOSFORO</b>	217	483	-	300 - 500
<b>POTASIO</b>	450	1020	-	690 - 1300
<b>ZINC</b>	1,8	4,15	36,8 - 45,6	0,5 - 2,7

- Composición no determinada

Los minerales son de vital importancia en el organismo, ya que son necesarios en la elaboración de tejidos, síntesis de hormonas y en reacciones químicas donde intervienen enzimas (Estudillo, 2008). En la **tabla 14**, se relacionan los niveles requeridos en una ingesta diaria y el aporte que proporciona cada uno de los materiales evaluados.

**Tabla 14.** Niveles de minerales requeridos en una ingesta diaria y aporte nutricional obtenido de los materiales de cacao evaluados

<b>ELEMENTO</b>	<b>REQUERIMIENTO DIARIO (mg)</b>	<b>En este trabajo (mg/100g)</b>
HIERRO	10 - 15	2,2 -12,2
MAGNESIO	300 - 450	160 - 300
FOSFORO	700 - 1500	300 - 500
POTASIO	1000 - 1500	690 - 1300
ZINC	10 - 20	0,5 – 2,7

Fuente: FAO/ LATEINFOODS.2002

**4.1.4 Análisis de ácidos grasos.** La grasa de cacao contiene aproximadamente 12 ácidos grasos, de los cuales los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico, son los de mayor abundancia (Moreno y Durán; 1999). Al aplicar la prueba ANOVA a los valores obtenidos para estos ácidos, se observó que todos los materiales presentan diferencias significativas entre sí (**Tabla 15**).

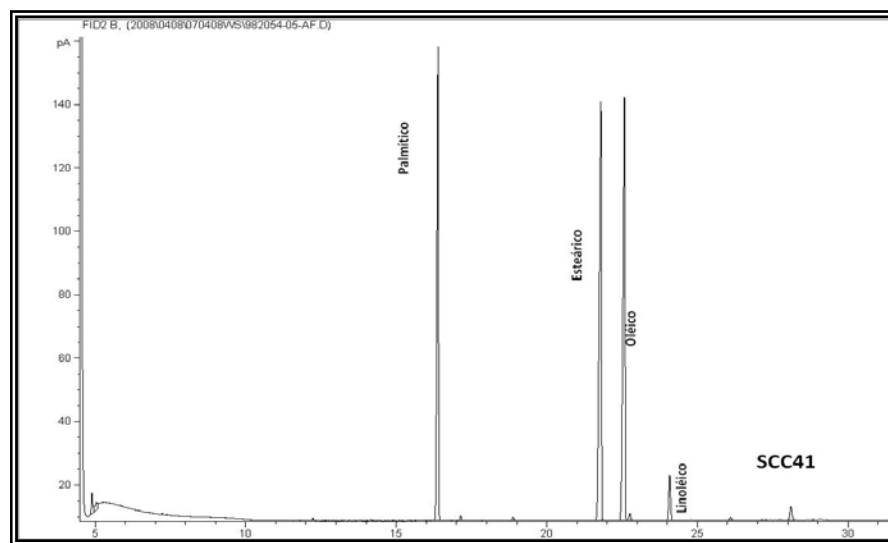
En la **Tabla 16**, se presenta la composición en ácidos grasos de los 12 materiales clonales de cacao y en las **Figuras 3 y 4**, los perfiles cromatográficos de las muestras de cacao **SCC-41** e **ICS-95**. Los demás perfiles se presentan en el **anexo B**.

**Tabla 15.** Resultados prueba ANOVA para las variables de ácidos grasos evaluadas.

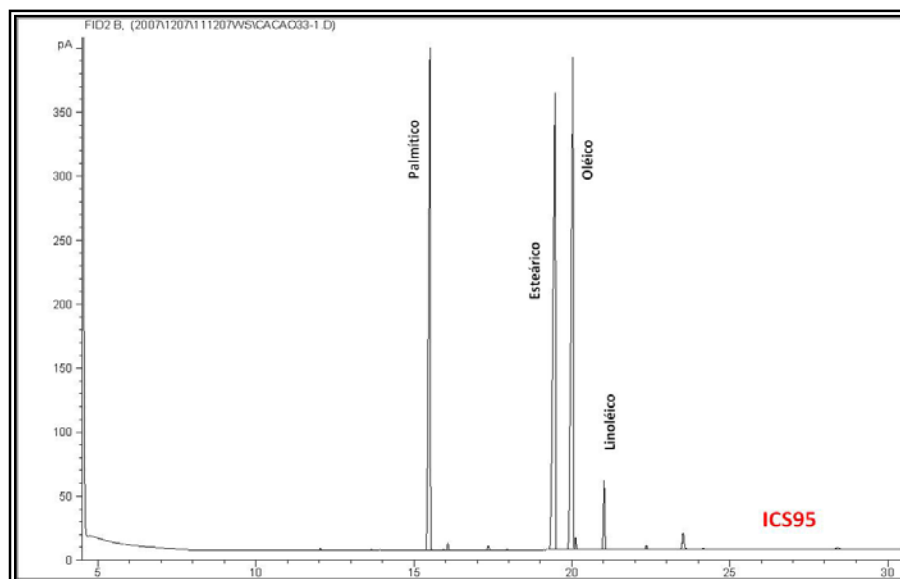
<b>ACIDO GRASO</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
PALMITICO	11.1	< 0.0001
ESTEARICO	12.4	< 0.0001
OLEICO	4.5	< 0.0001
LINOLEICO	16.1	< 0.0001

Por lo tanto, al aplicar la prueba de Tukey para el ácido **PALMITICO**, se ubicaron en el grupo **a** los materiales **SCC-52**, **FEAR-5** con un 26,5 y 27,0 % respectivamente y en el grupo **b** el material **FSV-41** con 32%. Los demás materiales presentan abundancias relativas de ácido palmítico similares y se agrupan en el grupo **ab**, tal como se observa en la **Grafica 12a**.

**Figura 3.** Perfil Cromatográfico del Clon SCC-41.



**Figura 4.** Perfil Cromatográfico del Clon de cacao ICS-95 utilizado como patrón.



**Tabla 16.** Abundancia relativa de ácidos grasos para los 12 materiales clónales de cacao

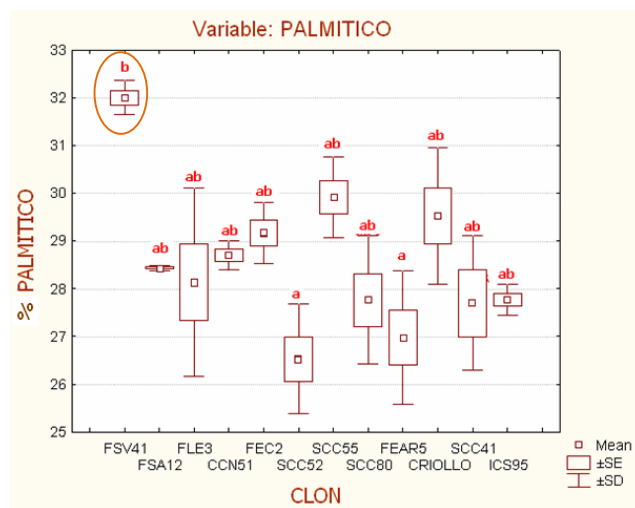
<b>CLON</b>	<b>PALMITICO ± SE</b>	<b>ESTEARICO ± SE</b>	<b>OLEICO ± SE</b>	<b>LINOLEICO ± SE</b>
<b>FSV41</b>	32,0 ± 0,10	31,9 ± 0,56	32,5 ± 0,34	2,4 ± 0,10
<b>FSA12</b>	28,4 ± 0,02	35,1 ± 0,13	32,3 ± 0,13	2,4 ± 0,14
<b>FLE3</b>	28,1 ± 0,80	36,6 ± 0,41	31,9 ± 0,08	2,0 ± 0,08
<b>CCN51</b>	28,7 ± 0,13	34,7 ± 0,13	31,8 ± 0,16	2,4 ± 0,11
<b>FEC2</b>	29,2 ± 0,30	33,4 ± 0,26	32,1 ± 0,69	2,4 ± 0,04
<b>SCC52</b>	26,5 ± 0,50	35,7 ± 0,06	32,4 ± 0,04	2,8 ± 0,04
<b>SCC55</b>	29,9 ± 0,34	32,7 ± 0,44	32,9 ± 0,13	3,2 ± 0,09
<b>SCC80</b>	27,8 ± 0,60	33,2 ± 0,40	33,5 ± 0,02	3,3 ± 0,12
<b>FEAR5</b>	27,0 ± 0,60	35,4 ± 0,34	33,9 ± 0,51	3,0 ± 0,06
<b>CRIOLLO</b>	29,5 ± 0,60	32,3 ± 0,86	33,1 ± 0,16	3,0 ± 0,13
<b>SCC41</b>	27,7 ± 0,70	33,9 ± 0,60	33,4 ± 0,80	2,8 ± 0,17
<b>ICS95</b>	27,8 ± 0,13	34,2 ± 0,06	33,6 ± 0,27	2,7 ± 0,06

