

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA  
GRASA DE SEMILLA DE 20 ACCESIONES DE MANGO DEL BANCO DE  
GERMOPLASMA Y MATERIALES NATIVOS.**

**MARTHA DEL PILAR LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
IBAGUE-TOLIMA**

**2013**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA  
GRASA DE SEMILLA DE 20 ACCESIONES DE MANGO DEL BANCO DE  
GERMOPLASMA Y MATERIALES NATIVOS.**

**MARTHA DEL PILAR LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Director**

**ANGÉLICA PIEDAD SANDOVAL ALDANA  
PhD. Ingeniería de Alimentos**

**Codirector**

**JORGE ALBERTO VALENCIA MONTOYA  
MSc. Biología Molecular y Biotecnología**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
IBAGUE-TOLIMA**

**2013**

## **ADVERTENCIA**

La universidad del Tolima, la Facultad de Agronomía, el Director del trabajo y el Jurado Calificador, no son responsables de las ideas emitidas en el presente trabajo.  
Artículo 16, Acuerdo 032 de 1976 y Artículo 29, acuerdo 064 de 1991, Consejo Académico de la Universidad del Tolima

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios quien me guió e iluminó por el camino de la sabiduría, mostrándome día a día que con humildad y paciencia todo es posible; por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A la mujer más hermosa y maravillosa del mundo, mi madre, Martha Hernández, quien con su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda, permitió que éste camino fuese más fácil.

A mi padre Jenaro López, que a pesar de la distancia física, estuvo presente con sus llamadas que alentaban mi corazón.

A Carolina, Cesar y Néstor, que más que mis hermanos, son mis amigos, y en el transcurso de este camino tuvieron una sonrisa, aunque me ausenté por un momento de sus vidas.

A mi abuelita azucena por ser mi segunda madre, apoyándome en todas mis decisiones.

A mis sobrinitos, Juan Camilo, Valeria y Bryan por motivarme con su inocencia y ternura.

A todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, quienes hicieron de mí una persona de bien, por los valores inculcados, y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte fundamental de mi vida, apoyándome y regalándome muchos momentos de felicidad.

A mis tíos, Fanny, Betty, Yesid, Néstor, Fernando, Jaime y Alberto y sus respectivas familias, quienes de uno u otro modo facilitaron la culminación de este trabajo.

A mis amigos del alma, Juan Carlos Benavides, Cristian Villalba, Johana Pedroza, Karen Yate y Alejandra Ribero, quienes siempre tuvieron una sonrisa y buen consejo en los momentos más oportunos.

A la Universidad del Tolima, la facultad de ingeniería agronómica, y especialmente a los profesores: Agustín Valverde, Claudia Valenzuela, Aldemar Muñoz, Fernando Solanilla, Carlos Rivera, Carlos Sánchez, Axel Lombardo, Laily Saltaren, Mónica Obando, Álvaro Calderón y Yanneth Bohórquez por su confianza, apoyo, dedicación y por compartir conmigo sus conocimientos.

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA y su director Lorenzo Peláez, por brindarme el espacio físico y los equipos necesarios para llevar a ejecución dicho trabajo y por permitirme ser parte de esta prestigiosa organización.

A los Doctores Jairo García, Nelson Pérez y Lidia Zarate, por su valioso aporte en cuanto a la orientación de este estudio.

A mis compañeros de laboratorio, Jennifer Criollo, Liliana Moreno, Zain Sánchez, Yisela Vidales, por su apoyo y colaboración.

A las señoras Helena, Amparito, Niry, Nancy, Gladis, Sandra y Franca, por hacerme sentir como en casa y brindarme su ayuda y amistad desinteresada.

A Don Fernando, por su trabajo incansable en esta tesis.

A Don Gentil, José, Iader, Fernando, Orlando, Javier, Camacho, Lucio y Armando, quienes me colaboraron, facilitando la ejecución de la misma.

A la Señora Ana Gladys Barreto, quien me adopto en CORPOICA como una más de sus hijas y a quien aprecio con mi corazón.

Por último, y de una forma muy especial, a la directora de tesis Dra. Angélica Piedad Sandoval por enseñarme a transitar por el camino del esfuerzo y del trabajo en equipo, por sus múltiples enseñanzas, tanto laborales como personales.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>25</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>4. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>27</b>
4.1 ANTECEDENTES.....	27
4.2 MARCO TEÓRICO.....	31
4.2.1 Mango ( <i>Mangifera Indica L.</i> ).....	31
4.2.1.1 Origen y distribución.....	31
4.2.1.2 Descripción Botánica.....	31
4.2.1.3 Taxonomía.....	34
4.2.1.4 Propiedades nutricionales y composición de la pulpa.....	34
4.2.1.5 Propiedades nutricionales y composición de la semilla.....	36
4.2.1.6 Producción y comercialización .....	39
4.2.2 Aceites y Grasas.....	41

4.2.3	Técnicas de Extracción de Aceite.....	45
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
5.1	CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DEL FRUTO. ....	47
5.1.1	Recolección y Muestreo. ....	47
5.1.2	Caracterización Morfoagronómica.....	50
5.2	OBTENCIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE MANGO.....	52
5.3	CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE SEMILLA DE MANGO.....	53
5.3.1	Determinación de Proteínas. ....	53
5.3.2	Determinación de Fibra. ....	53
5.3.3	Determinación de Cenizas.....	53
5.3.4	Determinación de Grasa.....	54
5.4	EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PRENSADO.....	55
5.4.1	Selección de la Muestra. ....	55
5.4.2	Adecuación de la Muestra. ....	55
5.4.3	Extracción en Prensa.....	56
5.4.4	Diseño Experimental - Prensado. ....	58
5.5	EFFECTO DEL PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PRENSADO. ....	59
5.5.1	Selección de la Enzima. ....	59
5.5.2	Selección de las Condiciones de Reacción. ....	60
5.5.3	Diseño Experimental – Pretratamiento Enzimático.....	60

5.5.4	Incubación con Enzimas.....	61
5.5.5	Extracción por Prensado. ....	62
5.6	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO OBTENIDA. ....	62
5.6.1	Características Fisicoquímicas. ....	62
5.6.2	Contenido de Compuestos Fenólicos Totales. ....	63
5.6.3	Perfil de Ácidos Grasos. ....	63
5.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	63
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
6.1	CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DEL FRUTO. ....	65
6.1.1	Variabilidad Genética por Descriptores Cuantitativos.....	67
6.1.1.1	Análisis de correlación.....	69
6.1.1.2	Análisis de componentes principales (ACP).....	69
6.1.1.3	Análisis de conglomerados.....	73
6.1.2	Variabilidad Genética por Descriptores Cualitativos. ....	75
6.2	CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE SEMILLA DE MANGO.....	79
6.3	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO. ....	83
6.3.1	Densidad Relativa.....	84
6.3.2	Índice de Refracción.....	85
6.3.3	Índice de Yodo.....	87

<b>6.3.4</b>	<b>Índice de Saponificación.....</b>	<b>87</b>
<b>6.3.5</b>	<b>Índice de Acidez. ....</b>	<b>88</b>
<b>6.3.6</b>	<b>Índice de Peróxidos. ....</b>	<b>88</b>
<b>6.4</b>	<b>COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE LA GRASA DE 20 ACCESIONES DE SEMILLA DE MANGO.....</b>	<b>88</b>
<b>6.5</b>	<b>PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA DE SEMILLA DE 20 ACCESIONES DE MANGO.....</b>	<b>90</b>
<b>6.6</b>	<b>EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE SEMILLA POR PENSADO.....</b>	<b>95</b>
<b>6.7</b>	<b>EFFECTO DEL PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PENSADO. ....</b>	<b>96</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>119</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica.....	34
<b>Tabla 2.</b> Valor nutricional promedio de pulpa de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	35
<b>Tabla 3.</b> Composición promedio de la pulpa de Mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	36
<b>Tabla 4.</b> Composición proximal de la semilla de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	37
<b>Tabla 5.</b> Perfil de aminoácidos de la semilla de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) (g/100 g de proteína).....	37
<b>Tabla 6.</b> Contenido de vitaminas en la semilla de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) (mg/100 g).....	38
<b>Tabla 7.</b> Algunos minerales presentes en la semilla de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .	39
<b>Tabla 8.</b> Ácidos grasos saturados comunes en grasas y aceites. ....	41
<b>Tabla 9.</b> Algunos ácidos grasos monoinsaturados <i>cis</i> en grasas y aceites. ....	42
<b>Tabla 10.</b> Ácidos grasos poliinsaturados comunes en grasas y aceites. ....	43
<b>Tabla 11.</b> Nombre y ubicación geográfica de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) caracterizadas. ....	47
<b>Tabla 12.</b> Descriptores morfoagronómicos evaluados en la caracterización de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	50
<b>Tabla 13.</b> Factores estudiados para extracción de aceite con prensa hidráulica.....	58

<b>Tabla 14.</b> Diseño de factorial 2 <sup>2</sup> totalmente aleatorizado propuesto por Design Expert® para extracción de aceite con prensa hidráulica. ....	58
<b>Tabla 15.</b> Características de enzimas comerciales utilizadas en el pretratamiento enzimático. ....	59
<b>Tabla 16.</b> Recomendaciones de las casas comerciales para el uso de las enzimas. ....	60
<b>Tabla 17.</b> Factores estudiados para el pretratamiento enzimático. ....	61
<b>Tabla 18.</b> Diseño de experimentos por respuesta de superficie mediante el programa Design Expert® para pretratamiento enzimático. ....	61
<b>Tabla 19.</b> Media y significancia (p>0.05) de ocho características cuantitativas principales de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ). ....	68
<b>Tabla 20.</b> Valores propios y varianza explicada en ACP en la caracterización de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ). ....	70
<b>Tabla 21.</b> Correlación entre las variables originales y los tres primeros componentes principales en la caracterización de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) para las variables cuantitativas. ....	71
<b>Tabla 22.</b> Frecuencias de 21 descriptores cualitativos de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ). ....	77
<b>Tabla 23.</b> Composición química proximal de semilla de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) (g/100 g base seca). ....	80
<b>Tabla 24.</b> Características fisicoquímicas de la grasa de semilla de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ). ....	86
<b>Tabla 25.</b> Fenoles totales en grasa de semilla de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ). ....	89

<b>Tabla 26.</b> Perfil de ácidos grasos de grasa de semilla de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	92
<b>Tabla 27.</b> Perfil de ácidos grasos de la manteca de cacao.....	94
<b>Tabla 28.</b> Rendimientos de extracción de aceite de semilla de mango en prensa hidráulica.....	95
<b>Tabla 29.</b> Modelo estadístico para rendimiento de extracción de aceite de semilla de mango con pretratamiento enzimático. ....	97

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Frutos de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	32
<b>Figura 2.</b> Algunas variedades de mango comerciales.....	34
<b>Figura 3.</b> Proporción de producción por continente.....	39
<b>Figura 4.</b> Efecto de la molienda y del tratamiento enzimático sobre la estructura de las semillas.....	46
<b>Figura 5.</b> Ubicación de accesiones de mango colectadas en el banco de germoplasma y departamentos: Tolima, Cundinamarca y Antioquia.....	49
<b>Figura 6.</b> Proceso de obtención de harina de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	53
<b>Figura 7.</b> Proceso de obtención de aceite de semilla de mango.....	55
<b>Figura 8.</b> Prensa hidráulica utilizada en el proceso.....	56
<b>Figura 9.</b> Forma del fruto de las 20 accesiones de mango evaluadas.....	65
<b>Figura 10.</b> Dispersión de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ), con base en los dos primeros componentes principales de 17 descriptores cuantitativos.....	73
<b>Figura 11.</b> Dendrograma a partir de características cuantitativas obtenido por el método UPGMA, para 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	75
<b>Figura 12.</b> Dendrograma a partir de características cualitativas obtenido por el método UPGMA, para 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera Indica L.</i> ).....	79
<b>Figura 13.</b> Análisis de componentes principales de los subproductos de desecho (cáscara, endocarpo y semilla), pulpa y el porcentaje de aceite.....	83

<b>Figura 14.</b> Balance de ácidos grasos saturados e insaturados en la grasa de semilla de 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	93
<b>Figura 15.</b> Rendimiento de extracción de aceite de semilla de mango por prensado utilizando pretratamiento enzimático.....	97
<b>Figura 16.</b> Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Rapidase® TF. ....	98
<b>Figura 17.</b> Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Viscozyme® L. ....	99

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A.</b> Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango ( <i>Mangifera Indica L.</i> ) .....	120
<b>Anexo B.</b> Características cuantitativas del fruto de mango ( <i>Mangifera Indica L.</i> ) .....	134
<b>Anexo C.</b> Características cualitativas del fruto de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	136
<b>Anexo D.</b> Densidad relativa (NTC 336) .....	138
<b>Anexo E.</b> Índice de refracción (NTC 289) .....	139
<b>Anexo F.</b> Índice de Yodo (NTC 283) .....	139
<b>Anexo G.</b> Índice de saponificación (NTC 335) .....	140
<b>Anexo H.</b> Índice de acidez (NTC 218) .....	141
<b>Anexo I.</b> Índice de peróxidos (NTC 236) .....	141
<b>Anexo J.</b> Cuantificación de compuestos fenólicos totales en extractos de aceite de semilla de mango .....	142
<b>Anexo K.</b> Matriz de correlación de Pearson entre 24 variables cuantitativas utilizados para caracterizar 20 accesiones de mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	147

## RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el rendimiento de extracción de grasa de la semilla de mango de 20 accesiones criollas y comerciales. Inicialmente se realizó una caracterización morfoagronómica del fruto de doce accesiones de mango provenientes del banco de germoplasma del C.I. - Nataima de CORPOICA y ocho de los departamentos del Tolima, Cundinamarca y Antioquia, utilizando 24 descriptores cuantitativos y 36 cualitativos.

A la harina obtenida de la semilla de mango se le realizó un análisis bromatológico, centrándose en el contenido de grasa encontrando que las de mayor rendimiento son Rosa (11.8 %), Manzano Vallenato (11.34 %) y Mariquiteño (9.99 %).

De acuerdo a las características de la grasa de las variedades de mango, se observó una notable diferencia en cuanto al balance entre ácidos grasos saturados e insaturados, así por ejemplo, la grasa de semilla de HilAnt05, ICA 1837 (Filipino), ICA 1841 (Picuda), Lorito y Rosa, tiene prevalencia de ácidos grasos saturados en un 51.00 %, 51.99 %, 51.50 %, 59.66 % y 52.98 % respectivamente, en las demás prevalecen los insaturados. Los ácidos grasos de mayor proporción fueron el ácido oleico y ácido esteárico. La grasa obtenida no presentó un contenido considerable de fenoles totales, lo cual se esperaba por el método de extracción.

Por último se evaluó la extracción de aceite con prensa hidráulica y con pretratamiento enzimático, con el fin de optimizar su extracción. Mediante el modelo de optimización obtenido por el programa estadístico Design Expert, se llegó a la conclusión que al utilizar la enzima Viscozyme<sup>®</sup> L. a 30 °C por 5.35 h, se logra el mejor rendimiento de extracción el cual es 34.30 %.

**Palabras clave:** *Mangifera indica* L., caracterización morfoagronómica, subproductos, aceites, semilla, prensa hidráulica, enzimas.

## ABSTRACT

In the present work was evaluated the yield of extracting fat from mango seed of 20 native and commercial accessions. Initially, it was performed a morphoagronomic characterization of fruit mango twelve accessions from the gene bank of C.I. Nataima - CORPOICA and eight from departments of Tolima, Cundinamarca and Antioquia, using 24 quantitative and 36 qualitative descriptors.

The flour obtained from mango seed was analysed bromatologically, the study focused in fat contain, which was determined by Soxhlet method. It was found the highest yields in Rosa (11.8 %), Manzano Vallenato (11.34 %) and Mariquiteño (9.99 %) accession.

In the characteristics of fat from mango seed was found a remarkable difference in the balance between saturated and unsaturated fatty acids. For example, seed fat from HilAnt05, ICA 1837 (Filipino), ICA 1841 (Picuda), Lorito and Rosa, presented higher contains of saturated fatty acids by 51.00 %, 51.99 %, 51.50 %, 59.66 % and 52.98 % respectively. The others accession are characterized by higher contains of unsaturated fatty acids. The most prevalent fatty acids were oleic acid and stearic acid. The obtained fat did not present a considerable content of total phenols related with extraction method.

Finally was evaluated the fat extraction with hydraulic press and enzymatic pretreatment of samples, in order to study the possibility of mechanic extraction. The optimization model obtained by Design Expert program concluded that Viscozyme<sup>®</sup> L. at 30 °C for 5.35 h, obtained the best yield, 34.30 %.