\*\*\*., Significancia estadística,  $P < 0.05$ , SE..., error estándar

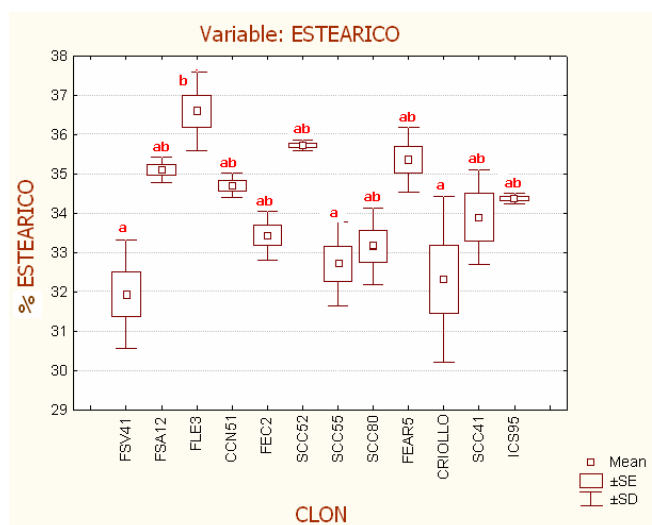
Para el ácido **ESTEARICO**, los materiales de cacao registran contenidos entre 31.9 y 36.6%. Se destaca el clon **FLE-3** en el grupo **b** con una abundancia del 36.6%. Las menores abundancias relativas fueron para los clones **FSV-41**, **SCC55** y **CRIOLLO**, ubicándose en grupo **a** con contenidos entre 31.9-32.7%. Los demás materiales presentan abundancias relativas intermedias entre 33 y 35.7% (**Grafica 12b**).

**Gráfica 12.** Agrupación de la abundancia relativa de los ácidos grasos saturados ácido Palmítico y esteárico en los materiales clonales evaluados

**a**



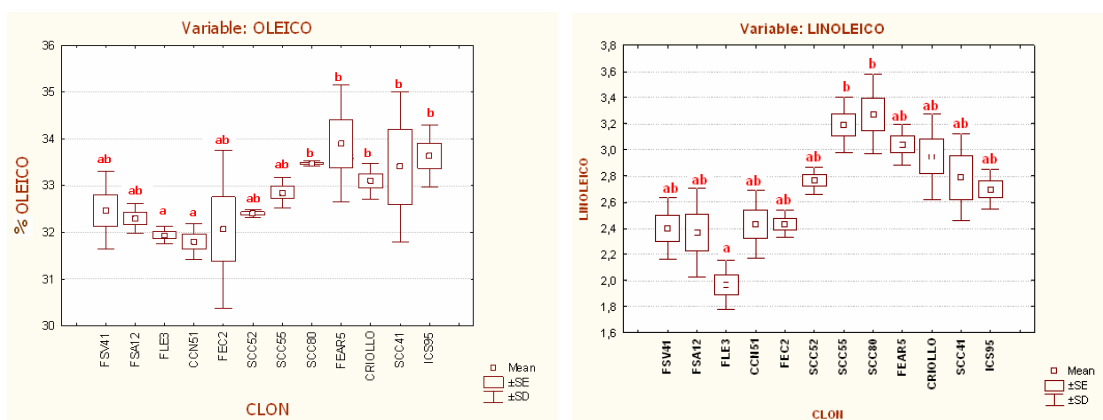
**b**



Para el ácido **OLEICO**, un ácido graso monoinsaturado, los materiales **FEAR-5**, **SCC-41**, **SCC-80**, **ICS-95** y **CRIOULLO** presentaron los mayores contenidos (grupo **b**) con valores entre 33.1-33.9%. Los materiales de cacao con baja abundancia de este ácido fueron el **CCN-51** y **FLE-3**, los demás materiales presentaron composiciones intermedias entre 32.1-32.9% (**Grafica 13a**)

El ácido graso poliinsaturado **LINOLEICO**, es el que se encuentra en menor proporción, pero es de gran importancia debido a que es un ácido graso esencial. Para este ácido se observa que los materiales **SCC-80** y **SCC-55**, están en el grupo **b** con porcentajes de 3.2 y 3.3% respectivamente, mientras que el **FLE-3** tiene una abundancia relativa menor (2.0%) ubicándose en el grupo **a** (**Grafica 13b**).

**Gráfica 13.** Agrupación de la abundancia relativa de los ácidos grasos insaturados Oleico y Linoleico en los materiales clonales evaluados



Al comparar estos resultados con los reportados por otros autores (**Tabla 17**), se establece que hay variación en la composición en ácidos grasos de la manteca de cacao debido probablemente al origen de las mismas, pero en general, cuando se tienen niveles de ácido palmítico bajo se aumentan los niveles de ácido esteárico y de ácido oleico.

**Tabla 17.** Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis de ácidos grasos de cacao por Cromatografía de gases.

Autor	ACIDO GRASO			
	Palmítico C16	Estearico C18	Oléico C18:1	Linoleico C18:2
<b>En este trabajo</b>	27 - 32	32 - 37	32 - 34	2,0 - 3,0
<b>Liendo et al.</b>	20,3 - 30,1	34,7 - 38,8	35,0 - 40,8	Nd-2,9
<b>Pinto et al.</b>	29,1 - 33,3	27,9 - 34,7	32,1 - 34,7	2,9 - 4,9
<b>Rahomas et al.</b>	25,0 - 28,0	33 - 37	31 - 35	2 - 3,5
<b>Moreno et al.</b>	27,7	35,04	30,53	-
<b>Mc Millan et al.</b>	27,5	32,8	34,6	-
<b>Spangenberg</b>	23,8 - 27,9	33,9 - 37,4	32,8 - 37,5	2,4 - 3,9
<b>Asep et al.</b>	28,5 - 29,5	36,2 - 38,8	28,4 - 30,9	0,22 - 2,8
<b>Pérez et al.</b>	29,2 - 32,7	27,9 - 34,7	32,1 - 34,7	2,9 - 4,9
<b>Lipp et al.</b>	26,2 - 26,9	35,8 - 37,7	33,4 - 37,1	1,1 - 2,8
<b>Elkhori et al.</b>	23 - 23,4	38,6 - 39,1	33,4 - 32,9	2,5 - 2,8
<b>Tucci et al.</b>	31,4 - 36,2	21,4 - 27,5	37,1 - 38,7	3,6 - 4,7

- No se especifica esta composición

- Nd: no detectado

A nivel industrial, la composición en ácidos grasos de la manteca de cacao determina la dureza de la misma por lo que se requiere que haya un equilibrio entre el contenido de ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados. Mantecas con mayores contenidos de ácidos grasos saturados se clasifican como duras y con mayor proporción de ácidos grasos insaturados como blandas. Las más apetecidas comercialmente son las mantecas duras. Las grasas obtenidas en este estudio por su composición en ácidos grasos pueden clasificarse como mantecas duras, sin embargo es necesario determinarles la curva de sólidos para poder establecer su aplicación.

Finalmente, en la **tabla 18**, se presenta un resumen de los resultados obtenidos para todas las variables y todos los materiales analizados, luego de aplicar la prueba Tukey. De ella se puede establecer que en la mayoría de los materiales (nueve) no existe una tendencia definida en cuanto a las propiedades físicas y químicas, porque las variables analizadas se encuentran dispersas en los grupos a, b ó ab; los materiales **SCC41**, **FEC 2** y **FSV 41** si presentan una tendencia más clara.

Para el caso de los macronutrientes los materiales **SCC-41** (Selección Colombia CORPOICA proveniente de Rionegro Santander) y **FEC-2** (FEDECACAO cultivado en el municipio del Carmen, Santander) se clasifican en el grupo **b** y en grupo **b** ó **ab**, en el caso de los micronutrientes, mientras que el **FSV 41**, (FEDECACAO cultivado en San Vicente de Chucuri) se ubica en el grupo **a**, salvo en el caso del contenido de proteína y de magnesio que se ubica en el grupo **ab**.

Lo anterior significa que de los 12 materiales evaluados, el **SCC-41** y el **FEC-2**, presentan ventajas comparativas respecto a los otros clones, por tener las variables analizadas en el nivel superior. Sin embargo es necesario tener en cuenta que todos los materiales evaluados se ajustan para la mayoría de las variables a los rangos establecidos en la Norma NTC 793.