**Key words:** *Mangifera indica* L., morphoagronomic characterization, by-products, fat, seed, hydraulic press, enzymes.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la popularidad que el fruto de mango (*Mangifera indica L.*) ha tenido en países de la Unión Europea y Estados Unidos, el área dedicada a este cultivo, año tras año ha venido presentando un constante crecimiento en el mundo y especialmente en Colombia, ya que de los 32 departamentos constituidos políticamente, 22 cuentan con árboles de mango, de los cuales sobresalen dieciséis por su producción al contar con más de 100 ha establecidas, de los cuales se distinguen Cundinamarca, Tolima y Antioquia ocupando el primero, segundo y tercer lugar respectivamente (Bonilla, Toro, Mejía, Landínes, Castellanos & Cardozo, 2010).

El mango ha sido valorado desde la antigüedad por las características que su pulpa ofrece, industrializándola mediante la elaboración de pastas, salsas, jugos, pulpas, helados, mermeladas, compotas, dulces, etc. (De La Cruz, 1993), dejando a su paso una cantidad de residuos orgánicos representados en cáscara y semilla que generan problemas ambientales y sanitarios, tanto para el productor como para la población circundante (Gabino & Valdés, 2012). Lo anterior, ha incentivado a la investigación de la composición de estos desechos, encontrando que son una fuente importante de pectinas, polifenoles y manguiferina en la cáscara y proteínas, cenizas, fibra, carbohidratos, vitaminas, minerales y grasas en la semilla (Sumaya, Sánchez, Torres, & García, 2012).

Es importante mencionar que de los subproductos provenientes de la industrialización del mango, la semilla ha tenido mayor atención, ya que además de ser una fuente rica en aminoácidos esenciales, es una fuente de grasas naturales que poseen características similares a la manteca de cacao (Jahurul, Zaidul, Norulaini, Sahena, Jinap, Azmir, & Mohd Omar, 2012).

Desde esta óptica, muchos gobiernos han implementado leyes que permiten la comercialización de la grasa de semilla de mango para consumo humano, como es el

caso de la comunidad Europea, que para el año 2000 publicó la ley de pureza de productos de cacao y de chocolate destinados a la alimentación humana, permitiendo la adición de sus productos de hasta un 5 % de otra grasa distinta a la proveniente de cacao, siendo la grasa de semilla de mango (*Mangifera indica L.*) una de las seis grasas tropicales permitidas para el reemplazo parcial en la elaboración de chocolates (Pascual, Vilchis, Álvarez & Trejo, 2008) (CE, 2000), además, en 2002 se abrió la posibilidad de utilizarla en la industria de alimentos en México (Tapia, Pérez, Cavazos, & Mayett, 2012).

En esta investigación, se realizó la caracterización morfoagronómica de los frutos de 17 accesiones de mango (*Mangifera indica L.*) criollo Colombiano y 3 accesiones comerciales, provenientes del banco de germoplasma del centro de Investigación (C.I.) Nataima de CORPOICA y tres departamentos productores: Tolima, Cundinamarca y Antioquia, dando a conocer la diversidad de esta especie presente en Colombia y sus potenciales agroindustriales.

Así mismo se evaluó el rendimiento de extracción de grasa de la semilla de cada uno de los materiales de mango caracterizados, utilizando extracción soxhlet, y la caracterización de los ácidos grasos presente, con el fin de detectar las variedades con mejor calidad y mayor contenido de grasa. Conjuntamente se realiza la optimización de la extracción en prensa hidráulica utilizando pretratamiento enzimático.

Lo anterior se efectúa con el fin de dar a conocer la cantidad y características fisicoquímicas de la grasa de la semilla de mango en Colombia, dirigiendo el proceso a la valorización de subproductos provenientes de la industrialización de dicho fruto.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con más de 200 ecotipos de mango criollo (Bonilla et al., 2010), en su mayoría desconocidos por el mercado, desaprovechando su diversidad, siendo uno de las dieciséis especies promisorias exportables, al ser la fruta que a nivel mundial ha mostrado una tendencia creciente y sostenida de demanda en los últimos quince años (Arias, Tamara, & Arbeláez, 2006).

El país presenta una alta distribución de formas cultivadas y silvestres de mango (*Mangifera indica L.*), las cuales tienden a experimentar cambios químicos y nutricionales según el cultivar que se trate, el estado de madurez y las condiciones edafoclimáticas en las que se encuentre, lo cual hace importante realizar su colecta y posterior caracterización (García, Baena, & Vallejo, 2006), logrando la obtención de genes de interés agronómico. Pese a la situación actual de los recursos genéticos de *Mangifera indica L.* presente en el país, su diversidad se está perdiendo debido a la incursión de variedades comerciales, que al tener una mayor aceptación en los mercados, disminuyen el interés por las “criollas”. Desde esta perspectiva, se requiere ampliar su conocimiento y valoración para enfrentar los problemas que impiden su aprovechamiento de forma sostenible.

No obstante se han aunado esfuerzos por conservar la biodiversidad de esta especie, como los realizados por el gobierno Colombiano facilitando la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura, el cual figura en cabeza del Instituto Colombiano Agropecuario ICA y manejado por la Corporación Colombia de Investigación Agropecuaria CORPOICA en su sede C.I. Nataima, manteniendo en condiciones *ex situ* a 86 accesiones de mango, considerado un recurso genético invaluable (Valencia, Lobo, & Ligarreto, 2010).

Países desarrollados como Estados Unidos limitan el ingreso de frutas en fresco como un control sanitario a la introducción de plagas. La mayor problemática de la

comercialización del mango en fresco es el daño causado por la mosca de la fruta (CEF, 2009) obligando a la agroindustria Colombiana a su transformación en materia elaborada con el fin de aumentar su vida útil y cumplir con estándares de calidad exigidos por el mercado internacional.

El sector agroindustrial consume aproximadamente 33 129 t de mango al año (Bonilla et al., 2010) generando alrededor del 36 % de subproductos de desecho, es decir 11 926 t por año representados en fibra, cáscara, endocarpo y semillas (Ordoñez, 2002). Lo anterior muestra la importancia de involucrar como tema central de investigación material vegetal desaprovechado con miras a la generación de nuevos productos.

Por otro lado, la encuesta Nacional de la situación nutricional (2005) realizada por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) utilizando una submuestra de la encuesta Nacional de demografía y salud realizada por Profamilia, revela que la desnutrición crónica para niños y niñas menores de 5 años alcanza una cifra del 12 % y de esta el 2.1 % es severa (Heredia, Del Castillo, Bejarano & Gordillo, 2007), aunque las causas de esta desnutrición son diversas, acceso a alimentos de buena calidad y bajo costo, hacen parte de la solución. De esta estrategia, la semilla de mango representa una opción, ya que se ha comprobado que es fuente de proteína de alta calidad, compuesta por la mayoría de aminoácidos esenciales (Moharram & Moustafa, 1982), además de poseer fibra, carbohidratos, vitaminas, minerales y grasas (Sumaya et al., 2012).

Esta última ha despertado un interés particular, ya que para el año 2000 la comunidad Europea publicó la ley de pureza de productos de cacao y de chocolate, permitiendo la adición de hasta un 5 % de otra grasa distinta a la proveniente de cacao, siendo la grasa de semilla de mango (*Mangifera indica* L.) una de las seis grasas tropicales permitidas, al igual que el sebo de Borneo o Tengkwang (*Shorea spp.*), aceite de palma (*Elaeis guineensis* / *Elaeis olifera*), Sal (*Shorea robusta*), Shea (*Butyrospermum parkii*) y Kokum gurgi (*Garcinia indica*) (CE, 2000).

El presente estudio se realiza en el marco del proyecto “Caracterización de los Componentes Grasos Obtenidos de Almendras de Diferentes Acciones del Banco de Germoplasma de Mango” desarrollado por CORPOICA, financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS.

Lo anterior proporciona fundamentos viables para llevar a cabo estudios como la presente investigación, la cual tiene como objetivo principal evaluar el porcentaje de rendimiento de grasa de semillas de 20 acciones de mango, utilizando el método soxhlet, técnicas mecánicas como prensado y el uso de enzimas; además de su caracterización como inicio hacia el desarrollo de nuevos productos cosméticos o como sustituto de la manteca de cacao en la industria del chocolate (Pascual et al., 2008).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El procesamiento del mango genera toneladas de residuos, entre ellos semillas, endocarpos y cáscaras que representan del 15 % - 36 % del total de la fruta dependiendo de la variedad, los cuales no tienen un adecuada disposición, muchas veces por los altos costos que representa su tratamiento o por desconocimiento de los productores, dejándolos a la intemperie, emitiendo gases tóxicos de efecto invernadero, atracción de vectores de enfermedades y plagas para el cultivo y la población circundante (Ospina et al., 2012), desechando una cantidad considerable de grasas, proteínas, fibra y polifenoles (Fowomola, 2010), propiedades que la convertirían en fuente de productos novedosos para el mercado.

Lo anterior pone en evidencia el problema del mínimo desarrollo agroindustrial que tiene éste sector con la poca valorización y aprovechamiento de los residuos, perdiendo un posible aporte económico generado con la venta de la semilla o bien, con la extracción de sus componentes, dándole un mayor atractivo a la vinculación de éste sector.

Por otro lado es importante estudiar otras técnicas de extracción diferente a la realizada por métodos de laboratorio (Soxhlet), pues este proceso tiene una alto impacto ambiental, siendo importante el estudio de otras técnicas que se caracterice por la baja emisión de productos químicos al ambiente, la degradación de componentes principales o la formación de compuestos indeseables.

Desde esta perspectiva, uno de los problemas es la falta de conocimiento de las propiedades intrínsecas de los frutos, en este caso del mango criollo Colombiano, demandando el estudio de sus características que sean la base para el desarrollo de nuevos productos y la aplicación a nivel industrial para la posible puesta en marcha de una planta extractora de grasa de semilla de mango por métodos limpios, verdes y éticos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el rendimiento de extracción y caracterizar la grasa de la semilla de mango de 20 accesiones ubicadas en el banco de germoplasma del C.I. Nataima y materiales nativos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar la caracterización morfoagronómica de 20 accesiones de mango provenientes del banco de germoplasma del C.I. Nataima y los departamentos Tolima, Cundinamarca y Antioquia.

Establecer el rendimiento de extracción de la grasa de la semilla de 20 accesiones de mango mediante el método de extracción por solvente.

Optimizar el proceso de extracción de grasa de semilla de mango realizando extracción mecánica.

Evaluar el rendimiento de extracción de grasa de semilla de mango cuando se trabaja previamente un tratamiento enzimático.

Determinar las características fisicoquímicas de la grasa de mango obtenida.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES.

El mango fue introducido en Colombia por los Españoles y los Portugueses entre los siglos XVII y XVIII, y se distribuyó principalmente en las zonas cálidas. En Colombia se encuentran sembradas 21 152 ha de mango, distribuidas en dieciséis departamentos (MADR, 2011), comercializándose internamente como producto fresco y procesado y para exportación como producto procesado (García, Floriano, Corredor, Bernal, Vásquez, Sandoval,... Gómez, 2010). Existen más de 200 ecotipos de variedades criollas o prototipos regionales, destinadas especialmente a la agroindustria, mientras que las variedades mejoradas se destinan al consumo en fresco (Bonilla et al., 2010).

García et al. (2010), realizó un estudio sobre la descripción de las variedades de mango criollo Colombiano, identificando tres grandes grupos, asociados principalmente por tamaño, contenido de fibra y grado de poliembriónía, denominando el primer grupo como criollo poliembriónicos de fruto, de tamaño y formas variables, ligados a la variedad hilacha o común; el segundo grupo lo denominaron criollo de tamaño mediano, ubicando variedades en un plano intermedio entre mejoradas y el mango hilacha; el tercer grupo lo catalogaron como variedades criollas de fruto grande con algún grado de selección, agrupados por características similares a mangos monoembriónicos mejorados como el Tommy Atkins.

Considerando el inminente problema producido por los residuos que se generan en la industria del mango, grandes países productores como la India, han desarrollado investigaciones sobre la semilla de mango, arrojando resultados sobre las diferentes formas de utilización, aprovechando componentes como harina, almidón y/o aceite, este último altamente comestible, gracias a su elevado contenido de ácido oleico y ácido esteárico, similar al aceite obtenido del coco (Chaplin, Nuevo, Graham & Cols, 1986).

Fowomola (2010) investigó la composición proximal del perfil de aminoácidos y el contenido de antinutrientes en la semilla de mago, determinando el contenido de proteína cruda (10.06 %  $\pm$  0.12 %), aceite (14.80 %  $\pm$  0.13 %), cenizas (2.62 %  $\pm$  0.02 %), fibra cruda (2.40 %  $\pm$  0.01 %), carbohidratos (70.12 %  $\pm$  1.34 %) y contenido energético (453.92 kJ/100 g  $\pm$  4.32 kJ/100 g).

De otro lado, en Nigeria (África), se determinó una posible aplicación de la harina de semilla de mango (variedad Ikanekpo) en la preparación de comidas solidas al vapor para adultos, siendo también viable para formulaciones infantiles ya que se componía principalmente de materia volátil, grasa bruta y taninos. Los niveles de ácidos grasos insaturados encontrados, eran aproximadamente el doble que los ácidos grasos saturados, además el ácido linoleico era aproximadamente tres veces más alto que los valores que reportaba la literatura con otras variedades estudiadas; comparando las proteínas estándar con cada uno de los seis aminoácidos esenciales se encontraban >70 %; el nivel de taninos hallado fue muy alto (45 g/kg) lográndose extraer un 48 % combinando un lavado con tratamiento térmico, lo cual se utiliza durante la elaboración de la harina (Arogba, 1997).

El contenido de fenoles y polifenol oxidasa (PPO) en la semilla de mango Nigeriano fue estudiado, encontrando un alto contenido en ácido tánico, gálico y epicatequina (Arogba, 2000).

De la misma forma Kabuki, Nakajima, Arai, Ueda, Kuwabara, & Dosako (2000) realizaron investigaciones sobre las propiedades antimicrobianas de extractos etanólicos de almendra de mango, encontrando una alta actividad contra bacterias Gram positivas, siendo estable al calor (121 °C, 15 min), congelación (-20 °C, 16 h) y tratamiento de pH (pH 3 - 9), utilizados normalmente en la elaboración de alimentos; esta actividad puede asociarse a la presencia de polifenoles en la almendra de mango.

Otras investigaciones, han arrojado resultados de rendimiento de aceite de un 12.6 %, al extraer el aceite de semillas liofilizadas con éter dietílico anhidro por soxhlet (Van, Walter, Boni, Foma & Hendrickx, 1981). En 2009, se demostró que por cada kg de residuo de mango, se obtenía un 12 % de grasa, representando 96 kg de grasa por t de residuo (Basilio, 2009).

En el estudio “Caracterización del Aceite Obtenido de Almendras de Diferentes Variedades de Mango y su Aplicación como Sustituto de Manteca de Cacao en Rellenos y Coberturas de Chocolate”, se obtuvo un porcentaje de aceite del 7 % al 20 %, extrayéndolo por sonicación con un rendimiento del 7 % al 40 % para la estearina y del 4 % al 10 % para la oleína de las diferentes variedades. Los resultados arrojaron que la combinación de oleínas y estearinas de las diferentes variedades estudiadas (Manila, Ataulfo, Haden y Kent), excepto la variedad “Keitt” tuvieron una consistencia muy similar a la manteca de cacao, convirtiéndolos en posibles sustitutos en la elaboración de productos de chocolatería (Pascual et al., 2008).

Una investigación dirigida a la comparación entre el aceite de mango y la manteca de cacao, demostró que todas las pruebas fisicoquímicas de caracterización, además del sabor, olor y textura, son muy similares, excepto el índice de yodo, indicando que el contenido de ácidos grasos saturados en la manteca de cacao es mayor que en el aceite de mango (Moharram & Moustafa, 1982).

Otros estudios indican que los principales ácidos grasos presentes en la grasa de la semilla de mango son el esteárico y oleico; así mismo se presenta una mayor proporción de ácidos grasos insaturados que saturados y una alto contenido de materia insaponificable, convirtiéndola en un buen ingrediente para la industria cosmética (Nzikou, Kimbonguila, Matos, Loumouamou, Pambou-Tobi, Ndangui,... Desobry, 2010).

En cuanto a la obtención de aceites y grasas por medio de prensado en frío y la utilización de enzimas, Collao, Curotto & Zúñiga (2007) realizaron la evaluación del tratamiento enzimático previo al prensado en frío de la semilla de *Oenothera biennis*,

encontrando que el rendimiento de extracción aumenta un 12 % con la utilización de una mezcla enzimática formulada con Ultrazym 100 G y Cellubrixen razón 1:1, concentración enzima/sustrato del 2 % (p/p) (base húmeda), durante 15 h de incubación a 45 °C y 40 % de humedad, además del aumento del contenido de antioxidantes en la harina residual.

Por su parte Guerra & Zúñiga (2003) analizaron la incorporación de enzimas sobre el rendimiento de extracción de aceite por prensado en frío de la semilla de uva, buscando preservar compuestos activos y minimizar el impacto ambiental comparado con los métodos convencionales en la extracción de aceite, encontrando que dicho tratamiento aumenta un 26 % la extracción de aceite con prensado en frío utilizando un pretratamiento enzimático durante 4 h a 50 °C, y 60 % de humedad, concluyendo que la incorporación de un tratamiento enzimático sería una alternativa factible para extraer el aceite de semilla de uva bajo condiciones suaves de proceso mejorando el rendimiento de extracción en comparación con el mismo tipo de proceso sin enzima.

Durán (2010), evaluó el uso de enzimas celulolíticas (Celuclast<sup>®</sup>, Celubrix<sup>®</sup> y Viscozyme<sup>®</sup> L.) y proteolíticas (Flavourzyme<sup>®</sup>), en el proceso de extracción del aceite residual de la torta de palmiste, producto de la extracción con prensa, encontrándose que el uso de la enzima Flavourzyme<sup>®</sup> en este producto, permitió aumentar la eficiencia del proceso de palmistería en un 12.04 %; este resultado se obtuvo, utilizando una concentración de 34 % de sustrato, 10 % de enzima y en un tiempo de 4 h.

Finalmente, se han desarrollado trabajos sobre el pretratamiento enzimático en el proceso de obtención de aceite de la semilla del mango (*Mangifera indica* L.), variedades Tommy y Azúcar, utilizando una enzima llamada Crystalzyme PMLX, encontrando que la incorporación de dicha enzima, aumentaba los rendimientos a nivel de 9.63 % para Tommy y 8.25 % para Azúcar, dependiendo de la concentración de enzima y la variedad de mango utilizada (Rojas & Burbano, 2011).

## **4.2 MARCO TEÓRICO.**

### **4.2.1 Mango (*Mangifera Indica L.*).**

**4.2.1.1 Origen y distribución.** El origen del mango (*Mangifera indica L.*) ha sido tema de especulación durante muchos años, aunque se cree que su primera aparición fue durante el periodo cuaternario (Mukherjee, 1951).

Los mangos fueron mencionados en la literatura de Sánscrito; según De Candolle (1884) probablemente el cultivo de mango se originó en la India, desde hace al menos 4000 años. Se ha señalado que el centro primario de la evolución del mango fue en la región Indo-Birmana y Sureste de Asia, en la Isla de Borneo y Sumatra, encontrándose en forma silvestre en India, Sri Lanka, Tailandia, Indochina, Sureste de China, Malasia, Indonesia, Papúa, Nueva Guinea, Filipinas. (Lizt, 1997).

De su lugar originario, la India, los Portugueses lo trasladaron a Brasil durante el siglo XVII, en donde se dispersó por América del Sur; en el año 1742 se encontraba en Barbados y en 1782 en República Dominicana y Jamaica (Salazar, s.f). El mango entró a Colombia entre los siglos XVII y XVIII por los Españoles vía México y por el sur por los Portugueses, distribuyéndose por zonas cálidas (Bonilla et al., 2010).

**4.2.1.2 Descripción Botánica.** Los árboles adultos logran alcanzar una altura de 40 m o más sobreviviendo durante varios años; pueden expresar variación en su arquitectura por la polinización cruzada, mostrando diversas formas y tamaños.

Presenta hojas perennes y arborescentes, además de simples y alternas, con pecíolos que varían en longitud desde 1 cm hasta 12.5 cm. La morfología de las hojas es variable, dependiendo de la variedad del cultivo, pueden ser lanceoladas, oblongas, ovals e intermedias, tienen una longitud de 12 cm a 38 cm y ancho de 2 cm a 12 cm; las hojas jóvenes son de color cobrizo, cambiando gradualmente con la luz y luego con la edad a color verde oscuro. Su copa es normalmente ovalada, alargada o de forma de

cúpula; su sistema radicular se compone de una larga y vigorosa raíz principal y abundantes raíces absorbentes (Lizt, 1997).

Las panículas del árbol de mango son ramificadas y terminales, de aspecto piramidal, glabras o pubescentes, rígidas y erectas con longitud de 30 cm; la inflorescencia suele estar densamente florecida con ciento de pequeñas flores de un diámetro de 5 mm - 10 mm. Sus flores pueden ser monoicas o polígamas, y la proporción de éstas, está fuertemente influenciada por factores ambientales y culturales. Las flores poseen entre 4 a 5 sépalos y sus pétalos son ovalados, lanceolados, ovoides o finamente pubescentes, los estambres son centrales, el óvulo es anátropo y pendular; se cruzan polinizadas por moscas (Lizt, 1997).

El fruto del mango es una drupa carnosa, climatérica, de dimensiones y formas variables, incluyendo alargada, rectangular y ovalada o intermedia. Tiene una longitud aproximada de 2.5 cm a >30 cm, el endocarpo es leñoso, grueso y fibroso, todo dependiendo de la variedad (Lizt, 1997). El pericarpio es liso, uniforme, de color verde, verde amarillento o amarillo, aunque algunas variedades poseen matices rojo, morado o anaranjado (Regulo & Vega, 1992). En la Figura 1 se observa algunos frutos de mango en el árbol.

**Figura 1.** Frutos de mango (*Mangifera indica* L.).



Fuente: Autor.

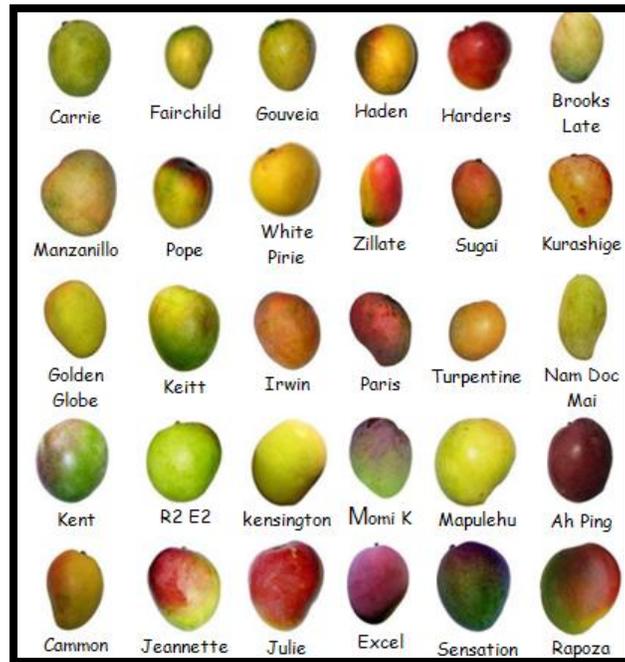
Las semillas son de forma aplanada, pueden ser monoembriónicas cuando se forma un embrión como resultado del proceso de fecundación o poliembriónicas cuando a parte del embrión de origen sexual se forman 2, 5 o más embriones (Regulo & Vega, 1992).

El mango al ser una especie de polinización cruzada, es altamente heterocigoto, haciendo que durante siglos exista una variabilidad en las características del árbol y fruto. En la India se han reportado 1000 variedades y en el mundo cada vez se ve el aumento de la diversidad genética de dicha especie. La presencia de ésta alta diversificación, ha servido para que en el transcurso de los años, se presente una selección de plantas con características sobresalientes, obteniéndose de igual forma muchos clones (Salazar, s.f).

Los tipos de mango se pueden reunir en tres grandes grupos. Del hemisferio occidental, con baja calidad del fruto y alto grado de poliembriónía, como es el caso de la variedad “Hilacha” o Magdalena river, muy conocida en Colombia; Grupo Indochino o de Saigón, de frutos puntiagudos, generalmente más largos que anchos, coloración pobre, poco contenido de fibra y buen sabor; y por último el grupo de la India, con frutos de forma variables, de color rojo brillante, purpura o amarillo, aromáticos y monoembriónicos (Salazar, s.f).

En Colombia las variedades más conocidas son: Mango Alfonso, Harumanis, Malgoa, Kartacolumba, Local 1, Local 2, Jaffna, Atkins, Carabao, Filipino, Kensington O Boween. (Agreda, 2009). En la Figura 2 se pueden apreciar algunas variedades de importancia industrial, con su respectiva forma y color característicos.

**Figura 2.** Algunas variedades de mango comerciales.



Fuente: Agreda (2009).

**4.2.1.3** Taxonomía. De acuerdo a la clasificación taxonómica el mango se ubica de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica.

<b>Nombre Científico</b>	<i>Mangifera indica</i>
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Phylum</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Sapindales</i>
<b>Familia</b>	<i>Anacardiaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Mangifera</i>
<b>Epíteto Específico</b>	<i>indica</i>
<b>Autor Epíteto Específico</b>	<i>L.</i>

Fuente: Herbario Nacional Colombiano.

**4.2.1.4** Propiedades nutricionales y composición de la pulpa. La popularidad e importancia del mango es atribuida a sus características organolépticas y nutricionales.

En la Tabla 2 se evidencia la composición de la pulpa de mango, mostrando que es fuente de calcio, fosforo, hierro, tiamina y niacina (Nivón, 2009).

**Tabla 2.** Valor nutricional promedio de pulpa de mango (*Mangifera indica L.*).

Lípidos		Minerales		Vitaminas	
Grasa totales (g)	0.30	Calcio (mg)	10	Retinol (µg)	137
Monoinsaturados (oléico) (g)	0.06	Fósforo (mg)	11	Ácido ascórbico (mg)	28
Poliinsaturados (linoléico) (g)	0.01	Hierro (mg)	0.10	Tiamina (mg)	0.06
		Magnesio (mg)	9	Riboflavina (mg)	0.06
		Sodio (mg)	2	Niacina (mg)	0.60
		Potasio (mg)	156	Piridoxina (mg)	0.13
		cinc (mg)	0.04	Ácido Fólico (µg)	-

Fuente: FAO (2002).

Posee ácido málico, palmítico, p-cumárico y mirístico, vitamina C y A, constituyéndolo en fuente de antioxidantes, útiles para neutralizar radicales libres. Por el contenido de vitaminas y flavonoides como la quercetina y el camferol, el mango cumple una función anticancerígena, y se ha encontrado relación del consumo con la reducción del colesterol e hipertensión (Torres, 2007).

Los carotenoides presentes en el mango se transforman en el organismo como vitamina A, ésta en conjunto con la vitamina C, poseen propiedades antioxidantes ayudando a conservar la visión y la audición, además de prevenir muchas enfermedades (Martínez, 2006).

El mango también es rico en vitaminas del grupo B, como niacina (vitamina B3) útil para el buen funcionamiento del sistema nervioso, la piel y el metabolismo de las grasas; la piridoxina (vitamina B6), importante para la síntesis de aminoácidos, la salud del cabello, la piel y el equilibrio de los líquidos en el organismo (Martínez, 2006).

Además es una fuente de fibra importante, facilitando el tránsito intestinal y previene la acumulación de materia fecal en el intestino (Martínez, 2006).

En cuanto a los minerales, el mango contiene hierro, muy importante para la prevención de la anemia; posee niveles bajos de potasio, importante para la prevención de retención de líquidos, buen funcionamiento del corazón, los nervios y la formación de los huesos. También se encuentra el cinc y cobre necesario para la formación del colágeno (Martínez, 2006).

**Tabla 3.** Composición promedio de la pulpa de Mango (*Mangifera indica L.*).

Componente	Contenido
Agua (%)	79 - 84
Sólidos solubles (%)	16 - 21
Azúcares totales (%)	13.5 – 21
Acides (%)	0.11 – 0.8
pH	3.8 – 5.8
Vitamina C (mg/100 g)	14-60
Tiamina (mg/100 g)	0.08
Rivoflavina (mg/100 g)	0.09
Niacina (mg/100 g)	0.9
Proteínas (%)	0.6
Grasas (%)	0.4
Fibra cruda (%)	0.7
Minerales (%)	0.4

Fuente: Yahia (2006).

**4.2.1.5** Propiedades nutricionales y composición de la semilla. La semilla de mango es rica en carbohidratos, proteína bruta, aceite y baja en fibra. En la Tabla 4 se muestra la composición proximal de la semilla de mango.

**Tabla 4.** Composición proximal de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.).

Composición	% Base seca
Proteína cruda	10.06 ± 0.12
Aceite crudo	14.80 ± 0.13
Cenizas	2.62 ± 0.025
Fibra cruda	2.40 ± 0.01
Carbohidratos	70.12 ± 1.34
Contenido energético	453.92 ± 4.32 kJ/100 g

Fuente: Fowomola (2010).

Investigaciones han demostrado que la semilla es rica en glutamato y pobre en metionina; dentro de los aminoácidos esenciales presentes en la semilla, se ha encontrado que la leucina es el más alto (8.40 g/100 g de proteína), seguido de la arginina con 5.17 g/100 g de proteína; la lisina es el aminoácido con el valor más bajo, siendo la limitante de aminoácido en las semillas de mango (Fowomola, 2010). A continuación se muestra el perfil de aminoácidos presentes en la semilla.

**Tabla 5.** Perfil de aminoácidos de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.) (g/100 g de proteína).

Aminoácidos	Cantidad (g/100 g de proteína)
Lisina	3.13
Alanina	6.40
Histidina	2.31
Cisteína	2.30
Arginina	5.17
Valina	3.80
Aspartato	6.33
Metionina	1.04
Treonina	2.04
Isoleucina	3.23
Serina	2.93
Leucina	8.40

<b>Glutamato</b>	13.00
<b>Tirosina</b>	3.17
<b>Prolina</b>	3.00
<b>Glicina</b>	3.50
<b>Fenilalanina</b>	4.46

Fuente: Fowomola (2010).

En la Tabla 6 se muestra el tipo y cantidad de vitaminas que la semilla de mango presenta, tales como la vitamina C, E y A, direccionando su uso como fuente de vitaminas, que al ser antioxidantes, serían útiles en la reducción de procesos oxidativos presentes en la iniciación de la aterosclerosis (Fowomola, 2010).

**Tabla 6.** Contenido de vitaminas en la semilla de mango (*Mangifera indica L.*) (mg/100 g).

<b>Vitaminas</b>	<b>Cantidad (mg /100 g)</b>
<b>A</b>	15.27 (UI)
<b>E</b>	1.30
<b>K</b>	0.59
<b>B<sub>1</sub></b>	0.08
<b>B<sub>2</sub></b>	0.03
<b>B<sub>6</sub></b>	0.19
<b>B<sub>12</sub></b>	0.12
<b>C</b>	0.56

Fuente: Fowomola (2010).

Fowomola (2010) indicó que la semilla de mango es rica en calcio y magnesio (Tabla 7). El calcio esencial para la regulación de los latidos del corazón, conducción de los impulsos nerviosos, estimulación de las secreciones hormonales, coagulación de la sangre, construcción y mantenimiento de los huesos. El magnesio un cofactor esencial en más de 300 reacciones enzimáticas del cuerpo humano y se utiliza en forma inyectable para tratamientos de hipertensión arterial, ataques cardiacos agudos, asma, preeclampsia y eclampsia entre otros.