**Tabla 18.** Clasificación de los materiales en cuanto al contenido de las variables evaluadas, como resultado de la aplicación de la prueba de Tukey.

	<b>Grupo b Nivel alto</b>	<b>Grupo ab Nivel Intermedio</b>	<b>Grupo a Nivel bajo</b>
<b>GRASA</b>	<b>SCC52 (57.7 ± 0.43)</b> <b>SCC41 (56.9 ± 0.30)</b> <b>SCC80 (56.3 ± 0.63)</b> <b>SCC55 (55.9 ± 1.24)</b> <b>FEC2 (55.7 ± 0.71)</b>	FSA12 (55,1 ± 0.22) FLE3 (54,9 ± 0.73) CRIOLLO (54,9 ± 0.30)	<b>FSV41 (53,9± 0.54)</b> CCN51 (53,9 ± 0.46) FEAR5 (53,9 ± 1.23) ICS95 (53,7 ± 0.46)
<b>PROTEINA</b>	CRIOLLO(14,6 ±0.13) SCC55 (14,2 ± 0.16) FLE3 (14.1 ± 0.58) ICS95 (14.2 ± 0.29) <b>SCC41 (14.5 ± 0.29)</b> CCN51(14.0 ± 0.59) <b>FEC2 (14,0± 0.27)</b>	<b>FSV41 (12,9 ± 0.05)</b> SCC52 (12.9 ± 0.14) SCC80 (13,7 ± 0.24) FSA12 (13.5 ± 0.15)	FEAR5 (11.8 ± 0.14)
<b>FIBRA</b>	SCC52 (4,1± 0.06) <b>SCC41 (3.8 ± 0.02)</b> FEAR5 (3,7 ± 0.23) <b>FEC2 (3,8 ± 0.08)</b>	FSA12 (2,9 ± 0.21) FLE3 (2,9 ± 0.11) CCN51 (2,2 ± 0.11) SCC55 (3,3 ± 0.24) SCC80 (2,6 ± 0.03) CRIOLLO (2,5 ± 0.05)	ICS95 (1,6 ± 0.08) <b>FSV41 (1,5 ± 0.06)</b>
<b>GENIZA</b>	<b>SCC41 (4.2 ± 0.02)</b> CRIOLLO(4,2 ± 0.16) <b>FEC2 (3.7 ± 0.02)</b> FEAR5 (3,8 ± 0.02)	FSA12 (3,2 ± 0.10) FLE3 (3,2 ± 0.06) SCC52 (3,1 ± 0.09) SCC55 (3.1± 0.06) SCC80 (3,2 ± 0.05) ICS95 (3,3 ± 0.06)	<b>FSV41 (2,8 ± 0.03)</b> CCN51 (2,7 ± 0.08)
<b>POTASIO</b>	<b>SCC41 (1026.5 ± 3.4)</b> CRIOLLO(1307.5 ± 5.3) FSA12 (1019.6±1.9)	FLE3 (868.6 ± 1.6) SCC80 (830.2 ± 0.6) CCN51 (859.3 ± 1.7) FEAR5 (859.0± 1.2) FEC2 (903.1± 2.2)	ICS95 (750,2± 6.6) SCC52 (747.5± 1.2) SCC55 (691.4± 1.2) <b>FSV41 (786.9 ± 1.1)</b>
<b>MAGNESIO</b>	CRIOLLO(299.4±1.0) SCC55 (268.8 ± 0.8) <b>SCC41 (276.6 ± 1.6)</b> SCC52 (258.6 ± 0.6) FEAR5 (254.1± 1.6)	<b>FSV41 (198.6 ± 1.7)</b> CCN51(209.9 ± 4.1) FSA12 (225.1 ± 8.4) <b>FEC2 (229.4± 1.6)</b> FLE3 (229.8 ± 2.9)	SCC80 (162.6 ± 0.3) ICS95 (180.9 ± 8.4)
<b>FOSFORO</b>	<b>FEC2 (450 ± 3.2)</b> FSA12 (450 ± 8.3)	FLE3 (377± 9.6) <b>SCC41 (435 ± 7.0)</b> FEAR5 (365± 9.0) CCN51(428 ± 10.1) SCC55 (423 ± 3.6) ICS95 (405 ± 4.2)	SCC52 (297 ± 9.2) <b>FSV41 (322 ± 10.2)</b> SCC80 (340± 5.6) CRIOLLO(342 ±7.7)
<b>ZINC</b>	FLE3 (12.2 ± 0.20)	FSA12 (5.7 ± 0.10) ICS95 (5.2± 0.4) SCC55 (5.3 ± 0.01) SCC80 (6.7± 0.1) SCC52 (6.8 ± 0.04) CCN51 (7.9 ± 0.20) <b>FEC2 (7.3 ± 0.10)</b>	CRIOLLO( 4.0 ± 0.04) SCC41 (3.5 ± 0.10) <b>FSV41 (3.8± 0.04)</b> FEAR5 (2.2 ± 0.03)
<b>HIERRO</b>	SCC55 (2.7 ± 0.004) FSA12 (2,1 ± 0.04) <b>FEC2 (1.9 ± 0.03)</b> SCC52 (1.6± 0.08)	FLE3 (1.2 ± 0.04) CCN51 (1.1 ± 0.06) CRIOLLO (1.2 ± 0.02) ICS95 (1,0± 0.03) FEAR5 (1.1 ± 0.03)	<b>FSV41 (0.8 ± 0.02)</b> SCC80 (0.7 ± 0.02) SCC41 (0.5 ± 0.03)

## 4.2 COMPARACIÓN DE LOS MATERIALES EVALUADOS CONTRA EL PATRÓN UNIVERSAL ICS95

El clon **ICS-95** es un material sembrado en la mayoría de fincas cacaoteras, de venta permanente, bien conocido entre los agricultores, por lo cual fue escogido como material de referencia para evaluar el desempeño de los demás materiales sembrados en las zonas cacaoteras del país.

En este caso se empleó un análisis estadístico que permite comparar dos distribuciones independientes dadas por observaciones de la misma variable. El análisis se basó en la aplicación de la Prueba t, que permitió comparar el material Universal **ICS-95** contra cada uno de los materiales en todas las variables evaluadas. Se analizaron cada una de ellas de forma independiente, mostrando los resultados de las medias de cada uno de los materiales contra el valor del **ICS-95**, por medio de diagramas de barras.

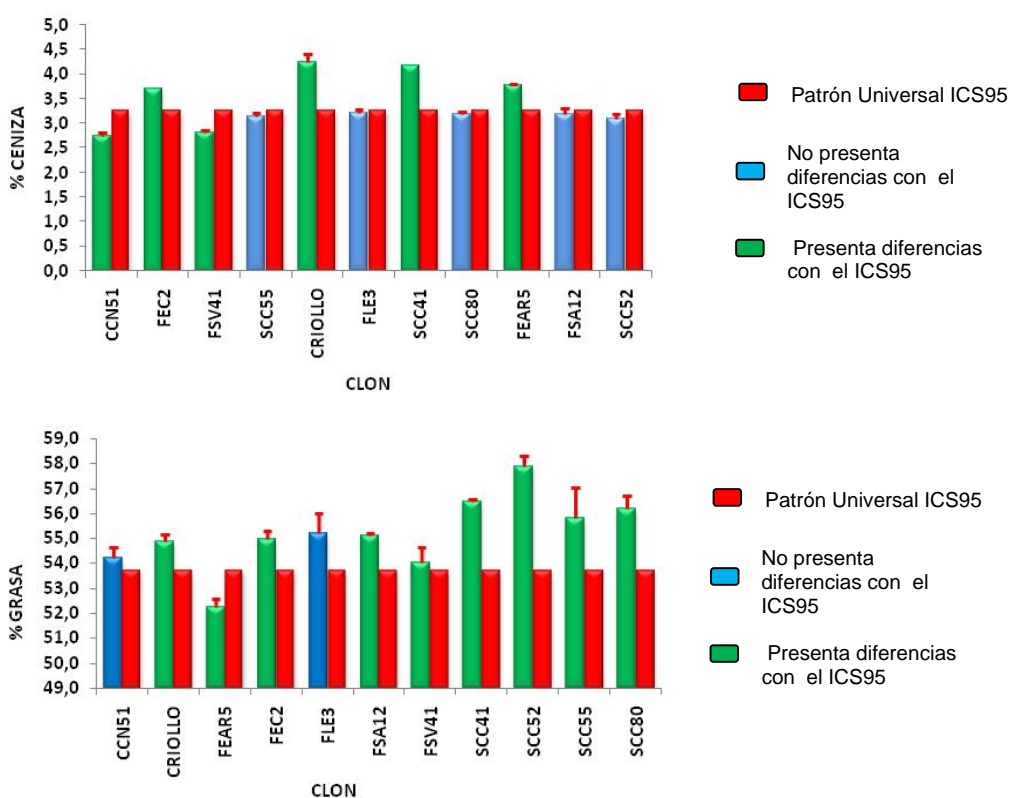
**4.2.1 Análisis de Macronutrientes.** En la **gráfica 14 y 15** se representan los resultados obtenidos para la comparación de los macronutrientes.