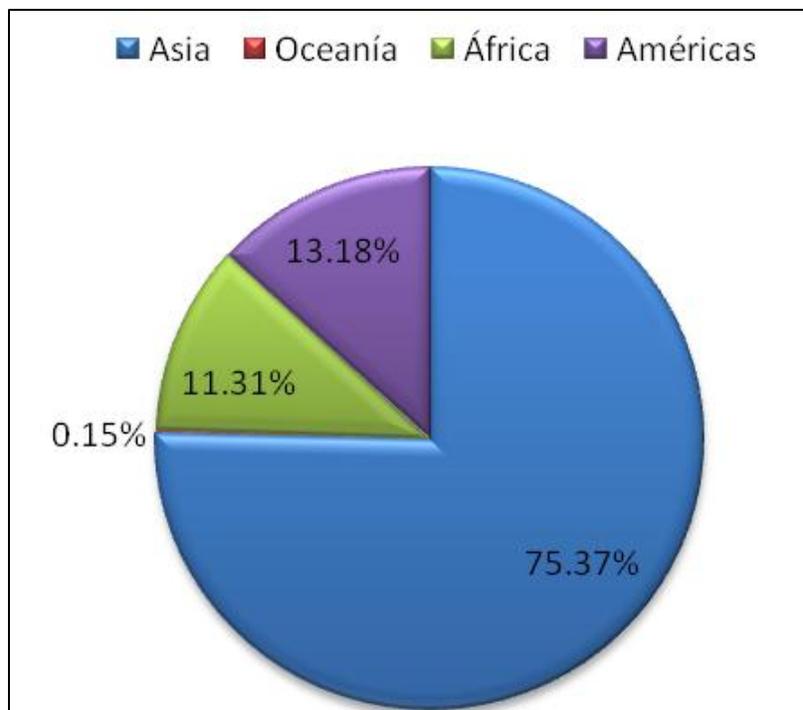
**Tabla 7.** Algunos minerales presentes en la semilla de mango (*Mangifera indica* L.).

Minerales	Cantidad (mg/100 g)
Na	21.0
K	22.3
Ca	111.3
Mg	94.8
Fe	11.9
Zn	1.10
Mn	0.04

Fuente: Fowomola (2010).

**4.2.1.6** Producción y comercialización. La participación de los países asiáticos en el total de la producción mundial de mango fresco es del 75.37 %, y la de los países Americanos del 13.18 %, la de los Africanos el 11.31 % y Oceanía el 0.15 % (Figura 3) (Statistics Data base [Faostat], 2013).

**Figura 3.** Proporción de producción por continente.



Fuente: Faostat (2013).

Los tres principales países productores de mango son India (15 188 000 t), China (4 519 380 t) y Tailandia (3 277 250 t). Colombia ocupa el puesto 19 con 244 581 t (Faostat, 2013).

En cuanto a las exportaciones, México ocupa el primer lugar, exportando en 2010 275 366 t, seguido por India (260 484 t), Tailandia (144 566 t) y Brasil (124 380 t).

Estados Unidos es el mayor importador de mango, reportando 276 820 t importadas en 2010 (Faostat, 2013).

En Colombia, el mango se produce principalmente en dieciséis departamentos, teniendo una participación de la producción de frutas frescas en Colombia del 6.2 % para el año 2008, ocupando tercer lugar con una producción de 168 000 t (Espinal, Martínez & Peña, 2008). Durante el periodo comprendido entre los años 1999 y 2008 la producción de mango creció a una tasa promedio de 3.6 % anual con una producción promedio de 148 202 t (Bonilla et al., 2010), demostrando una tendencia creciente y sostenida.

La producción de mango en Colombia, proviene principalmente de variedades criollas o prototipos regionales caracterizados por una alta estacionalidad de cosecha, entre los cuales se distinguen hilaza, hilacha ó “Magdalena River”, común, mango de puerco, azúcar, chancleto, corazón, calidad, papaya, manzana, durazno, ciruela, papaya zapote, pico rojo, calidad, canela, piña, huevo de burro, masa, gallo de monja, paloma, azúcar, rosa, mamuez, vallenato, número once, papo de la reina y otros (Bonilla et al., 2010). Desde esta perspectiva, la producción de mango criollo se destina principalmente al mercado nacional para la agroindustria, representando más del 40 % de la producción (Reyes, 2006), en donde empresas transformadoras de este producto como la Compañía Envasadora del Atlántico CEA, Productora de Jugos S.A., Alpina S.A., Frutícola S.A., Frutas Exóticas Colombianas S.A., Frexco S.A. y Passicol, atraen el mayor porcentaje de la producción nacional; mientras que el mango fino se comercializa para consumo en fresco y exportación (Tafur & Toro, 2006).

**4.2.2 Aceites y Grasas.** Los esterres del glicerol y los ácidos grasos que representan el 99 % de los lípidos de origen vegetal o animal, se denominan aceites y grasas. La diferencia entre grasas y aceites, se basa en el estado sólido o líquido de los lípidos a temperatura ambiente (Fennema & Tannenbaum, 2000), solidas las grasas y líquidos los aceites, esto se debe a la composición de ácidos grasos que contienen (Astiasarán, Lasheras, Ariño, & Martinez, 2003).

Los lípidos de los alimentos poseen propiedades físicas y químicas singulares, su composición, estructura cristalina, propiedades de fusión y capacidad de asociación con el agua y otras moléculas no lipídicas que le atribuyen especial importancia comparado con propiedades funcionales de otros alimentos. Los lípidos juegan un papel muy importante en la dieta de los humanos, suministrando calorías y ácidos grasos esenciales (Fennema & Tannenbaum, 2000).

Los ácidos grasos saturados son átomos de carbono unidos a dos átomos de hidrogeno, presentando la formula general R-COOH. En la siguiente Tabla se muestran los ácidos grasos saturados más comunes, los cuales provienen generalmente de fuentes animales, aunque se han encontrado niveles considerables en aceites de fuentes tropicales (FAO, 1997).

**Tabla 8.** Ácidos grasos saturados comunes en grasas y aceites.

Nombre Común	Nombre Sistemático	Abreviatura	Principales Fuentes
Butírico	Butanoico	C4:0	Grasa láctea.
Caproico	Hexanoico	C6:0	Grasa láctea.
Caprílico	Octanoico	C8:0	Grasa láctea, aceites de coco y palma.
Cáprico	Decanoico	C10:0	Grasa láctea, aceite de coco y palma.
Láurico	Dodecanoico	C12:0	Aceite de coco, aceite de palma.
Mirístico	Tetradecanoico	C14:0	Grasa láctea, aceite de coco, aceite de palma.
Palmítico	Hexadecanoico	C16:0	La mayoría de grasas y aceites.

Estéarico	Octadecanoico	C18:0	La mayoría de grasas y aceites.
Araquídico	Eicosanoico	C20:0	Aceite de maní.
Behénico	Docosanoico	C22:0	Aceite de maní.
Lignocérico	Tetracosanoico	C24:0	Aceite de maní.

Fuente: FAO (1997).

Los ácidos grasos insaturados se dividen en monoinsaturados y poliinsaturados. Los monoinsaturados poseen dos átomos de carbono situados de forma consecutiva unidos a un solo átomo de hidrogeno (Medina, s.f.). El ácido oleico es el ácido graso monoinsaturado más común y está presente en forma considerable en fuentes animales y vegetales (FAO, 1997). En la siguiente Tabla se muestran los ácidos grasos monoinsaturados más comunes.

**Tabla 9.** Algunos ácidos grasos monoinsaturados *cis* en grasas y aceites.

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura delta	Principales Fuentes
Palmitoleico	<i>cis</i> -9-hexadecenoico	16:1 $\Delta$ 9c (9c-16:1)	Aceites de origen marino, aceite de macadamia, la mayoría de aceites animales y vegetales.
Oleico	<i>cis</i> -9-octadecenoico	18:1 $\Delta$ 9c (9c-18:1) (OA)	Todos los aceites y grasas, especialmente el aceite de oliva, el aceite de canola, los aceites de girasol y cártamo ricos en ácido oleico.
<i>cis</i> -Vaccénico	<i>cis</i> -11-octadecenoico	18:1 $\Delta$ 11c (11c-18:1)	La mayoría de aceites vegetales.
Gadoleico	<i>cis</i> -9-eicosenoico	20:1 $\Delta$ 9c (9c-20:1)	Aceites de origen marino.
Erúcico	<i>cis</i> -13-docosenoico	22:1 $\Delta$ 13c (13c-22:1)	Aceite de semilla de mostaza, aceite de canola rico en ácido erúcico.

Fuente: FAO (1997).

Entre los ácidos grasos poliinsaturados el más abundante es el ácido linoleico (18:2 n-6), encontrándose principalmente en aceite de semillas de girasol, maíz, cártamo, germen de trigo, semilla de uva y maní. En cuanto a los ácidos grasos de la serie

omega 3, el más importante es el ácido alfa - Linoleico (18:3 n-3), encontrándose en pequeñas cantidades, aunque desde el punto de vista nutricional, suficiente, se encuentra en los aceites de canola y soja (Mataix & Gil, 2004). A continuación se muestran los principales ácidos grasos poliinsaturados del orden n-6 y n-3.

**Tabla 10.** Ácidos grasos poliinsaturados comunes en grasas y aceites.

	Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura omega	Principales Fuentes
n-6	Ácido linoleico	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 - octadecadienoico	18:2n-6	La mayoría de aceites vegetales.
	Ácido $\gamma$ -linolénico	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 -octadecatrienoico	18:3n-6	Aceites de semillas de onagra, borraja y grosella negra.
	Ácido araquidónico	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14- eicosatetraenoico.	20:4n-6	Grasas animales, hígado, lípidos del huevo, pescado.
	Ácido docosatetraenoico	Ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16- docosatetraenoico.	22:4n-6	Componente en cantidad mínima de tejidos animales.
	Ácido docosapentaenoico	Ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16- docosapentaenoico.	25:5n-6	Componente en cantidad mínima de tejidos animales.
	Ácido $\alpha$ -linolénico	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12- <i>cis</i> -15 -octadecatrienoico.	18:3n-3	Aceites de lino, perilla, canola y soja.
n-3	Ácido estearidónico	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15- octadecatetraenoico.	18:4n-3	Aceites de pescado, aceite de soja modificado genéticamente, aceite de semilla de grosella negra y aceite de cáñamo
	Ácido eicosapentaenoico	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17- eicosapentaenoico.	20:5n-3	Pescado, especialmente el azul.

Fuente: FAO (1997).

Las grasas y los aceites se identifican por sus constantes químicas y físicas. Las constantes químicas más utilizadas son el índice de yodo y el índice de saponificación; las constantes físicas de mayor importancia la densidad relativa, el índice de refracción y el punto de fusión. De la misma forma, existen pruebas para evaluar la calidad de la grasa o aceite, dependiendo del grado de rancidez oxidativa como el índice de acidez y el índice de peróxidos (Herrera, Bolaños & Lutz, 2003).

El grado medio de insaturación de una grasa o mezcla de ácidos grasos es medido por el índice de yodo, expresado como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 g de muestra (NTC 283). Al ser el índice de yodo alto, indica un elevado grado de insaturación, por ende es utilizado para comprobar la pureza e identidad de los aceites (Herrera et al., 2003).

El índice de saponificación representa el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar 1 g de grasa (Gutiérrez, 2003). Es un dato específico de cada grasa y aceite natural, pues está relacionado con el peso molecular de los ácidos grasos presentes en dicha grasa y orienta sobre la proporción total de glicéridos en la muestra. El índice de saponificación es alto cuando el peso molecular del ácido graso es menor, ya que al ser de cadena corta, consumen más KOH al saponificarla.

La densidad de los ácidos grasos y glicéridos aumenta al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de insaturación. La densidad varía linealmente con la temperatura, disminuyendo aproximadamente  $0.00064 \text{ g.mL}^{-1}$  para un aumento de  $1^\circ\text{C}$ ; a más bajas temperaturas la variación es mayor (Bailey, 1984). La densidad relativa es la relación entre el peso específico del aceite y el peso específico del agua y se expresa a dimensional (sin unidades), ya que queda definida como el cociente de dos densidades.

El índice de refracción es un dato de gran interés en las grasas, pues existe una estrecha relación con el peso molecular medio y el grado de insaturación, además de

su fácil y rápida determinación (Bailey, 1984). Se define como la velocidad de la luz en el aire y su velocidad en el medio en cuestión (Herrera et al., 2003). El índice de refracción es un indicador de pureza, al ser característico dentro de ciertos límites para cada aceite (Gutiérrez, 2003).

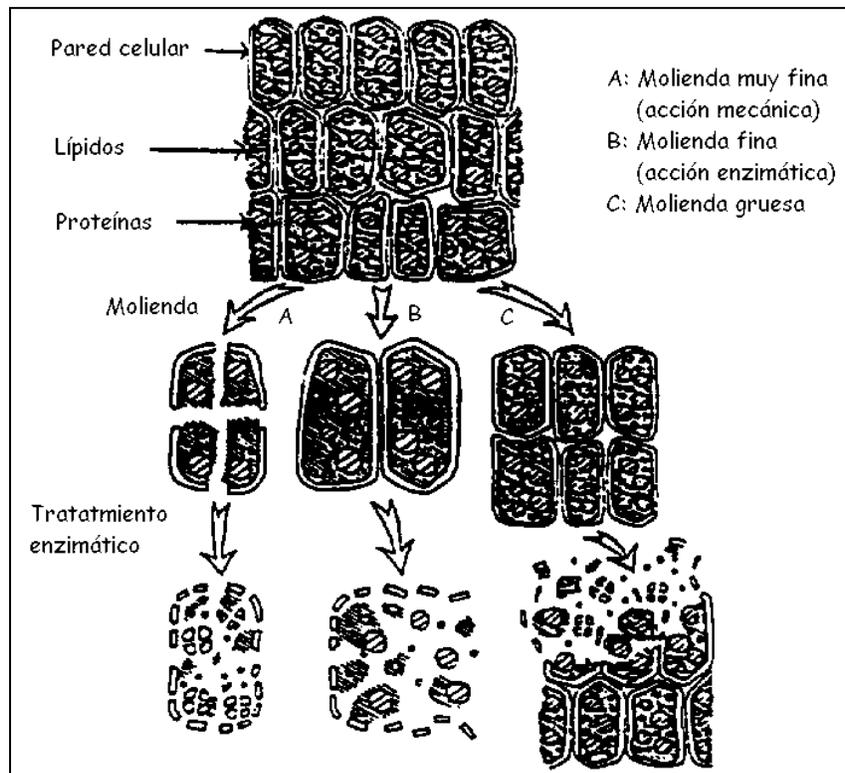
El índice de acidez se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 g de grasa (NTC 218). También se puede expresar la acidez de una grasa en forma de porcentaje de ácidos grasos libres, siendo el más común el ácido oleico, indicando el grado en que la hidrólisis ha liberado a los ácidos grasos en su enlace éster con la molécula de glicérido original (Bailey, 1984). Por consiguiente el índice de acidez también es conocido como el contenido de ácidos grasos libres (Free Fatty Acid en inglés) (Gutiérrez, 2003). Con el índice de acidez se puede determinar el grado de descomposición del aceite o de la grasa, ya sea por acción de las lipasas o por otra causa, en donde la luz y las temperaturas altas aceleran este proceso. (Herrera et al., 2003).

El contenido de oxígeno activo de una grasa es medido por el índice de peróxidos, considerándose un indicador de calidad del aceite; la oxidación es la reacción de deterioro más común en los aceites y su producto son los hidroperóxidos, conocidos como peróxidos, por lo tanto, metodológicamente este índice es expresado como la cantidad determinable de oxígeno activo contenida en 1 kg de muestra (ICONTEC NTC 236, 1998). El índice de peróxido de una grasa, en el punto de enranciamiento, tiende a aumentar, cuando aumenta la insaturación y su contenido de antioxidantes (Bailey, 1984).

**4.2.3 Técnicas de Extracción de Aceite.** El proceso de extracción de aceite a partir de semillas, depende del tipo y estructura de las mismas. Cuando presentan alto contenido de aceite (>20 % base seca) el proceso a utilizar es la aplicación de fuerza mecánica por prensado con el fin de romper las paredes celulares del material vegetal, obteniéndose el aceite crudo y la torta de prensado, la cual retiene aceite residual.

Con semillas que poseen bajo contenido graso (<20 % base seca), se emplea extracción con disolventes orgánicos como el hexano, presentando ventajas de ser operaciones simples con bajos costos de operación; sin embargo, los productos son relativamente de bajo valor y necesitan ser refinados; además estos procesos al involucrar la manipulación de grandes cantidades de solventes orgánicos, generan problemas de seguridad y contaminación ambiental (Grasso, 2013). Una buena alternativa es la utilización de pretratamientos enzimáticos, con el fin de facilitar la liberación del aceite, degradando las estructuras celulares. El papel de la mayoría de enzimas hidrolíticas como las celulasas, hemicelulasas y pectinasas es romper la estructura de las membranas celulares del cotiledón, haciendo la estructura más permeable; la eficiencia de este efecto depende del tamaño de la partícula (Figura 4). Las enzimas proteolíticas hidrolizan principalmente las proteínas de las membranas celulares y del citoplasma (Grasso, 2013).

**Figura 4.** Efecto de la molienda y del tratamiento enzimático sobre la estructura de las semillas.



Fuente: Christensen (1991).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DEL FRUTO.

**5.1.1** Recolección y Muestreo. El estudio realizado parte de 17 accesiones criollas y 3 accesiones comerciales de las cuales, 12 provienen del Banco de Germoplasma del C.I. Nataima de CORPOICA, 2 del Departamento de Cundinamarca, 3 del Tolima y 3 de Antioquia. En la Tabla 11 se encuentran los nombres de las accesiones evaluadas, el origen y su ubicación geográfica.

**Tabla 11.** Nombre y ubicación geográfica de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica L.*) caracterizadas.

ACCESIÓN	ORIGEN	Localización geográfica		
		Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
ICA 1837 (Filipino) (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Van Dyke (Comercial)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Lorito 1969 (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Bocao (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
ICA 1841 (Picuda) (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Edward (Comercial)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Chupa (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Pig 3736 (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Albania (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Rosa (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Manzano Vallenato (Criollo)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Kala Alphonso (Comercial)	B. G.- C.I Nataima <sup>1</sup>	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Lorito (Criollo)	Jerusalén (Cundinamarca)	4° 29'26''	74° 40'12''	467
Chanquete Rosado (Criollo)	Viotá (Cundinamarca)	4° 27'07''	74° 32'00''	664

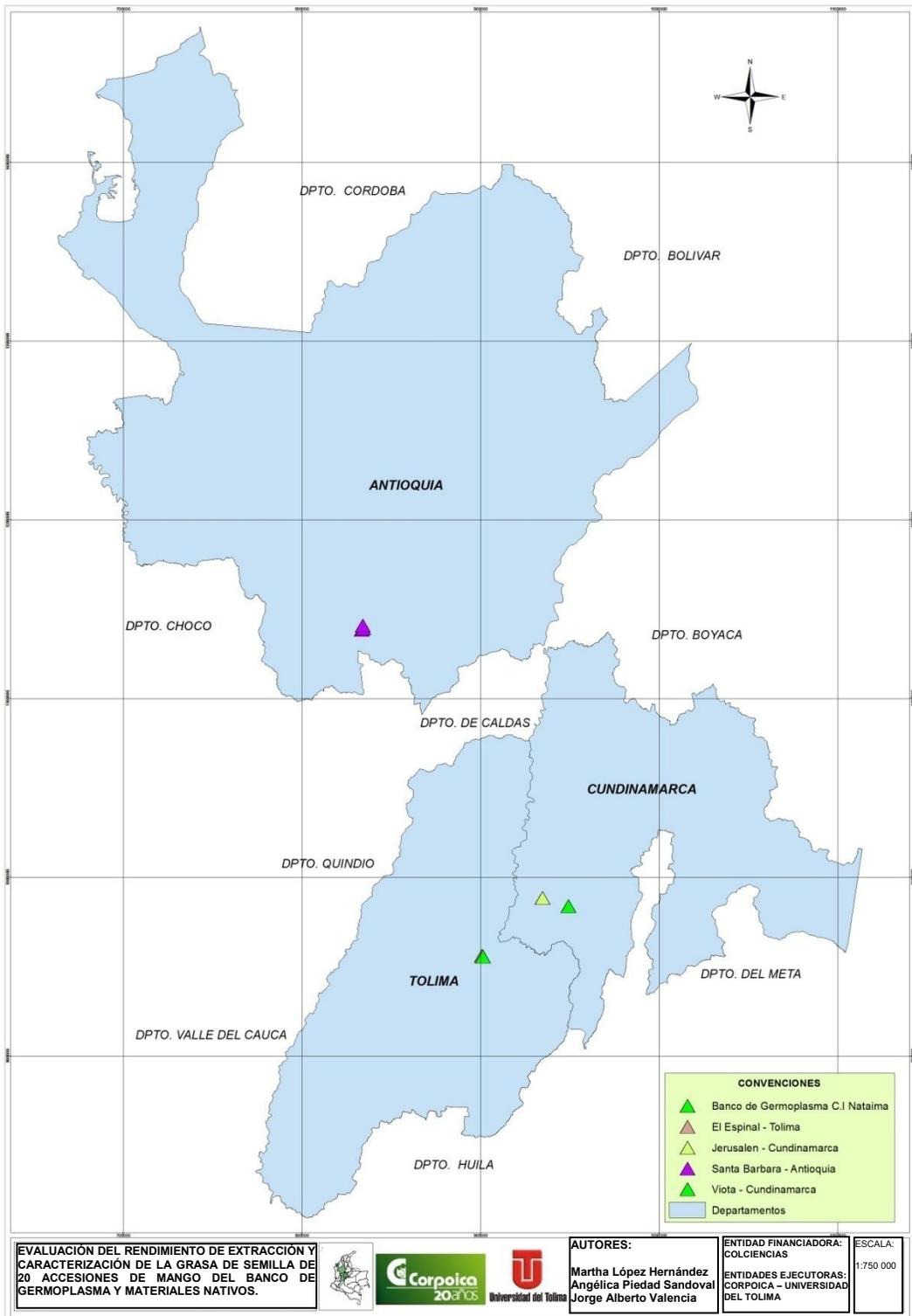
<b>Pajarito (Criollo)</b>	El Espinal (Tolima)	4° 11'51''	74° 58'09''	388
<b>Chanqueteo (Criollo)</b>	El Espinal (Tolima)	4° 11'51''	74° 58'09''	388
<b>Mariquiteño (Criollo)</b>	El Espinal (Tolima)	4° 11'51''	74° 58'09''	388
<b>HilAnt05 (Criollo)</b>	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 50'45''	75° 34'40''	1344
<b>HilAnt07 (Criollo)</b>	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 51'11''	75° 34'15''	1295
<b>HilAnt15 (Criollo)</b>	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 52'03''	75° 34'22''	1575

Fuentes: Sistema de Bancos de Germoplasma de CORPOICA y Autor.

<sup>1</sup>B.G.= Banco de germoplasma; C.I. = Centro de investigación.

En la Figura 5 se observa el mapa de ubicación de las muestras, las cuales se recolectaron desde el mes de Septiembre del 2012 hasta Enero de 2013.

**Figura 5.** Ubicación de accesiones de mango colectadas en el banco de germoplasma y departamentos: Tolima, Cundinamarca y Antioquia.



Fuente: Autor.

Se seleccionaron 20 frutos de cada accesión en etapa de madurez fisiológica, cuidando la uniformidad en el color, la forma y el tamaño, además de la ausencia de daños biológicos y mecánicos. El material vegetal fue llevado al laboratorio de ciencias agroalimentarias del C.I. Nataima de CORPOICA, en donde se lavó y desinfectó para los posteriores análisis.

**5.1.2 Caracterización Morfoagronómica.** Los frutos de mango se evaluaron a partir de 24 descriptores cuantitativos y 36 descriptores cualitativos (Tabla 12) (Anexo A), de acuerdo al protocolo establecido por el C.I. Nataima de CORPOICA, adaptado del Instituto Internacional de Recursos Genéticos (IPGRI) y los utilizados en la publicación sobre el comportamiento fenológico y caracterización de la colección de mango del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) de Venezuela (Avilán, Dorantes, Mireles, Rodríguez, Cumare, & Emalde, 2002).

**Tabla 12.** Descriptores morfoagronómicos evaluados en la caracterización de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

DESCRPTORES CUALITATIVOS	CODIGO	DESCRPTORES CUANTITATIVOS	CODIGO
Forma del fruto	FORM_FRUT	Longitud del fruto (cm).	LONG_FRUT
Tipos de daño del fruto	TIP_DAÑ_FRUT	Diámetro del fruto (cm).	DIA_FRUT
Forma base del fruto	FORM_BASE_ FRUT	Relación longitud (cm) / diámetro (cm).	REL_LONG_DIA
Inserción del fruto en el tallo	INS_FRUT_TALL	Grosor del Fruto (cm).	GROS_FRUT
Inserción del pedúnculo en fruto	INS_PED_FRUT	Peso del fruto (g).	PES_FRUT
Cantidad de látex que exuda el pedúnculo	CANT_LAT_ EXDA_PED	Grosor de cáscara (cm)	GROS_CASC
Cavidad peduncular	CAV_PED	Firmeza del fruto (kgf)	FIRM_FRUT
Forma del pico del fruto	FORM_PIC_ FRUT	Peso de cáscara (g)	PES_CASC
Hombro ventral	HOMB_VENT	Porcentaje de cáscara	PORC_CASC

		(%)	
Hombro dorsal	HOMB_DORS	Grosor de la pulpa (cm)	GROS_PULP
Posición de los hombros	POS_HOMB	Longitud de fibras en la pulpa (cm)	LONG_FIB_PULP
Seno	SENO	Peso de pulpa (g)	PES_PULP
Tipo de seno	T_SENO	Porcentaje de pulpa (%)	PORC_PULP
Forma de ápice	FORM_APIC	Peso endocarpo y semilla (g)	PES_ENDO_SEM
Prominencia del cuello	PROM_CUELL	Longitud del endocarpo (cm).	LONG_ENDO
Textura de la cáscara.	TEX_CASC	Diámetro del endocarpo (cm).	DIA_ENDO
Cerosidad de la cáscara	CER_CASC	Grosor del endocarpo (cm).	GROS_ENDO
Color de la cáscara en fruto	COL_FRUT	Peso endocarpo (g)	PES_ENDO
Color del rubor del fruto	RUB_FRUT	Porcentaje de endocarpo (%)	PORC_ENDO
Tamaño de las lenticelas	TAMA_LENTIC	Longitud de la Semilla (cm)	LONG_SEM
Densidad de lenticelas	DENS_LENTIC	Diámetro de la Semilla (cm)	DIA_SEM
Adherencia de la cáscara a la pulpa	ADHE_CASC_PULP	Grosor de la semilla (cm)	GROS_SEM
Aroma de la pulpa	AROM_PULP	Peso semilla (g)	PES_SEM
Color de la pulpa madura	COL_PULP	Porcentaje De Semilla (%)	PORC_SEM
Textura de la pulpa madura	TEX_PULP		
Jugosidad de la pulpa	JUGO_PULP		
Sabor de la pulpa	SAB_PULP		
Presencia de fibras en la pulpa	PRES_FIB		
Cantidad de fibra en la pulpa	CANT_FIB_PULP		
Adherencia de la fibra al	ADHE_FIB_ENDO		

endocarpo	
Textura de la fibra del endocarpo	TEX_FIB_ENDO
Patrón de venación del Endocarpo	PATR_VENA_EN DO
Tipo de venación del endocarpo	T_VENA_ENDO
Cantidad de fibras sobre el endocarpo	CANT_FIB_ENDO
Espacio ocupado por la semilla en el endocarpo.	ESP_OCUP_SEM _ENDO
Forma de la semilla	FORM_SEM
Tipo de embrión	T_EMB

Fuente: IPGRI (2006); Avilán et al. (2002).

## 5.2 OBTENCIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE MANGO.

Los frutos recolectados y seleccionados se despulparon de forma manual, cortándose el endocarpo por el hombro ventral con una tijera de podar, sacando la almendra con la mano.

Las semillas se secaron en un horno marca Gallenkamp, a  $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  con el objetivo de reducir el contenido de humedad a  $8.0\% \pm 0.2\%$ , posteriormente se molieron y tamizaron hasta alcanzar un tamaño de partícula aproximado de 2 mm. La harina obtenida es almacenada para su extracción. En la Figura 6 se evidencia el proceso anteriormente descrito.

**Figura 6.** Proceso de obtención de harina de mango (*Mangifera indica* L.).



Fuentes: Sistema Bancos de Germoplasma y Autor.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE SEMILLA DE MANGO.

Se seleccionó una muestra de harina de semilla de mango para la determinación de su composición bromatológica.

**5.3.1** Determinación de Proteínas. Prueba ejecutada por un Laboratorio certificado.

**5.3.2** Determinación de Fibra. Realizadas por un Laboratorio certificado.

**5.3.3** Determinación de Cenizas. Se pesan 2 g de muestra y se someten a una temperatura de 520 °C por 5 h o a peso constante en una mufla marca Thermolyne.

**5.3.4** Determinación de Grasa. La extracción por solvente se realizó de acuerdo a los protocolos establecidos por el laboratorio de ciencias agroalimentarias del C.I. Nataima de CORPOICA. Se pesan 50 g de harina, introduciendo la muestra en el dedal de extracción, utilizando 150 mL de éter de petróleo y se someten a recirculación por 8 h. Culminado el proceso de extracción, se evapora el éter dejando la muestra en calentamiento a 50 °C por 12 h obteniendo la grasa y almacenándola en frascos ámbar, bajo condiciones de refrigeración (10 °C) (Figura 7). El rendimiento de aceite es obtenido mediante la siguiente ecuación (Ec. 1.):

$$\frac{a - b}{m}$$

Dónde:

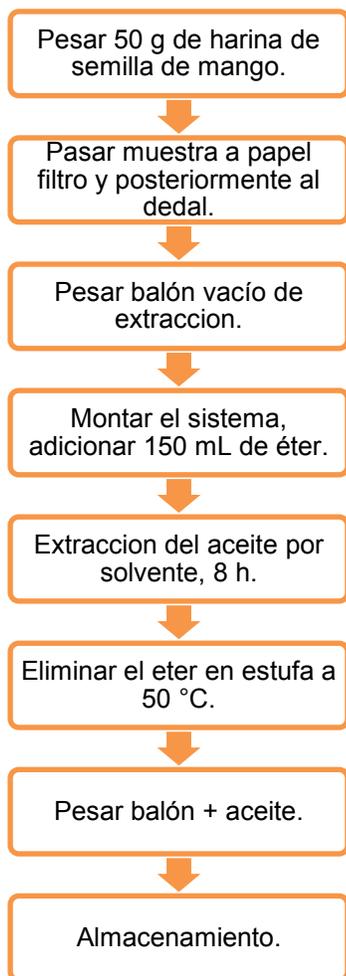
Ec. 1.

$a$ : Peso del balón más el aceite extraído.

$b$ : Peso del balón vacío.

$m$ : Peso de la muestra.

**Figura 7.** Proceso de obtención de aceite de semilla de mango.



Fuente: Sistema Bancos de Germoplasma y Autor.

#### **5.4 EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PRENSADO.**

**5.4.1 Selección de la Muestra.** Al ser el mango un cultivo transitorio se hace necesario la elección de una de las 20 accesiones caracterizadas, la cual fenológicamente se debe encontrar en fase de fructificación para contar con suficiente material al momento de la evaluación (Corredor & García, 2011).

**5.4.2 Adecuación de la Muestra.** La muestra experimental fue de 200 g de harina obtenida previamente como lo detalla el numeral 5.2, a la cual se adicionó agua destilada con el fin de aumentar la humedad a un valor aproximado de 40 %;

adicionalmente la harina se trata térmicamente a 100 °C por 20 min con el propósito de inactivar la actividad enzimática endógena (Collao et al., 2007).

**5.4.3 Extracción en Prensa.** Para la extracción de aceite en prensa se utilizó una prensa hidráulica automatizada con capacidad de generar una presión de 2960 psi (Figura 8).

**Figura 8.** Prensa hidráulica utilizada en el proceso.



Fuente: Autor.

La muestra de harina de semilla de mango pretratada se dispuso en tela filtrante y posteriormente en el cilindro extractor, someténdola lentamente a una presión de 2400 psi estandarizada por ensayos previos, y a la temperatura establecida. Se mantuvo la presión constante por 10 min. Terminado el tiempo de extracción se acciona la válvula que alivia la presión de la prensa hidráulica. La torta de prensado es sometida a un reprensado con la misma presión y el mismo tiempo, con el fin de determinar el

rendimiento total de extracción. La mezcla óleo-acuosa se recoge en un tubo de ensayo de 50 mL, pesado previamente, el cual es sometido a un proceso de centrifugación a 2310 rpm durante 30 min, para separar el aceite del agua. El aceite obtenido es almacenado en frascos ámbar, bajo condiciones de refrigeración (10 °C).

El rendimiento de extracción se obtiene mediante la siguiente ecuación (Ec. 2.):

—

Donde: Ec. 2.

RT: Rendimiento del proceso de extracción por prensado, %.

PE: Porcentaje de aceite extraído en prensa, %.

PC: Porcentaje de aceite contenido en la masa inicial, %.

En donde el porcentaje del aceite extraído en prensa se obtiene de la siguiente ecuación (Ec. 3.):

$\frac{P}{\text{—}}$

Donde: Ec. 3.

PE: Porcentaje de aceite extraído en prensa, %.

P: Peso del aceite, g.

PH: Peso de la harina de mango utilizada, g.