En la evaluación del contenido de **Ceniza** el **ICS-95** tiene diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con 6 de los materiales: **CCN-51, FSV-41** que presentan niveles más bajos que el patrón, y con **FEC-2, SCC-41, FEAR-5** y cacao **CRIOLLO** que presentan niveles superiores al 3.3%.

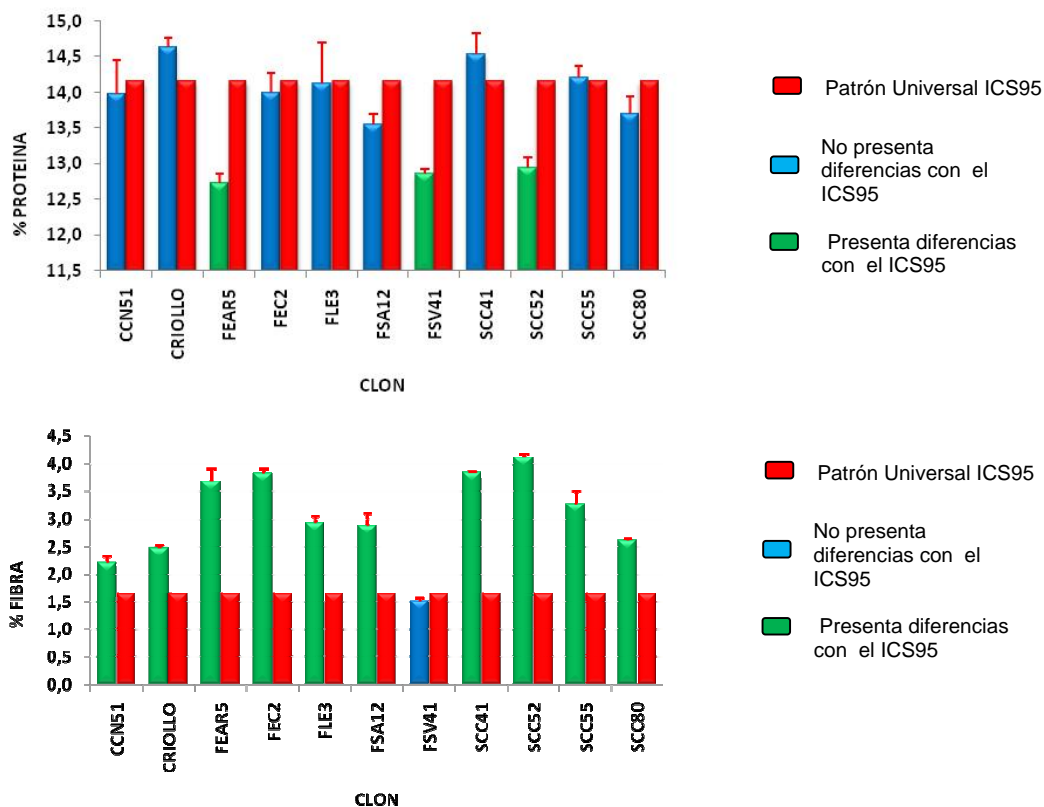
Para la variable **Grasa**, los clones **FLE-3** y **CCN-51** no presentan diferencias significativas con el **ICS-95**. El **FEAR-5** es el único clon con contenido de la variable más bajo que el patrón de referencia, mientras que los materiales **SCC-41, SCC-52, SCC-55** y **SCC-80** tienen un contenido superior al patrón con valores que oscilan entre 2 y 4%.

Para la variable **Proteína** sólo los clones **FSV-41**, **SCC-52** y **FEAR-5** presentan diferencias significativas con respecto al **ICS-95**, mientras que en caso de la fibra el patrón **ICS-95** reportó diferencias significativas con 10 de los clones evaluados. El clon **FSV-41** es el único clon similar al **ICS-95** en cuanto a contenido de fibra

**Gráfica 14.** Comparación del contenido de ceniza y grasa de materiales de cacao contra el patrón universal ICS95



**Gráfica 15.** Comparación del contenido de proteína y fibra de materiales de cacao contra el patrón universal ICS95

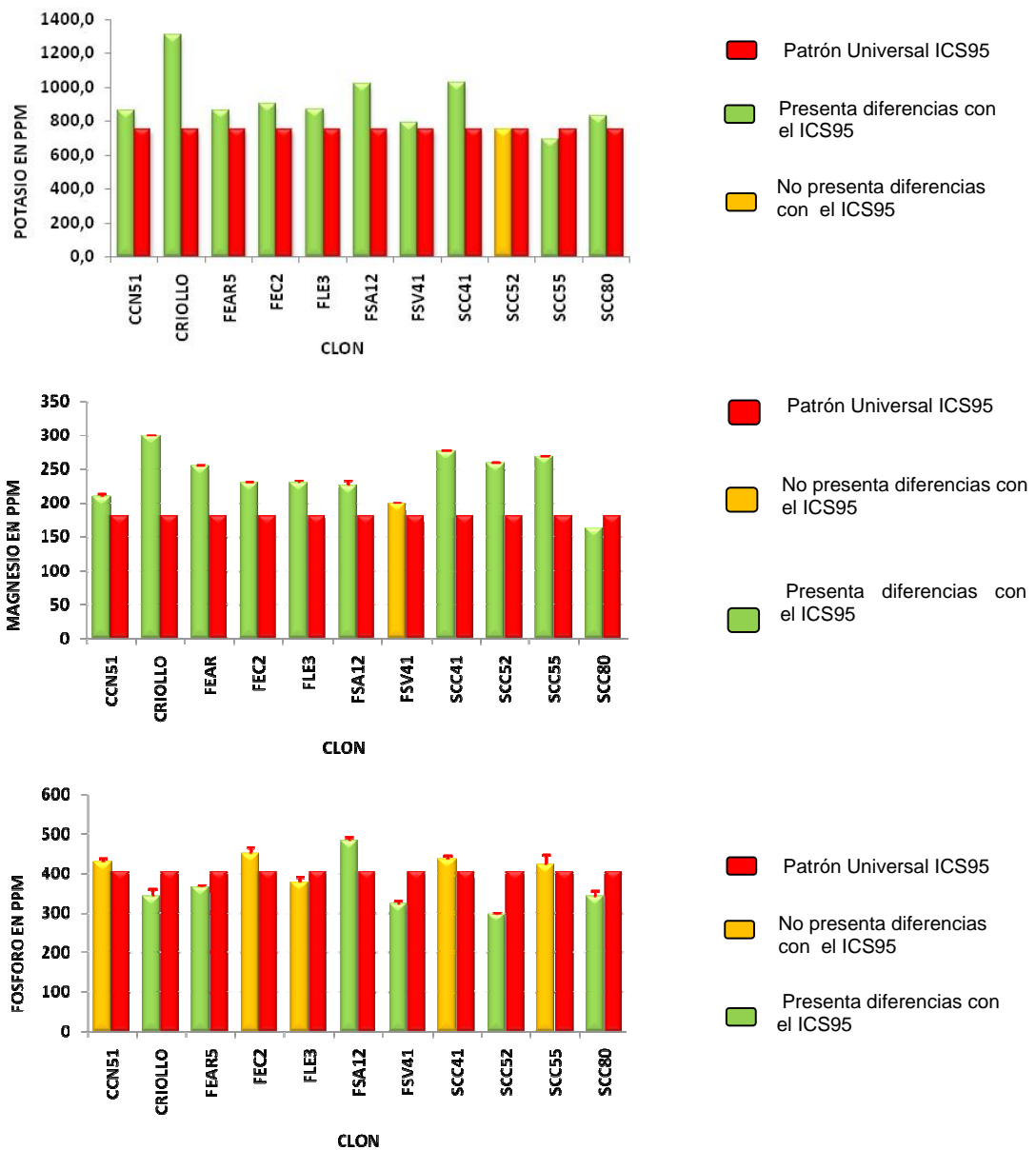


En resumen, para las variables ceniza y fibra se pudo observar que el clon **ICS-95** presenta diferencias significativas con más de la mitad de los clones analizados, a diferencia de la variable proteína con la cual hay diferencias con 3 materiales. Además se pudo determinar que el 91% (9 muestras) de los clones son mejores que el **ICS-95** en cuanto a contenido de grasa.

**4.2.2 Análisis de micronutrientes.** El contenido de **potasio** y de **magnesio** de los materiales evaluados fue mayoritario en 10 de las muestras, superando al patrón **ICS-95**. Para la variable **fósforo**, el **CRIOLLO**, **FEAR-5**, **FSV-41**, **SCC-52**, **SCC-80** y **FSA-12** presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el patrón

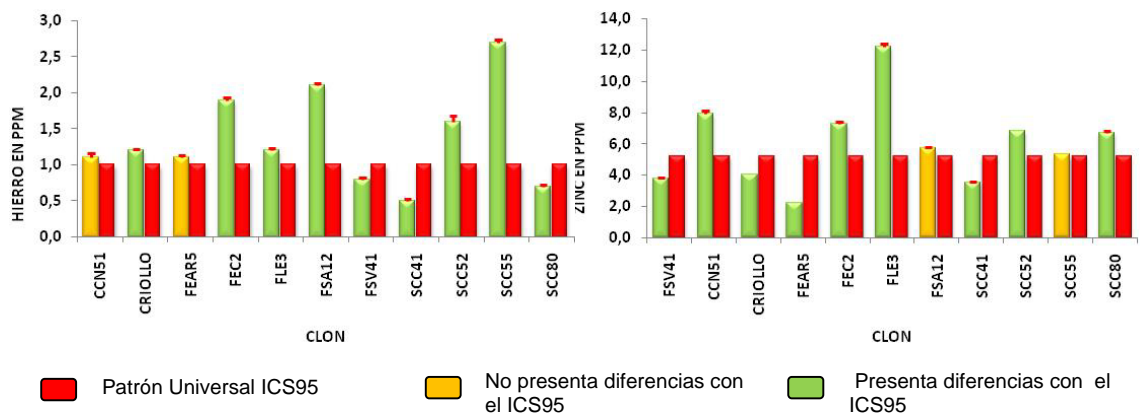
**ICS-95**; el **FSA-12** es el único de estos materiales con contenido mayoritario de la variable con una concentración de 483 ppm comparado contra el patrón. (Ver **Grafica 16**).

**Gráfica 16.** Comparación de la concentración de Potasio, Magnesio y fósforo de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95



El clon **ICS-95** no muestra diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con 2 muestras para la variable hierro (**FEAR-5** y **CCN-51**) y 2 para el zinc (**FSA-12** y **SCC-55**), con los demás hay diferencias significativas (**Gráfica 17**).

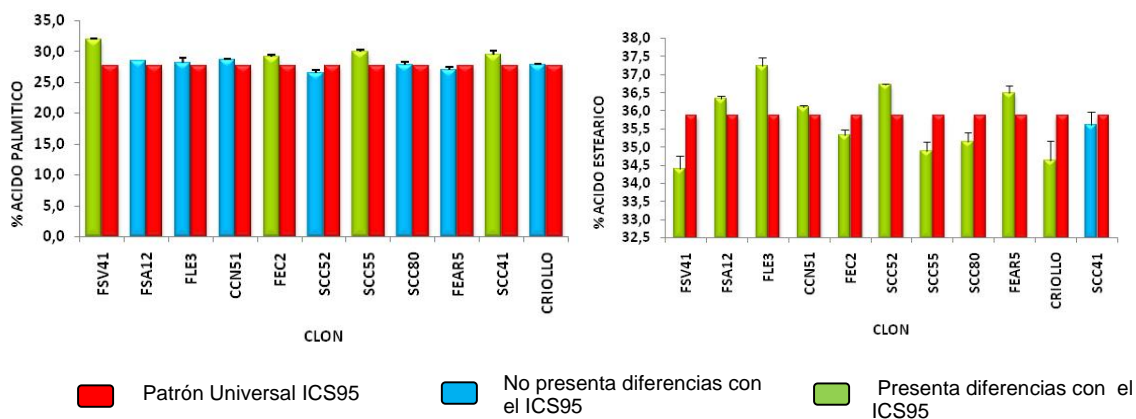
**Gráfica 17.** Comparación de la concentración de Hierro y Zinc de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95



Para las variables potasio, magnesio, hierro y zinc, se encontró que el clon **ICS-95** obtuvo menores concentraciones de estos elementos comparados con la mitad de los materiales evaluados, a diferencia de la variable fósforo en la que el patrón superó en contenido a 10 de los materiales.

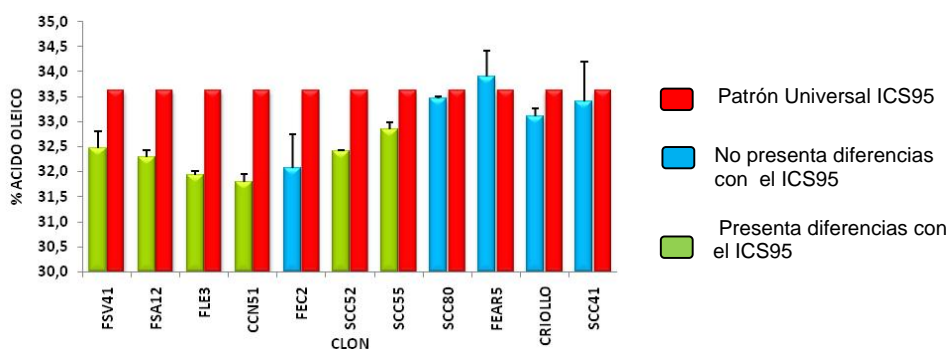
**4.2.3 Análisis de ácidos grasos.** En este caso es de resaltar que el clon **ICS-95** presentó una composición similar de ácido palmítico ( $P > 0.05$ ) con 7 de los clones analizados (**Gráfica 18**) y que la grasa del clon **SCC-41** tiene un contenido similar al patrón **ICS-95** en cuanto a los ácidos palmítico y esteárico.

**Gráfica 18.** Comparación de la abundancia relativa de ácido palmítico y esteárico de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS95



Para el ácido oleico, los materiales **FSV-41**, **FSA-12**, **FLE-3**, **SCC-52**, **SCC-55** y **CCN-51** presentaron composiciones menores a las obtenidas por el **ICS-95**, los demás materiales **FEC-2**, **SCC-80**, **FEAR-5**, **SCC-41** y **CRIOLLO** no mostraron diferencias con el patrón (**Gráfica 19**).

**Gráfica 19.** Comparación de la abundancia relativa de ácido Oléico de los diferentes clones analizados contra el patrón universal ICS-95



Los resultados mostrados en este apartado permiten concluir que no hay un material que supere en todas las variables evaluadas, las características del **ICS-95**. Sin embargo el **SCC-41** y el **FEC-2** lo superan en macronutrientes y micronutrientes, excepto los contenidos de hierro y zinc (**Ver Tabla 19**).

**Tabla 19.** Comparación del **FEC-2** y **SCC-41** contra el patrón **ICS-95** en cuanto al contenido de macronutrientes y micronutrientes.

VARIABLE	FEC-2	SCC-41	ICS-95
Grasa	<b>55,7 ± 0,7</b>	<b>56,9 ± 0,3</b>	53,7 ± 0,5
Proteína	<b>14,0 ± 0,3</b>	<b>14,5 ± 0,3</b>	14,2 ± 0,3
Ceniza	<b>3,7 ± 0,0</b>	<b>4,2 ± 0,0</b>	3,3 ± 0,1
Fibra	<b>3,8 ± 0,1</b>	<b>3,8 ± 0,1</b>	1,6 ± 0,1
Potasio	<b>903,1 ± 2,2</b>	<b>1026,5 ± 3,4</b>	750,2 ± 6,6
Magnesio	<b>229,4 ± 1,6</b>	<b>276,6 ± 1,6</b>	180,9 ± 8,4
Fòsforo	<b>450,0 ± 3,2</b>	<b>435,0 ± 7,0</b>	405,0 ± 4,2
Hierro	1,9 ± 0,1	0,5 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Zinc	7,3 ± 0,1	3,5 ± 0,1	5,2 ± 0,4

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación del análisis de varianza ANOVA, a los datos obtenidos después de evaluar las características físicas y químicas de los materiales seleccionados por CORPOICA (**SCC-41**, **SCC-52**, **SCC-55**, **SCC-80**), por FEDECACAO (**FLE-3**, **FSV-41**, **FSA-12**, **FEC-2**, **FEAR-5**), y tres materiales universales recomendados por el Concejo Nacional Cacaotero (**ICS-95**, **CCN-51**, **CRIOLLO**), permitió establecer que todos presentan diferencias significativas entre sí.