Y el porcentaje del aceite contenido en la masa inicial es igual a (Ec. 4.):

$\frac{P}{\text{—}}$

Donde: Ec. 4.

PC: Porcentaje de aceite contenido en la masa inicial, %.

**5.4.4** Diseño Experimental - Prensado. Los factores estudiados fueron la temperatura de prensado (30 °C – 50 °C) y adición de NaCl al 5 % (con – sin) (Tabla 13), estableciendo un diseño factorial 2<sup>2</sup> totalmente aleatorizado utilizando el programa Design Expert® 8.0.0. Cada tratamiento se realizó por duplicado como se muestra en la Tabla 13; después de cada adecuación de la harina se sigue lo descrito en el numeral 5.4.3 (extracción en prensa). La variable respuesta evaluada fue el rendimiento total del aceite obtenido.

**Tabla 13.** Factores estudiados para extracción de aceite con prensa hidráulica.

Factor	Niveles	
Temperatura (°C)	30	50
Adición de sal (NaCl)	Con	Sin

Fuente: Autor.

**Tabla 14.** Diseño de factorial 2<sup>2</sup> totalmente aleatorizado propuesto por Design Expert® para extracción de aceite con prensa hidráulica.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Adición de NaCl	Variable respuesta
1	30	con	Rendimiento total (% aceite)
2	30	sin	
3	50	sin	
4	50	con	
5	50	con	
6	30	sin	
7	50	sin	
8	30	con	

Fuente: Autor.

## 5.5 EFECTO DEL PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PENSADO.

El proceso de selección y adecuación de la muestra es el utilizado en el apartado 5.4.1 (selección de la muestra) y 5.4.2 (adecuación de la muestra).

**5.5.1 Selección de la Enzima.** El ensayo se realizó con dos enzimas comerciales de diferente actividad enzimática; la primera producida por Novozymes A/S, con nombre comercial Viscozyme® L. La segunda producida por DSM Food Specialties, con nombre comercial Rapidase® TF.

En la Tabla 15 se presentan las características de las enzimas estudiadas.

**Tabla 15.** Características de enzimas comerciales utilizadas en el pretratamiento enzimático.

Nombre	Viscozyme® L	Rapidase®TF
<b>Enzima Declarada</b>	Beta-glucanasa (endo- 1, 3 (4)-)	Pectinasa y hemicelulasa
<b>Actividad declarada</b>	100 FBG/g (FBG: unidades de beta-glucanasa)	100.000 AVJP/g (AVJP: activity viscosity juice apple)
<b>Actividades colaterales</b>	Xilasa Celulasa Hemicelulasa	
<b>Color</b>	Marrón	Marrón
<b>Forma física</b>	Líquido	Líquido
<b>Densidad aproximada</b>	1.2 g/mL	1.14 a 1.16 g/mL
<b>Estabilizantes</b>	Cloruro de sodio Sacarosa	
<b>Conservantes</b>	Sorbato de potasio	
<b>Organismo de producción</b>	<i>Aspergillus aceleatus.</i>	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Trichoderma reesei</i>

<b>Método de producción</b>	Producido mediante fermentación sumergida de un microorganismo. Se separa la proteína enzimática del organismo de producción y se purifica.
-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Casas comerciales.

**5.5.2** Selección de las Condiciones de Reacción. Las condiciones de operación están planteadas de acuerdo a las recomendaciones dadas por las casas comerciales que garantizan mayor actividad en las enzimas (Tabla 16).

**Tabla 16.** Recomendaciones de las casas comerciales para el uso de las enzimas.

Condiciones	Viscozyme <sup>®</sup> L	Rapidase <sup>®</sup> TF
<b>Temperatura ( °C)</b>	40 – 50	10 – 55
<b>pH</b>	3.3 – 5.5	3.0 – 5.5
<b>Dosificación</b>	0.2 – 1 kg/t	50 – 100 g/t
<b>Tiempo (h)</b>	1	1 a 2

Fuente: Casas comerciales.

Los valores de temperatura y pH manejados deben estar dentro de los rangos recomendados, pues las enzimas tienden a disminuir su actividad o inhibirse, afectando la calidad del producto final; Los demás factores como la dosificación y el tiempo se pueden modificar con un rango más amplio.

**5.5.3** Diseño Experimental – Pretratamiento Enzimático. Se trabajó un diseño de superficie de respuesta utilizando el programa Design Expert<sup>®</sup> 8.0.0 estudiando factores como: tipo de enzima (Viscozyme<sup>®</sup> L y Rapidase<sup>®</sup> TF), temperatura (30 °C y 50 °C) y tiempo de incubación (2 h y 6 h) (Tabla 17). La variable respuesta fue el rendimiento de la extracción del aceite de semilla de mango.

**Tabla 17.** Factores estudiados para el pretratamiento enzimático.

FACTORES		RANGO DE EVALUACIÓN	
<b>Categoricos</b>	Tipo de enzima	Viscozyme® L	Rapidase® TF
<b>Numéricos</b>	Temperatura ( °C)	30	50
	Tiempo (h)	2	6

Fuente: Autor.

Con estas condiciones, el programa propone 15 experimentos mostrados en la siguiente Tabla:

**Tabla 18.** Diseño de experimentos por respuesta de superficie mediante el programa Design Expert® para pretratamiento enzimático.

Tratamiento	Tipo de enzima	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Variable respuesta
1	Rapidase® TF	30	2	Rendimiento (%) aceite)
2	Viscozyme® L.	30	4	
3	Rapidase® TF	50	2	
4	Rapidase® TF	30	6	
5	Viscozyme® L.	40	6	
6	Viscozyme® L.	30	4	
7	Viscozyme® L.	50	6	
8	Rapidase® TF	40	4	
9	Viscozyme® L.	40	2	
10	Rapidase® TF	40	4	
11	Rapidase® TF	50	6	
12	Rapidase® TF	40	4	
13	Viscozyme® L.	50	2	
14	Viscozyme® L.	50	4	
15	Rapidase® TF	30	4	

Fuente: Autor.

**5.5.4 Incubación con Enzimas.** Con el diseño experimental planteado, el proceso de incubación con enzima se realizó sobre una plancha magnética con control de temperatura. Se utilizó un vaso de precipitado de 500 mL con 200 g de muestra

ajustando la humedad al 60 % aproximadamente con agua destilada; se ajustó el pH del medio a  $4.5 \pm 0.2$  con la adición de ácido cítrico al 1 %; la dosificación de la enzima fue del 1 %. Se manejó una agitación leve con una barra magnética de 3 cm de longitud. La mezcla es tratada con la preparación enzimática correspondiente, a la temperatura y tiempo de incubación definido para cada ensayo. La hidrólisis enzimática se compara con un control que incorpora agua en vez de catalizador.

Finalizado el proceso enzimático, la muestra es secada a 60 °C para fijar la humedad en 40 % para el prensado. Por último la enzima es inactivada por medio de congelamiento a -18 °C para verificar su eficacia.

**5.5.5 Extracción por Prensado.** Una vez pretratada enzimáticamente, se sigue el procedimiento descrito en el numeral 5.4.3 (extracción en prensa), exceptuando la temperatura de presión, que se fijó a 50 °C para realizar la descongelación de la muestra.

## **5.6 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO OBTENIDA.**

**5.6.1 Características Físicoquímicas.** Los parámetros físicoquímicos fueron medidos por triplicado a cada una de las variedades de mango, teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana.

- Densidad (NTC 336) (Anexo D).
- Índice de Refracción (NTC 289) (Anexo E).
- Índice de Yodo (NTC 283) (Anexo F).
- Índice de Saponificación (NTC 335) (Anexo G).
- Índice de Acidez (NTC 218) (Anexo H).
- Índice de Peróxidos (NTC 236) (Anexo I).

**5.6.2** Contenido de Compuestos Fenólicos Totales. El contenido de compuestos fenólicos totales de la grasa de mango se determinó por el método descrito por Singleton, Orthofer y Lamuela (1991) utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu con algunas modificaciones. Los resultados se expresan en miligramos equivalentes de ácido gálico por kilogramo de aceite (mg GAE/kg) (Anexo J).

**5.6.3** Perfil de Ácidos Grasos. El perfil de ácidos grasos para el aceite de las 20 accesiones estudiadas, fueron determinadas en un laboratorio certificado por el método de cromatografía de gases.

## **5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Los datos recolectados a partir de la caracterización morfoagronómica, se analizaron de acuerdo a los descriptores cuantitativos y cualitativos. Las variables cuantitativas se reportaron como la media de veinte determinaciones  $\pm$  error estándar, sometiéndolas a un análisis de varianza, por ANOVA simple y pruebas de comparación múltiple de LSD Fisher al nivel  $\alpha = 0.05$ ; Conjuntamente se realizó el análisis de correlación, mediante la matriz de Pearson, con el fin de detectar aquellos descriptores con correlación alta y significativa, suprimiendo uno de ellos. A partir de la matriz de correlación, se desprende el análisis de componentes principales (ACP), en donde se identificaron los descriptores que aportan el mayor porcentaje de variabilidad (>80 %). La dispersión de las poblaciones se graficó sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales. Las relaciones de similitud fueron determinadas por el análisis de conglomerados, con base en la distancia euclidiana como coeficiente de disimilitud; para la agrupación jerárquica se aplicó el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

Para las variables cualitativas se elaboró una tabla de frecuencias y con los atributos que presentaron variabilidad, se realizó un análisis de conglomerados, método que clasifica las accesiones en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. Se generó un dendrograma empleando la forma de

agrupamiento UPGMA y aplicando la distancia de Gower, usada para este tipo de variables.

Las demás determinaciones se analizaron individualmente, reportando la media de tres determinaciones  $\pm$  error estándar, sometiéndolas a un análisis de varianza por ANOVA simple y pruebas de comparación múltiple de LSD Fisher al nivel  $\alpha = 0.05$ .

Toda la información fue procesada utilizando el software estadístico InfoStat/Estudiantil<sup>®</sup> versión 2012e, excepto los resultados obtenidos del pretratamiento enzimático, los cuales se analizaron de acuerdo al modelo 2FI (Two Factor Interaction), por medio de varianza ANOVA, midiendo las diferencias estadísticamente significativas aceptables a un nivel del 95 % de confianza ( $p \leq 0.05$ ), procesando los resultados mediante el programa Design Expert<sup>®</sup> 8.0.0.

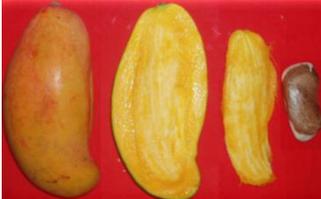
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DEL FRUTO.

La importancia de caracterizar un material vegetal, radica en el conocimiento de sus características físicas y químicas que la hacen diferente entre la misma especie. La especie estudiada, mango (*Mangifera indica L.*), posee una alta variabilidad genética, producida por la interacción con su ambiente, adaptando información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno (Franco e Hidalgo, 2003).

En la Figura 9 se muestran las diferencias en forma de fruto, color del fruto, forma del endocarpo y semilla de las accesiones estudiadas.

**Figura 9.** Forma del fruto de las 20 accesiones de mango evaluadas.

FRUTO	NOMBRE	FRUTO	NOMBRE
	ALBANIA		ICA 1841 (PICUDA)
	BOCAO		KALA ALPHONSO
	CHANCLETO		LORITO
	CHANCLETO ROSADO		LORITO 1969

	<b>CHUPA</b>		<b>MANZANO VALLENATO</b>
	<b>EDWARD</b>		<b>MARIQUITEÑO</b>
	<b>HilAnt05</b>		<b>PAJARITO</b>
	<b>HilAnt07</b>		<b>PIG 3736</b>
	<b>HilAnt15</b>		<b>ROSA</b>
	<b>ICA 1837 (FILIPINO)</b>		<b>VAN DYKE</b>

Fuente: Autor.

De acuerdo a la información recolectada, se obliga al análisis de los datos a partir de la caracterización morfoagronómica, por medio de herramientas estadísticas, que permitan el estudio de la variabilidad genética asociada con los descriptores propuestos para el presente estudio, con el fin de saber cómo se estructuran, cuáles están asociados y cuáles caracterizan en un mismo sentido o en sentido contrario.

**6.1.1 Variabilidad Genética por Descriptores Cuantitativos.** Los promedios y la significancia de ocho características cuantitativas principales se presentan en la Tabla 19. Entre las accesiones estudiadas se presentó diferencias altamente significativas ( $p > 0.05$ ), resaltando las variedades criollas ICA 1837 (Filipino) y Albania y variedades comerciales Edward y Van Dyke con alto porcentaje de pulpa representado en el grosor de pulpa y bajo porcentaje en semilla. Por el contrario las variedades criollas Rosa, Chupa y Chancleto Rosado presentaron la menor proporción en pulpa y Bocao, Pajarito y Pig 3736 un alto porcentaje de semilla (Anexo B).

**Tabla 19.** Media y significancia ( $p>0.05$ ) de ocho características cuantitativas principales de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

ACCESIÓN	PES_ CASC (g)	GROS_ PULP (cm)	DIA_ ENDO (cm)	PORC_ ENDO (%)	LONG _SEM (cm)	DIA_ SEM (cm)	GROS_ SEM (cm)	PORC_ SEM (%)
Albania	51.37 bc	1.79 b	4.53 a	4.33 g	5.49 fg	3.46 a	1.63 e	3.64 k
Bocao	19.31 k	0.63 jk	3.11 j	6.95 de	6.04 de	2.46 e	1.65 de	13.09 a
Chanclero	39.65 de	0.90 fg	3.54 g	6.71 e	5.97 e	2.88 cd	1.51 f	6.34 gh
Chanclero Rosado	34.49 fg	0.83 ghi	3.56 g	7.36 de	6.78 b	2.87 cd	1.65 de	7.73 e
Chupa	40.52 d	0.84 gh	3.40 h	7.04 de	6.35 cd	2.81 d	1.67 de	6.66 fg
Edward	52.26 b	1.59 c	3.87 def	4.04 g	6.56 bc	3.42 a	1.73 bcd	5.40 ij
HilAnt05	31.06 fgh	1.01 ef	3.87 de	6.77 de	5.73 ef	2.98 bc	1.80 ab	9.40 cd
HilAnt07	30.49 gh	1.02 ef	3.77 ef	6.91 de	5.77 ef	2.97 bc	1.73 bcd	8.67 d
HilAnt15	31.00 fgh	0.91 fg	3.89 de	7.46 cd	6.06 de	2.84 cd	1.81 ab	9.85 c
ICA 1837 (Filipino)	71.50 a	2.24 a	4.55 a	2.29 h	6.37 cd	3.44 a	1.62 e	3.04 k
ICA 1841 (Picuda)	42.01 d	1.33 d	3.91 d	4.09 g	5.31 gh	3.33 a	1.64 de	5.83 hi
Kala Alphonso	29.32 h	1.22 d	3.98 cd	5.75 f	5.13 h	3.04 b	1.69 cde	5.95 ghi
Lorito	40.29 d	0.71 ijk	4.06 c	9.68 a	5.72 ef	2.88 cd	1.81 b	7.30 ef
Lorito 1969	47.63 c	1.28 d	3.94 cd	8.15 bc	6.53 bc	2.99 bc	1.47 f	5.96 ghi
Manzano Vallenato	35.42 ef	1.07 e	3.74 f	2.15 h	5.24 gh	3.08 b	1.49 f	5.07 j
Mariquiteño	28.20 hi	0.94 fg	3.92 cd	7.01 de	4.53 i	2.79 d	1.49 f	5.40 ij
Pajarito	24.42 ij	0.60 k	3.24 i	8.45 b	7.22 a	2.54 e	1.77 abc	13.60 a
Pig 3736	20.14 jk	1.07 e	3.20 ij	7.01 de	5.51 fg	2.79 d	1.85 a	10.71 b
Rosa	18.91 k	0.73 hij	2.85 k	9.51 a	5.33 gh	2.42 e	1.52 f	9.34 cd
Van Dyke	49.60 bc	1.51 c	4.25 b	4.11 g	5.80 ef	3.39 a	1.69 cde	5.38 ij
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	20.08	17.85	5.83	18.35	9.7	8.29	9.33	16.8
<b>DMS</b>	4.6	0.12	0.13	0.71	0.35	0.15	0.09	0.75

Fuente: Autor.

n = 20; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ ).

**6.1.1.1** Análisis de correlación. A partir de la matriz de correlación de Pearson (Anexo K) se logró suprimir una variable de cada par, en aquellas variables que presentaron índices de correlaciones altas ( $\geq 0.80$ ) y probabilidad  $P \leq 0.0001$ .