Al aplicar la prueba de Tukey los clones **SCC-41** y **FEC-2** se destacan por su ubicación en el grupo **b** que involucra aquellos materiales que tienen mayor contenido de la variable analizada, en tanto que el clon **FSV-41** se ubica en el grupo **a**.

Los materiales **SCC-41**, **SCC-52**, **SCC-55**, **SCC-80**, seleccionados por CORPOICA destacan por sus altos contenidos de grasa, lo cual les confiere mayor valor agregado.

La composición en micronutrientes no sigue una tendencia definida en los materiales evaluados, se observa un alto nivel de heterogeneidad. Sin embargo puede establecerse que el cacao es una fuente importante de potasio, magnesio y fósforo.

De las variables evaluadas, el contenido de grasa, puede usarse como un parámetro diferenciador de calidad de los materiales de cacao, aún cuando su composición en ácidos grasos presentó una tendencia similar.

Al comparar los materiales de cacao contra el material de referencia **ICS-95**, se encuentra que las mayores diferencias se reflejan en el contenido de grasa y de

fibra. Nueve de los materiales de cacao presentan mayores niveles de grasa, y 3 mayores de niveles de proteína que el patrón.

Los materiales **SCC-41** y **FEC-2** presentaron mayor contenido de macronutrientes y micronutrientes, comparados con el material universal **ICS-95**, excepto en los contenidos de hierro y zinc.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda el estudio organoléptico de los granos de cacao como complemento diferenciador de la calidad de los materiales de cacao evaluados.

Se recomienda realizar la curva de sólidos de la grasa de los materiales evaluados en este trabajo, para establecer su correcta aplicación industrial.

Se recomienda un estudio para evaluar los factores climáticos que favorecen los altos niveles de grasa en los materiales regionales evaluados.

Establecer una correlación entre las condiciones del cultivo de los materiales Selección Colombia de CORPOICA (SCC) y las características de los mismos y compararlas con las del FEC2 (Fedecacao, El Carmen), para evaluar un posible efecto de las condiciones climáticas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

A.O.A.C. The official and recommended practices of the American Lo Chesmest's Society.1987.

ACOSTA, R., ORTIZ, L., GRAZIANI, L., PARRA, F., Estudio de Algunas Características Físicas y Químicas de la Grasa de los Cotiledones de Tres Tipos de Cacao de la Localidad de Cumbotó, En: Agronomía Tropical. Vol.: 51,p 119-131. Mayo de 2001.

ARANZAZU, F; RINCON, D; MARTINEZ, N; Autocompatibilidad e intercompatibilidad Sexual de Materiales de Cacao. En: Modelo para el Empleo de Materiales Clonales de Cacao más usados en Colombia. FEDECACAO. Bucaramanga, Colombia. p. 7. 2008.

AREVALO, G. E.; ZUÑIGA, C. L.; AREVALO, A. C. y ADRIAZOLA, J. Manejo Integrado del Cultivo y transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana. En: Instituto de Cultivos Tropicales, CICAD OAS/OEA, U.S. Embassy. Lima, Perú. p. 15, 70,76. 2004.

ARGUELLO, C. O. Características morfoagronómicas de clones de cacao. En: Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. p. 55, 59-61, 64. 2000

ARGUELLO, C. O. Características morfoagronómicas de clones de cacao. En: Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. p. 55, 59-61, 64. 2000.

ASEP E.K; JINAP S; TAN T; RUSSLY A; HARCHARAN S; NAZIMAH S. The Effects of Particle Size, Fermentation and Roasting of Cocoa Nibs on

Supercritical Fluid Extraction of Cocoa Butter. **En:** Journal of Food Engineering. Agosto de 2007.

CARTILLA: 500 PREGUNTAS SOBRE EL CACAO  
<http://www.corpoica.org.co/Archivos/Libros500/Cartilla500PreguntasSobreCacao1.pdf> .Acceso, Marzo 24 de 2007.

CHEVAUX, K.; JACKSON, L.; VILLAR, M. Proximate, mineral and procyanidin content of certain foods and beverages consumed by the Kuna Amerinds of Panama. **En:** Journal of food composition and analysis. Vol 14, 553-563. Septiembre de 2001.

COTE, M.; JIMENEZ, J.; PEREA, J.; Caracterización de clones de cacao promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Bucaramanga, 2005, Trabajo de grado (Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química.

DURAN, T.; MORENO, N.; PEREA, J.; Evaluación de la variación del perfil ácido del grano de cacao durante los procesos de fermentación y secado. Bucaramanga, 1999, p. 11, 15-18. Trabajo de grado (Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química.

ELKHORI S; PARÉ J; BELANGER J; PEREZ E. The Microwave-assisted Process (MAP): Extraction and Determination of Fat From Cocoa Powder and Cocoa Nibs. **En:** Journal of Food Engineering. Vol 79. p 1110-1114. Abril de 2006.

ESPINAL, C.; MARTINEZ, H. La cadena del cacao en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005, Marzo de 2005; p 52.

ESTUDILLO, A.; Minerales y Oligoelementos, <http://www.islabahia.com>. Acceso, Julio 02 de 2008.

FEDECACAO: Beneficio o Manejo de la Postcosecha del Grano de Cacao Federación Nacional de Cacaoteros-Fondo Nacional del cacao. Año 2005.

FEDECACAO: El Beneficio y Características Físico Químicas del Cacao, (Theobroma Cacao L), Abril de 2004.

FEDECACAO: Fundamentos para la Injertación del Cacao, Federación Nacional de Cacaoteros, Diciembre de 2005.

LECUMBERRI, E.; MATEOS, R.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; Dietary fibre composition antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (Theobromacacao L.), Diciembre 2006.

LEHRMAN, D.W.; KEENEY, P.G. Changes in Lipid Components of Seeds During Growth and Ripening of Cacao Fruit. J.A.O.C.S.

LIENDO, R.; PADILLA, F.; QUINTANA, A. Characterization of Cocoa Butter Extracted From Criollo Cultivars of Theobroma Cacao I. Venezuela, **En:** Food Research of Technology, Vol 30, p 727-731. 1998.

LIPP M; SIMONEAU C; ULBERTH F; ANKLAM E. Composition of Genuine Cocoa Butter and Cocoa Butter Equivalent. **En:** Journal of Food Composition and Analysis. Vol 14. p 399-408. Noviembre de 2000.

MARQUEZ, R.; AGUIRRE, G; Manual técnico de cosecha y beneficio del cacao. 1 ed. Ciudad de la Habana. (s.n.) 2003. p. 11.

MARTINEZ, H. 2005. La cadena de Cacao en Colombia: Una Mirada Global de su Estructura y Dinámica. Acceso, Enero 26 2007 [http://www.agrocadenas.gov.co/cacao/documentos/caracterizacion\\_cacao.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/cacao/documentos/caracterizacion_cacao.pdf).

MC MILLAN S; ROBERTS K. Identification of the Initial Nucleating Form Involved in the Thermal Processing of Cocoa Butter Fat as Examined Using Wide Angle X-Ray Scattering. **En:** Cristal Growth & Desing. Vol 2. p 117-119, Junio de 2002.

MEJIA, L.; PALENCIA, G. Abono Orgánico, manejo y uso en el cultivo de cacao. **En:** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Regional Siete (Corpoica). Bucaramanga, 2003c. p. 3-5; 8, 12,13.

NAZARUDDIN ,R.; SENG L.K. Effect of Pulp Preconditioning on the Content of Polyphenols in Cocoa Beans During Fermentation. **En:** Industrial Crops and Products. Vol. 24 p 87-94. Marzo de 2006.

NIEMENAK, N.; ROHSIUS, C. Comparative Study of Different Cocoa Clones in Terms of Theirs Phenolics and Anthocyanins Contents, **En:** Journal of Food Composition and Analysis, Vol 19. p 612-619 Febrero de 2005.

PEREA, J.; ESPINOSA, A.; OTERO, V. Fermentación y secado de los granos de cacao. En: Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Bucaramanga. **En:** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Regional Siete (Corpoica), 2000b p. 123.

PEREZ E; ALVAREZ C; LARES M. Caracterización Física y Química de Granos de Cacao Fermentados, Secos y Tostados de la Región del Chuao.

**En:** Agronomía Tropical. Vol. 52. p 161-172. 2002

PINTO, J.; ALVAREZ, C. Comparación de parámetros físico-químicos de granos tostados de cacao de dos zonas del Estado de Aragua. **En:** Memorias del primer congreso del cacao y su industria. Marzo de 2000.

PINZON, U.; ROJAS, A. El beneficio y características físico-químicas del cacao. Bucaramanga. **En:** Federación Nacional de Cacaoteros Fondo Nacional del Cacao., 2004. p. 21-23; 24-30.

PROAMAZONIA: Manual del Cultivo de Cacao, Perú, Junio de 2004.

RAFECAS, M.; CODONY, R.; Estudio Nutricional Del Cacao Y Productos Derivados, Universidad de Barcelona, Septiembre de 2000.

RAHOMAS, M.; MARLENYD, A.; MAZZAFERA, P. Extraction of Cocoa Butter from Brazilian Cocoa Beans and Ethane Using Supercritical CO<sub>2</sub>. **En:** Fluid Phase Equilibra. Vol. 194-197. p 885-894. Agosto de 2001.

REYES, H.; VIVAS, J.; ROMERO, A. La Calidad del Cacao: Cosecha y Fermentación, Junio de 2000.

SALAZAR, D. Micronutrientes. Cacao. Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado. Acceso, Marzo 01 de 2007. <http://www.monografias.com/trabajos14/micronutrientes/intro>

SIEGEL, S. Estadística no paramétrica para las ciencias de conducta. Editorial Trillas. Mexico. 1970.

SPANGENBERG J; DIONISI F. Characterization of Cocoa Butter and Cocoa Butter Equivalents by Bulk and Molecular Carbon Isotope Analyses : Implications for Vegetable Fat Quantification in Chocolate. **En:** Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol 49. p 4271-4277. 2001

STEINBERG, F.; BEARDEN, M.; KEEN, C. Cocoa and chocolate flavonoids: implications cardiovascular health. **En:** Journal of the American dietetic association. Vol 103 .p115-223, Agosto de 2003

TORRES, O.; GRAZIANI, L.; ORTIZ, L.; TRUJILLO, A. Efecto del Tiempo Transcurrido entre la Cosecha y el Desgrane de la Mazorca del Cacao Tipo Forastero de Cuyagua sobre Características del Grano en Fermentación, **En:** Agronomía Tropical. Octubre de 2004.

TUCCI, M.; ABREU, M.; SAES, L. Cocoa Butter Content and Fatty Acid Composition of Fruits Developing under Different Climatic Conditions, Brazilian **En:** Journal of Food Technology. Vol 2. p 103-110. Junio de 1999.

ZAR, J.; Biostatistical Analysis. 2da edición. Prentice Hall. Estados Unidos. p 237-250.1999.

## **ANEXOS**

**Anexo A. Resultados de Anova y prueba a posteriori Tukey, para el análisis de macronutrientes, ácidos grasos y micronutrientes de los 12 materiales de cacao**

<b>ANOVA: Variable Acidez</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	1277,639	1277,639	19161,37	0,00
<b>CLON</b>	11	38,981	3,544	53,15	0,00
<b>Error</b>	58	3,867	0,067		
<b>Total</b>	69	42,848			
<b>Tukey HSD test; variable ACIDEZ Homogenous Groups, alpha = 0,05000 MS = 0,06668, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>		<b>TRASF ARCOSENO</b>		<b>grupos</b>	
<b>FEAR5</b>	3,085037	a			
<b>FSA12</b>	3,174426	a			
<b>ICS95</b>	3,831172	a			
<b>SCC41</b>	3,899387	a			
<b>SCC55</b>	4,103300			ab	
<b>FSV41</b>	4,174459			ab	
<b>FEC2</b>	4,226954			ab	
<b>SCC80</b>	4,349106			ab	
<b>CRIOLLO</b>	4,939929			ab	
<b>SCC52</b>	5,005343				b
<b>FLE3</b>	5,274028				b
<b>CCN51</b>	5,528991				b

<b>ANOVA: Variable Cascarilla</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	34922,84	34922,84	250032,2	0,00
<b>CLON</b>	11	159,65	14,51	103,9	0,00
<b>Error</b>	60	8,38	0,14		
<b>Total</b>	71	168,03			
<b>Tukey HSD test; variable CASCARILLA Homogenous Groups, alpha = 0,05000 MS = 0,13967, gL = 60,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>SCC41</b>	19,60155		a		
<b>FEAR5</b>	19,66413		a		

FSV41	20,33857	a		
SCC55	20,98633	a		
FSA12	21,91851		ab	
FEC2	22,13635		ab	
FLE3	22,25147		ab	
CRIOLLO	23,02921			b
SCC52	23,20178			b
CCN51	23,49501			b
ICS95	23,61523			b
SCC80	24,04521			b

ANOVA: Variable Ceniza					
	gL	SS	MS	F	p
Intercep	1	8039,294	8039,294	98423,70	0,00
CLON	11	37,900	3,445	42,18	0,00
Error	60	4,901	0,082		
Total	71	42,801			
Tukey HSD test; variable CENIZA Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,08168, gL = 60,000					
CLON	TRASF ARCOSENO	1	2	3	
CCN51	9,52429	a			
FSV41	9,66212	a			
SCC52	10,14110		ab		
SCC55	10,21317		ab		
SCC80	10,27713		ab		
FSA12	10,29533		ab		
FLE3	10,33103		ab		
ICS95	10,40272		ab		
FEC2	11,08814				b
FEAR5	11,21661				b
SCC41	11,77240				b
CRIOLLO	11,87733				b

<b>ANOVA: Variable Fibra</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	6802,256	6802,256	23239,28	0,00
<b>CLON</b>	11	154,355	14,032	47,94	0,00
<b>Error</b>	60	17,562	0,293		
<b>Total</b>	71	171,917			
<b>Tukey HSD test; variable FIBRA Homogenous Groups, alpha = ,05000</b> <b>MS = ,29271, gL = 60,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>FSV41</b>	7,07043	<b>a</b>			
<b>ICS95</b>	7,35835	<b>a</b>			
<b>CCN51</b>	8,53739		<b>ab</b>		
<b>CRIOLLO</b>	9,05958		<b>ab</b>		
<b>SCC80</b>	9,29047		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	9,74790		<b>ab</b>		
<b>FLE3</b>	9,85426		<b>ab</b>		
<b>SCC55</b>	10,38613		<b>ab</b>		
<b>FEAR5</b>	11,03592				<b>b</b>
<b>FEC2</b>	11,28197				<b>b</b>
<b>SCC41</b>	11,30650				<b>b</b>
<b>SCC52</b>	11,70950				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Grasa</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	159222,4	159222,4	167201,6	0,000000
<b>CLON</b>	11	34,6	3,1	3,3	0,001419
<b>Error</b>	58	55,2	1,0		
<b>Total</b>	69	89,9			
<b>Tukey HSD test; variable GRASA Homogenous Groups, alpha = ,05000</b> <b>MS = ,95228, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>ICS95</b>	47,13189	<b>a</b>			
<b>FEAR5</b>	47,22463	<b>a</b>			
<b>CCN51</b>	47,23345	<b>a</b>			
<b>FSV41</b>	47,25753	<b>a</b>			
<b>CRIOLLO</b>	47,79499		<b>ab</b>		
<b>FLE3</b>	47,81437		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	47,89948		<b>ab</b>		
<b>FEC2</b>	48,29388				<b>b</b>
<b>SCC55</b>	48,36546				<b>b</b>
<b>SCC80</b>	48,61973				<b>b</b>
<b>SCC41</b>	48,85775				<b>b</b>
<b>SCC52</b>	49,45246				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Proteina</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Interce</b>	1	34170,03	34170,03	101226,4	0,000000
<b>CLON</b>	11	18,80	1,71	5,1	0,000015
<b>Error</b>	60	20,25	0,34		
<b>Total</b>	71	39,05			
<b>Tukey HSD test; variable PROTEINA Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,33756, gL = 60,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>FEAR5</b>	20,89755	<b>a</b>			
<b>FSV41</b>	21,02158		<b>ab</b>		
<b>SCC52</b>	21,08960		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	21,59149		<b>ab</b>		
<b>SCC80</b>	21,72369		<b>ab</b>		
<b>CCN51</b>	21,93429				<b>b</b>
<b>FEC2</b>	21,96857				<b>b</b>
<b>FLE3</b>	22,05236				<b>b</b>
<b>ICS95</b>	22,10010				<b>b</b>
<b>SCC55</b>	22,14507				<b>b</b>
<b>SCC41</b>	22,40325				<b>b</b>
<b>CRIO</b>	22,49177				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable pH</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	1073,82	1073,825	12770,85	0,000000
<b>CLON</b>	11	3,742	0,340	4,05	0,002280
<b>Error</b>	23	1,934	0,084		
<b>Total</b>	34	5,676			
<b>Tukey HSD test; variable pH Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,08408, gL = 23,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>pH</b>				
<b>SCC55</b>	5,186667	<b>a</b>			
<b>SCC80</b>	5,213333	<b>a</b>			
<b>SCC52</b>	5,293333		<b>ab</b>		
<b>CCN51</b>	5,300000		<b>ab</b>		
<b>FSV41</b>	5,376667		<b>ab</b>		
<b>FLE3</b>	5,446667		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	5,490000		<b>ab</b>		
<b>FEC2</b>	5,643333		<b>ab</b>		
<b>SCC41</b>	5,820000		<b>ab</b>		
<b>FEAR5</b>	5,850000		<b>ab</b>		
<b>CRIO</b>	6,113333				<b>b</b>
<b>ICS95</b>	6,156667				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Fósforo</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercept	1	877,8228	877,8228	37780,68	0,00
<b>CLON</b>	11	4,5568	0,4143	17,83	0,00
Error	58	1,3476	0,0232		
<b>Total</b>	69	5,9044			
<b>Tukey HSD test; variable FOSFORO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,02323, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>FOSFORO</b>				
SCC52	3,121884	a			
FSV41	3,250330	a			
SCC80	3,337308	a			
CRIOLLO	3,344650	a			
FEAR5	3,463133		ab		
FLE3	3,515708		ab		
ICS95	3,647567		ab		
SCC55	3,723758		ab		
CCN51	3,751240		ab		
SCC41	3,780969		ab		
FEC2	3,842446				b
FSA12	3,985449				b