De esta forma la correlación más importante correspondió al peso de pulpa con peso del fruto ( $r = 1$ ), seguida de grosor del fruto con diámetro del fruto ( $r = 0.97$ ), estas variables, en su orden, están correlacionados con peso del fruto ( $r = 0.92$  y  $r = 0.92$ ), peso de cáscara ( $r = 0.82$  y  $r = 0.83$ ), grosor de la pulpa ( $r = 0.84$  y  $r = 0.83$ ), peso de la pulpa ( $r = 0.91$  y  $r = 0.92$ ) y diámetro del endocarpo ( $r = 0.81$  y  $r = 0.82$ ), además se presentó correlación entre peso de cáscara con peso del fruto ( $r = 0.89$ ), grosor de la pulpa con peso del fruto ( $r = 0.82$ ), porcentaje de pulpa con diámetro del fruto ( $r = 0.82$ ). El peso de la pulpa se correlacionó con peso de la cáscara ( $r = 0.85$ ), grosor de la pulpa ( $r = 0.84$ ) y porcentaje de la pulpa ( $r = 0.84$ ).

Las asociaciones que involucran el endocarpo son peso del endocarpo con peso del endocarpo y semilla ( $r = 0.83$ ), longitud del endocarpo con longitud del fruto ( $r = 0.92$ ); por último se encuentran las correlaciones negativas, donde el porcentaje de pulpa se correlaciona con el porcentaje de endocarpo y el porcentaje de semilla ( $r = -0.85$  y  $r = -0.81$ ), indicando que a medida que incrementa el porcentaje de semilla y endocarpo, el porcentaje de pulpa disminuye.

El anterior análisis permitió suprimir siete de los veinticuatro descriptores cuantitativos iniciales, gracias a la elevada correlación presentada, dando lugar al ACP utilizando diecisiete descriptores cuantitativos.

**6.1.1.2** Análisis de componentes principales (ACP). Los valores propios y la varianza total explicada para cada uno de los componentes principales se muestran en la Tabla 20. Este análisis permitió establecer tres factores que explican el 72 % de la varianza total, indicando que la dimensión del problema se puede reducir a tres componentes con baja pérdida de información (28 %).

**Tabla 20.** Valores propios y varianza explicada en ACP en la caracterización de mango (*Mangifera indica* L.).

Lambda	Valor Propio	Proporción	Proporción Acumulada
1	6.19	0.36	0.36
2	3.8	0.22	0.59
3	2.31	0.14	<b>0.72</b>
4	1.55	0.09	0.81
5	1.22	0.07	0.89
6	0.82	0.05	0.93
7	0.43	0.03	0.96
8	0.3	0.02	0.98
9	0.13	0.01	0.99
10	0.09	0.01	0.99
11	0.07	4.10E-03	0.99
12	0.05	3.10E-03	1
13	0.02	1.20E-03	1
14	0.01	6.10E-04	1
15	4.70E-03	2.80E-04	1
16	2.50E-03	1.50E-04	1
17	6.90E-04	4.00E-05	1

Fuente: Autor.

El primer componente principal explica el 36 % de la varianza total, correlacionando principalmente las variables concernientes a dimensiones y porcentajes de pulpa, cáscara, endocarpo y semilla, estas son: grosor de la pulpa (0.92), peso de la cáscara (0.89), diámetro del endocarpo (0.85), porcentaje del endocarpo (0.83), diámetro de la semilla (0.94) y porcentaje de semilla (0.90). El segundo componente principal explica el 22 % de la variabilidad, y está conformado básicamente por dos características de la semilla como longitud de semilla (0.87) y peso de semilla (0.80). Por último el tercer componente principal explica el 14 % de la variabilidad y especialmente está compuesto por el grosor de la semilla (0.85) (Tabla 21).

Cabe resaltar que los tres componentes principales se centran en las diferencias encontradas en la semilla y el endocarpo, principal características de diferenciación de las 20 accesiones estudiadas.

**Tabla 21.** Correlación entre las variables originales y los tres primeros componentes principales en la caracterización de mango (*Mangifera indica* L.) para las variables cuantitativas.

VARIABLES	CP 1	CP 2	CP 3
LONG_FRUT (cm)	0.35	0.73	-0.49
REL_LONG_DIA (cm)	-0.53	0.59	-0.52
GROS_CASC (cm)	0.22	-0.01	-0.24
FIRM_FRUT (kgf)	-0.21	0.51	-0.05
PES_CASC (g)	<b>0.89</b>	0.36	-0.04
PORC_CASC (%)	-0.76	0.08	-0.09
GROS_PULP (cm)	<b>0.92</b>	0.03	0.15
LONG_FIB_PULP (cm)	4.20E-03	0.7	-0.13
PES_ENDO (g)	0.23	0.61	-0.15
GROS_ENDO (cm)	-0.46	0.37	0.78
DIA_ENDO (cm)	<b>0.85</b>	0.08	0.24
PORC_ENDO (%)	<b>-0.83</b>	0.16	-0.09
LONG_SEM (cm)	-0.12	<b>0.87</b>	-0.04
DIA_SEM (cm)	<b>0.94</b>	0.1	0.25
GROS_SEM (cm)	-0.28	0.31	<b>0.85</b>
PES_SEM (g)	0.2	<b>0.8</b>	0.4
PORC_SEM (%)	<b>-0.9</b>	0.11	0.22

Fuente: Autor.

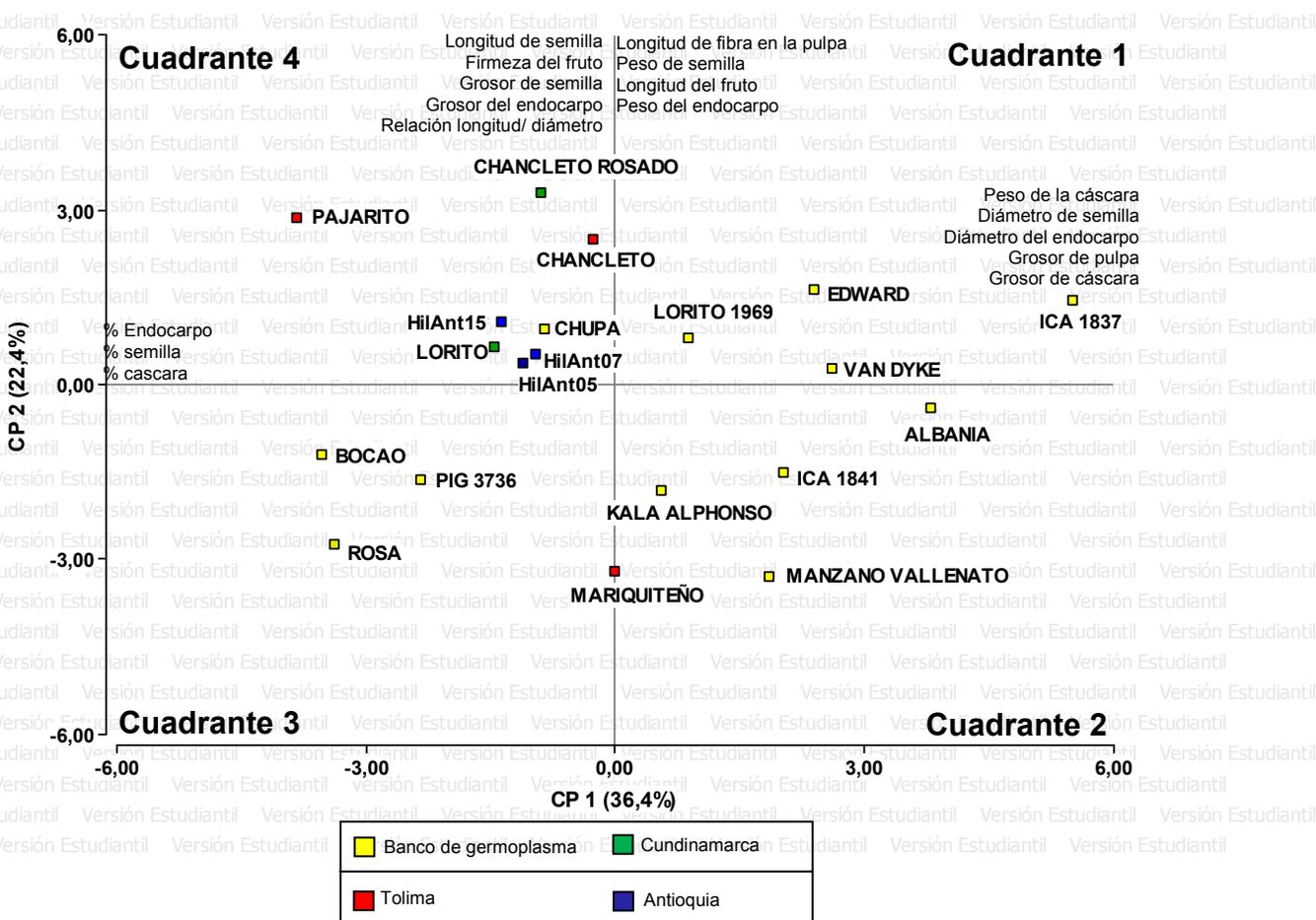
La distribución espacial de las poblaciones, con base en los dos primeros componentes principales se observa en la Figura 10.

Los grupos formados en cada cuadrante, estuvieron definidos por características de dimensiones y porcentajes. Desde esta perspectiva, las accesiones con dimensiones grandes, alto porcentaje de pulpa y bajos rendimientos en desechos como cáscara,

endocarpo y semilla se ubican en el cuadrante 1 y 2, mientras que las accesiones pequeñas con alto porcentaje en desechos en los cuadrantes 3 y 4.

Asimismo, la distribución espacial, muestra que el lugar de recolección de las accesiones influyó, en cierta manera, en la agrupación con los CP, como es el caso de las recolectadas en Antioquia (HilAnt05, HilAnt07 e HilAnt15) y Cundinamarca (Lorito y Chancleto rosado); con respecto a las recolectada en el Tolima se observa que dos de ellas (Pajarito y Chancleto) se encuentran en el cuadrante 4, mientras que Mariquiteño se encuentra en la intersección del cuadrante 2 y 3, indicando que dicha variedad, muestra características en un plano intermedio de acuerdo a su tamaño y rendimientos. Con las accesiones recolectadas en el banco de germoplasma, se evidencia bastante dispersión, ya que son accesiones con orígenes distintos, sembradas en este lugar para la conformación del mismo, con criterios de conservación ex situ (Valencia et al., 2010).

**Figura 10.** Dispersión de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.), con base en los dos primeros componentes principales de 17 descriptores cuantitativos.



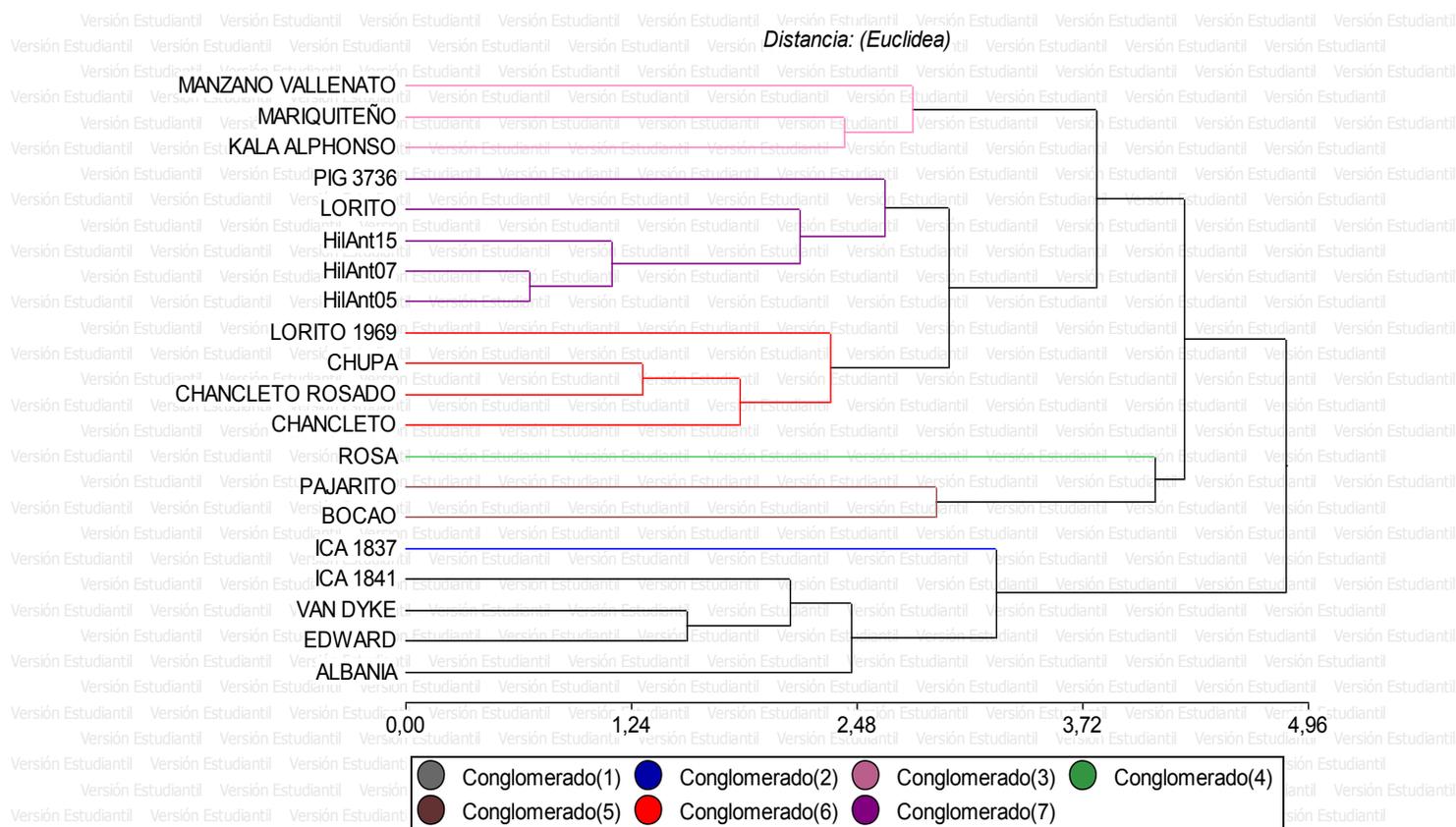
Fuente: Autor.

Con el ACP se detectaron aquellos descriptores que más aportan a la variabilidad de los datos, y con los cuales se procede a realizar el análisis de conglomerados.

**6.1.1.3 Análisis de conglomerados.** El análisis de conglomerados (Figura 11), fue elaborado con la distancia euclidiana, formando siete grupos o conglomerados con alto grado de similitud entre las accesiones, mostrando concordancia con el ACP. El conglomerado uno está formado por dos variedades criollas: ICA 1841 (Picuda) y Albania y dos variedades comerciales: Edward y Van Dyke, agrupadas por poseer un alto peso en cáscara (36 g - 52 g) y bajo porcentaje de endocarpo (4 %) y semilla (3 %

-5 %), variables de interés para el mercado en fresco. La variedad criolla, ICA 1837 (Filipino), es la que conforma el conglomerado 2, con características bastante particulares, al poseer los más altos valores en cuanto a dimensiones y pesos, exceptuando el porcentaje de semilla bajo (3 %). El conglomerado 3, compuesto por una variedad comercial, Kala Alphonso y dos criollas, Mariquiteño y Manzano Vallenato, compartiendo características en semilla como la longitud (4 cm -5 cm) y su peso (11 g -15 g). Rosa, es la variedad que forma el conglomerado 4, con longitud y peso de semilla bajos, y porcentaje de semilla medio (9 %). El conglomerado 5 lo agrupan Bocao y Pajarito, que poseen el más alto porcentaje en semilla (>13 %). En el conglomerado 6 se encuentran las variedades Chancleto, Chancleto Rosado, Chupa y Lorito 1969, con diámetro de endocarpo medio (3 cm - 4 cm) y diámetro de semilla bajos ( $\pm 2$  cm). Por último el conglomerado 7, con HilAnt05, HilAnt07, HilAnt15, Lorito y Pig 3736, caracterizadas por contener semillas con longitud media (5 cm - 6 cm) y diámetro menor.

**Figura 11.** Dendrograma a partir de características cuantitativas obtenido por el método UPGMA, para 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).



Fuente: Autor.