<b>ANOVA: Variable Hierro</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercept	1	57,13910	57,13910	9060,223	0,00
<b>CLON</b>	11	9,57156	0,87014	137,973	0,00
Error	58	0,36578	0,00631		
<b>Total</b>	69	9,93734			
<b>Tukey HSD test; variable HIERRO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,00631, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASAF 1/X</b>				
SCC55	0,369235	b			
FSA12	0,484853	b			
FEC2	0,519944	b			
SCC52	0,615447	b			
CRIOLLO	0,815136		ab		
FLE3	0,834875		ab		
CCN51	0,924794		ab		
FEAR5	0,941919		ab		
ICS95	0,996474		ab		
FSV41	1,205850				a
SCC80	1,361615				a
SCC41	1,840395				a

<b>ANOVA: Variable Magnesio</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Intercept</b>	1	3746504	3746504	40966,19	0,00
<b>CLON</b>	11	105009	9546	104,38	0,00
<b>Error</b>	58	5304	91		
<b>Total</b>	69	110313			
<b>Tukey HSD test; variable MAGNESIO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = 91,454, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>MAGNESIO</b>				
<b>SCC80</b>		162,6467		<b>a</b>	
<b>ICS95</b>		180,8800		<b>a</b>	
<b>FSV41</b>		198,5983			<b>ab</b>
<b>CCN51</b>		209,9200			<b>ab</b>
<b>FSA12</b>		225,1417			<b>ab</b>
<b>FEC2</b>		229,3533			<b>ab</b>
<b>FLE3</b>		229,7617			<b>ab</b>
<b>FEAR5</b>		254,0500			<b>b</b>
<b>SCC52</b>		258,6317			<b>b</b>
<b>SCC55</b>		268,8317			<b>b</b>
<b>SCC41</b>		276,5750			<b>b</b>
<b>CRIOLLO</b>		299,3917			<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Potasio</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	0,000093	0,000093	261772,2	0,00
<b>CLON</b>	11	0,000002	0,000000	572,4	0,00
<b>Error</b>	58	0,000000	0,000000		
<b>Total</b>	69	0,000002			
<b>Tukey HSD test; variable POTASIO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,00000, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF 1/X</b>				
<b>CRIOLLO</b>		0,000765		<b>b</b>	
<b>SCC41</b>		0,000974		<b>b</b>	
<b>FSA12</b>		0,000981		<b>b</b>	
<b>FEC2</b>		0,001107			<b>ab</b>
<b>FLE3</b>		0,001152			<b>ab</b>
<b>FEAR5</b>		0,001164			<b>ab</b>
<b>CCN51</b>		0,001165			<b>ab</b>
<b>SCC80</b>		0,001205			<b>ab</b>
<b>FSV41</b>		0,001271			<b>a</b>
<b>ICS95</b>		0,001333			<b>a</b>
<b>SCC52</b>		0,001338			<b>a</b>
<b>SCC55</b>		0,001446			<b>a</b>

<b>ANOVA: Variable Esteárico</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Interce</b>	1	88237,00	88237,00	237310,2	0,000000
<b>CLON</b>	11	50,74	4,61	12,4	0,000000
<b>Error</b>	58	21,57	0,37		
<b>Total</b>	69	72,31			
<b>Tukey HSD test; variable ESTEARICO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,37182, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>FSV41</b>	34,40501	<b>a</b>			
<b>CRIOL LO</b>	34,63519	<b>a</b>			
<b>SCC55</b>	34,88649	<b>a</b>			
<b>SCC80</b>	35,15913		<b>ab</b>		
<b>FEC2</b>	35,32439		<b>ab</b>		
<b>SCC41</b>	35,60410		<b>ab</b>		
<b>ICS95</b>	35,88996		<b>ab</b>		
<b>CCN51</b>	36,09067		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	36,33107		<b>ab</b>		
<b>FEAR5</b>	36,48906		<b>ab</b>		
<b>SCC52</b>	36,70959		<b>ab</b>		
<b>FLE3</b>	37,22593				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Linoleico</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	6126,646	6126,646	34289,30	0,000000
<b>CLON</b>	11	31,631	2,876	16,09	0,000000
<b>Error</b>	58	10,363	0,179		
<b>Total</b>	69	41,994			
<b>Tukey HSD test; variable LINOLEICO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,17868, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>FLE3</b>	8,05433	<b>a</b>			
<b>FSA12</b>	8,83161		<b>ab</b>		
<b>FSV41</b>	8,90345		<b>ab</b>		
<b>CCN51</b>	8,96355		<b>ab</b>		
<b>FEC2</b>	8,97262		<b>ab</b>		
<b>ICS95</b>	9,45442		<b>ab</b>		
<b>SCC52</b>	9,57333		<b>ab</b>		
<b>SCC41</b>	9,60196		<b>ab</b>		
<b>CRIOLLO</b>	9,87715		<b>ab</b>		
<b>FEAR5</b>	10,04123		<b>ab</b>		
<b>SCC55</b>	10,28670				<b>b</b>
<b>SCC80</b>	10,41684				<b>b</b>

<b>ANOVA: Variable Oleico</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	84301,51	84301,51	345501,9	0,000000
<b>CLON</b>	11	12,20	1,11	4,5	0,000060
<b>Error</b>	58	14,15	0,24		
<b>Total</b>	69	26,36			
<b>Tukey HSD test; variable OLETRANS Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,24400, gL = 58,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>CCN51</b>	34,32767	<b>a</b>			
<b>FLE3</b>	34,41195	<b>a</b>			
<b>FEC2</b>	34,48495		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	34,63370		<b>ab</b>		
<b>SCC52</b>	34,69514		<b>ab</b>		
<b>FSV41</b>	34,73558		<b>ab</b>		
<b>SCC55</b>	34,96890		<b>ab</b>		
<b>CRIOLLO</b>	35,12117		<b>ab</b>		
<b>SCC41</b>	35,30073			<b>b</b>	
<b>SCC80</b>	35,34942			<b>b</b>	
<b>ICS95</b>	35,44569			<b>b</b>	
<b>FEAR5</b>	35,60523			<b>b</b>	

<b>ANOVA: Variable Palmítico</b>					
	<b>gL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1	75064,10	75064,10	160025,4	0,000000
<b>CLON</b>	11	57,10	5,19	11,1	0,000000
<b>Error</b>	60	28,14	0,47		
<b>Total</b>	71	85,24			
<b>Tukey HSD test; variable PALMITICO Homogenous Groups, alpha = ,05000 MS = ,46908, gL = 60,000</b>					
<b>CLON</b>	<b>TRASF ARCOSENO</b>				
<b>SCC52</b>	30,99706	<b>a</b>			
<b>FEAR5</b>	31,28188	<b>a</b>			
<b>ICS95</b>	31,75081		<b>ab</b>		
<b>SCC80</b>	31,79058		<b>ab</b>		
<b>CRIOLLO</b>	31,80083		<b>ab</b>		
<b>FLE3</b>	32,02154		<b>ab</b>		
<b>FSA12</b>	32,22389		<b>ab</b>		
<b>CCN51</b>	32,39275		<b>ab</b>		
<b>FEC2</b>	32,68674		<b>ab</b>		
<b>SCC41</b>	32,91002		<b>ab</b>		
<b>SCC55</b>	33,15706		<b>ab</b>		
<b>FSV41</b>	34,45065			<b>b</b>	

Donde **gL**: grados de libertad; **SS**: suma de cuadrados; **MS**: media de cuadrados; **F**: razón de las varianzas; **P**: valor de probabilidad

## ANEXO B. Perfiles cromatográficos de los materiales de cacao.