**6.1.2 Variabilidad Genética por Descriptores Cualitativos.** Algunas características cualitativas se destacaron por ser comunes en la mayoría de las accesiones evaluadas (Anexo C), con algunas excepciones, por ejemplo, las variedades Lorito 1969 y Pajarito fueron las únicas que presentaron una poca prominencia del cuello, en las demás fue ausente; solo ICA 1837 (Filipino) presentó color del fruto verde, las demás contaban con un color amarillo, variando el color de su base; las variedades Albania y Chancleto Rosado fueron las únicas en poseer textura de pulpa intermedio, el resto de accesiones se calificaron como suave; en cuanto a la adherencia de fibra en el endocarpo, Manzano Vallenato se caracterizó por tenerla intermedia, ICA 1837 (Filipino) débil y las demás fuerte; el endocarpo de Bocao, Chancleto Rosado y Chupa posee patrón de venación paralelo, en las demás se encuentra bifurcado.

El espacio ocupado por la semilla en el endocarpo, ICA 1837 (Filipino) fue la única con el 51 % - 75 %, las demás presentaron un rango de 76 % - 100 %; Chupa fue la única variedad con semilla de forma oblonga, las demás presentaron semilla reniforme; por último las variedades Edward, Lorito 1969 y Van Dyke tuvieron una semilla monoembriónicas, las demás presentaron semillas poliembriónicas.

Las características cualitativas comunes en las accesiones evaluadas fueron: posición de hombros ventral más alto que el dorsal, presencia de seno, textura de cáscara lisa, tamaño de lenticelas pequeñas, densidad de lenticelas numerosas y presencia de fibra en la pulpa.

Las frecuencias en los restantes descriptores cualitativos presentaron mayor variación entre las accesiones (Tabla 22).

En cuanto a la forma del fruto, se encontró bastante dispersión, distribuyéndose el 45 % de las accesiones entre las formas oblongo reniforme (15 %), oblongo oval (15 %) y alargado (15 %).

El 50 % de las accesiones presentaron forma de la base del fruto ovalada (25 %) y ligeramente aplanada (25 %). El 70 % presentó inserción del fruto en el tallo oblicua el resto vertical. El 40 % mostró cavidad peduncular superficial, el 35 % no la presentó. El 50 % de las accesiones presentaron un pico perceptible y el 40 % ligeramente prominente. El 80 % mostró hombro ventral redondeado (40 %) y finalizado en curva (40 %).

En cuanto al hombro dorsal estuvo distribuido el 50 % en curva larga y el 50 % en caída. El 80 % evidencio un ápice poco profundo, el resto profundo. En la forma del ápice el 70 % presentó una forma redondeada. El 65 % de las accesiones tuvieron un color rojo en su base, el resto amarillo (30 %) y naranja (5 %).

**Tabla 22.** Frecuencias de 21 descriptores cualitativos de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

Descriptor	Característica	FA <sup>1</sup>	FR <sup>2</sup>	Descriptor	Característica	FA <sup>1</sup>	FR <sup>2</sup>
<b>FORM_FRUT</b>	Oblongo	2	10	<b>HOMB_DORS</b>	Curva larga	10	50
	Oblongo oblicuo	1	5		Caída	10	50
	Oblongo reniforme	3	15	<b>T_SENO</b>	Poco profundo	16	80
	Oblongo oval	3	15		Profundo	4	20
	Elíptico	1	5	<b>FORM_APIC</b>	Puntiagudo	4	20
	Ovoide oblicuo	2	10		Redondeado	14	70
	Ovoide oblongo	1	5		Muy redondeado	2	10
	Oblicuo con espalda ventral redondeada	2	10	<b>RUB_FRUT</b>	Naranja	1	5
	Redondeado oblicuo	1	5		Rojo	13	65
	Cordiforme	1	5		Amarillo	6	30
<b>FORM_BASE_FRUT</b>	Alargado	3	15	<b>ADHE_CASC_PULP</b>	Débil	6	30
	Aplanada	7	35		Intermedio	10	50
	Redondeada	3	15		Fuerte	4	20
	Ovalada	5	25	Leve	12	60	
<b>INS_FRUT_TALL</b>	Ligeramente aplanada	5	25	<b>AROM_PULP</b>	Intermedio	8	40
	Oblicua	14	70	<b>COL_PULP</b>	Amarillo oro	2	10
Vertical	6	30	Amarillo naranja		15	75	
<b>INS_PED_FRUT</b>	Débil	10	50		Naranja	2	10
	Intermedio	10	50		Amarillo	1	5
<b>CANT_LAT_EXDAPED</b>	Bajo	2	10	<b>JUGO_PULP</b>	Poco jugosa	11	55
	Medio	11	55		Jugosa	9	45
	Alto	7	35	<b>SAB_PULP</b>	Leve	6	30
<b>CAV_PED</b>	Ausente	7	35		Intermedio	12	60
	Superficial	8	40		Fuerte	2	10
	Media	4	20	Bajo	1	5	
	Profunda	1	5	Intermedio	8	40	
<b>FORM_PIC_FRUT</b>	Ausente	1	5	<b>CANT_FIB_PULP</b>	Alto	11	55
	Perceptible	10	50		Suave	15	75
	Ligeramente prominente	8	40	<b>TEX_FIB_ENDO</b>	Coriase	5	25
	Mamiforme	1	5		Nivel con la superficie	3	15
<b>HOMB_VENT</b>	Abruptamente inclinado	4	20	<b>T_VENA_ENDO</b>	Deprimida	13	65
	Finaliza en curva	8	40		Elevada	4	20
	Redondeado	8	40		Intermedio	8	40
				<b>CANT_FIB_ENDO</b>	Alto	12	60

Fuente: Autor.

<sup>1</sup> FA = Frecuencia absoluta; <sup>2</sup> FR: Frecuencia relativa.

Con los descriptores que presentaron mayor variabilidad expresados en la Tabla 22, fue realizado el dendrograma de la Figura 12, mostrando relación y diferencia entre accesiones.

El conglomerado 1 está conformado por ICA 1841 (Picuda) y Albania, teniendo en común, forma de base aplanada, hombro ventral redondeado, hombro dorsal en caída, pulpa muy jugosa y cantidad de fibra en la pulpa y en el endocarpo intermedio.

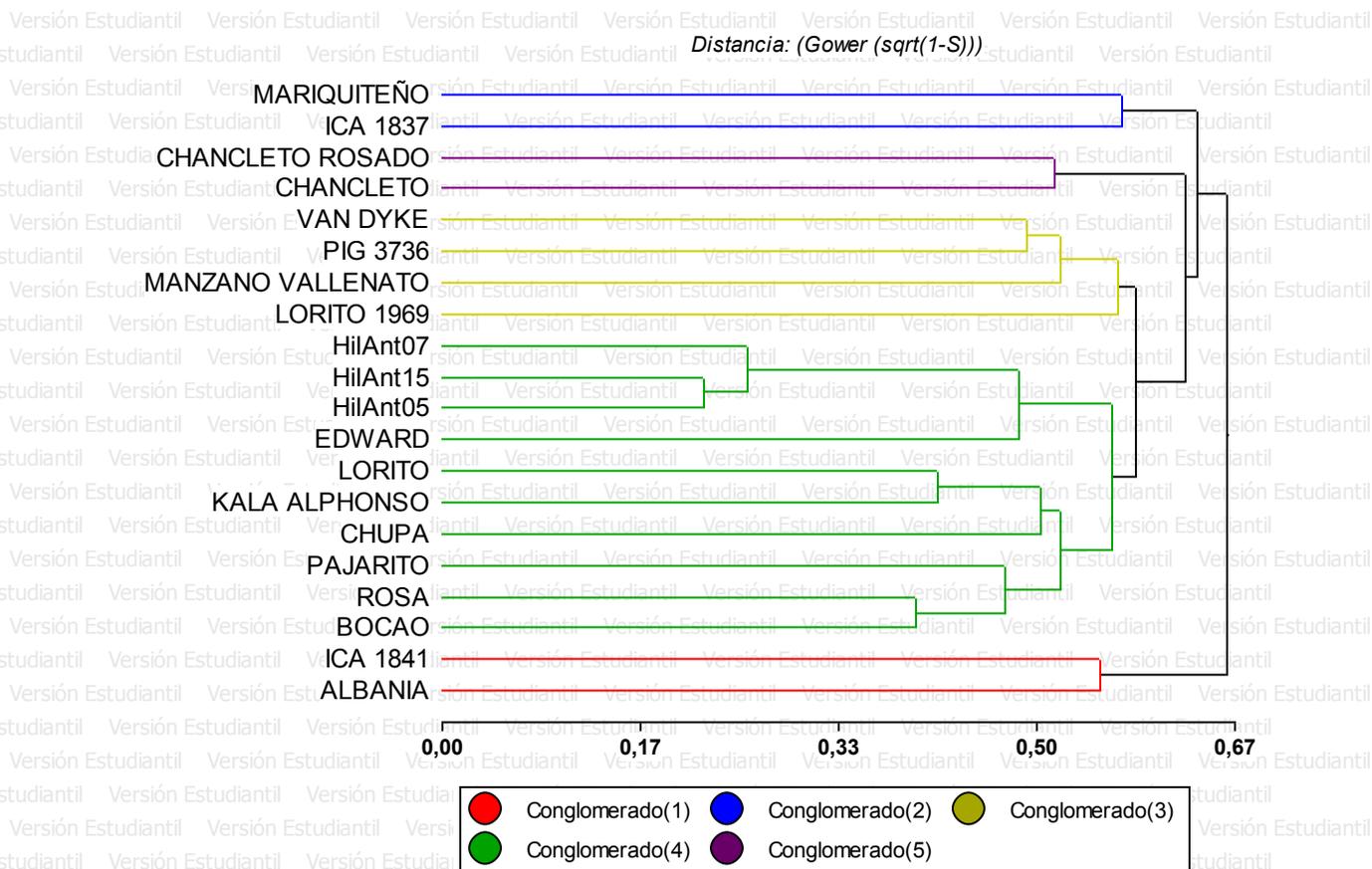
ICA 1841 (Filipino) y Mariquiteño forma el conglomerado 2 compartiendo base ligeramente aplanada, hombro ventral redondeado, hombro dorsal en caída, seno poco profundo, ápice puntiagudo, color del fruto totalmente amarillo, sin coloración en su base y pulpa con jugosidad intermedia.

El conglomerado 3 lo forman Lorito 1969, Manzano Vallenato, Pig 3736 y Van Dyke, agrupadas por poseer cavidad peduncular superficial, tipo de seno poco profundo, forma del ápice redondeado, cantidad de fibra en la pulpa intermedia, y posee color rojo característico en su base.

El conglomerado 4 lo conforma el 50 % de las accesiones estudiadas, con formas del fruto oblongo oval, oblongo reniforme, ovoide oblicuo y alargado, hombro dorsal en caída y en curva larga, en cuanto al endocarpo poseen alta cantidad de fibra y tipo de venación deprimida.

Por último el conglomerado 5 con Chancleto y Chancleto Rosado, el cual es el más uniforme, al poseer forma del fruto alargado, forma de base ovalada, cavidad peduncular ausente, hombro ventral abruptamente inclinado y hombro dorsal en curva larga, además de forma del ápice redondeado.

**Figura 12.** Dendrograma a partir de características cualitativas obtenido por el método UPGMA, para 20 accesiones de mango (*Mangifera Indica L.*).



Fuente: Autor.

A partir de la descripción detallada de las variedades estudiadas, se fundamenta el estudio del rendimiento de los contenidos grasos presentes en cada una de sus semillas, demostrando que a pesar de pertenecer a una misma especie, se generan variaciones dependiendo del entorno en donde se encuentran.

## 6.2 CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE SEMILLA DE MANGO.

Los resultados obtenidos en la caracterización bromatológica de la semilla de mango de las 20 accesiones estudiadas, se presentan en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Composición química proximal de semilla de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.) (g/100 g base seca).

Accesión	Proteína (%) <sup>1</sup>	Fibra Bruta (%) <sup>1</sup>	Cenizas (%) <sup>1</sup>	Grasa (%) <sup>1</sup>
Albania	6.5 ± 0.07 b	3.2 ± 0.12 hi	3.90 ± 0.09 a	8.73 ± 0.24 cd
Bocao	5.1 ± 0.06 fgh	2.9 ± 0.09 jk	2.73 ± 0.01 bc	9.31 ± 0.37 bc
Chanqueteo	4.7 ± 0.09 i	6.1 ± 0.12 a	2.57 ± 0.15 bc	6.73 ± 0.66 g
Chanqueteo Rosado	5.4 ± 0.23 e	4.0 ± 0.07 cd	2.39 ± 0.25 de	8.81 ± 0.55 bc
Chupa	6.2 ± 0.09 c	2.6 ± 0.10 l	2.81 ± 0.28 bc	8.25 ± 0.24 de
Edward	5.7 ± 0.03 d	3.1 ± 0.25 ij	3.35 ± 0.12 ab	8.69 ± 0.38 cd
HilAnt05	4.3 ± 0.09 j	4.6 ± 0.12 b	2.67 ± 0.37 bc	7.83 ± 1.15 de
HilAnt07	4.9 ± 0.09 ghi	3.7 ± 0.09 fg	2.12 ± 0.04 f	9.08 ± 0.55 bc
HilAnt15	4.9 ± 0.09 hi	3.9 ± 0.03 de	2.31 ± 0.08 de	8.82 ± 0.39 bc
ICA 1837 (Filipino)	5.23 ± 0.09 ef	3.1 ± 0.07 ij	3.02 ± 0.06 bc	8.67 ± 0.14 cd
ICA 1841 (Picuda)	4.8 ± 0.03 i	3.5 ± 0.12 gh	2.54 ± 0.02 cd	8.40 ± 0.31 cd
Kala Alphonso	6.8 ± 0.09 a	3.0 ± 0.03 ij	3.08 ± 0.05 bc	9.34 ± 0.37 bc
Lorito	5.3 ± 0.06 ef	6.0 ± 0.15 a	3.26 ± 0.12 ab	7.69 ± 0.54 ef
Lorito 1969	5.8 ± 0.07 d	2.7 ± 0.10 kl	2.98 ± 0.13 bc	8.47 ± 0.67 cd
Manzano Vallenato	5.2 ± 0.12 efg	3.8 ± 0.09 ef	3.24 ± 0.44 ab	11.34 ± 0.19 a
Mariquiteño	5.9 ± 0.15 d	3.9 ± 0.09 ef	3.27 ± 0.19 ab	9.99 ± 0.37 b
Pajarito	4.9 ± 0.09 hi	4.2 ± 0.09 cd	2.81 ± 0.54 bc	8.85 ± 0.45 bc
Pig 3736	5.2 ± 0.09 ef	4.3 ± 0.03 c	2.96 ± 0.46 bc	8.04 ± 0.16 de
Rosa	6.9 ± 0.09 a	2.7 ± 0.12 kl	3.29 ± 0.61 ab	11.8 ± 0.21 a
Van Dyke	5.7 ± 0.06 d	3.2 ± 0.07 hi	2.18 ± 0.12 ef	7.35 ± 0.44 fg
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	2.61	5.00	12.69	10.12
<b>DMS</b>	0.23627	0.30872	0.7879	1.1207

Fuente: Autor.

<sup>1</sup>n = 3 ± Error estándar; Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05).

El porcentaje de proteínas de la harina de mango mostró valores inferiores al reportado por Fowomola (2010) (10.06 %), quien realizó un estudio detallado sobre los

aminoácidos presentes, encontrando que la semilla de mango posee todos los aminoácidos esenciales, siendo el limitante la lisina. Con lo anterior se demuestra que la proteína contenida en la semilla de mango es de alta calidad, superando en cantidad a la proteína presente en la yuca (2.8 %) (Buitrago, Gil & Ospina, 2001), e igualando la presente en el Arroz (6.3 % - 7.1 %) (Juliano, 1994), siendo el principal alimento consumido en Colombia (Heredia et al., 2007).

En cuanto a los contenidos de fibra, se observan unos valores en el intervalo de 2.6 % a 6.1 %, aunque es algo amplio, autores como Changso (2008) (3.96 %), Portillo, Basilio, Arana, Contreras, Bojórquez, Estrada,... Dávila. (2012) (3.39 %) y Moreno (1999) (3.12 %) han reportado composiciones similares. Comparando los valores encontrados con un alimento concentrado para animales monogástricos (3 %), se llega a la conclusión que la harina de semilla de mango posee un importante potencial para su utilización en alimentos premezclados. Bolivar y Carrillo (1989) realizaron un ensayo biológico en pollos de engorde, raza Hubbard incorporando harina de semilla de mango variedad Bocao, evidenciando su uso potencial en la elaboración de alimentos para animales de corral.

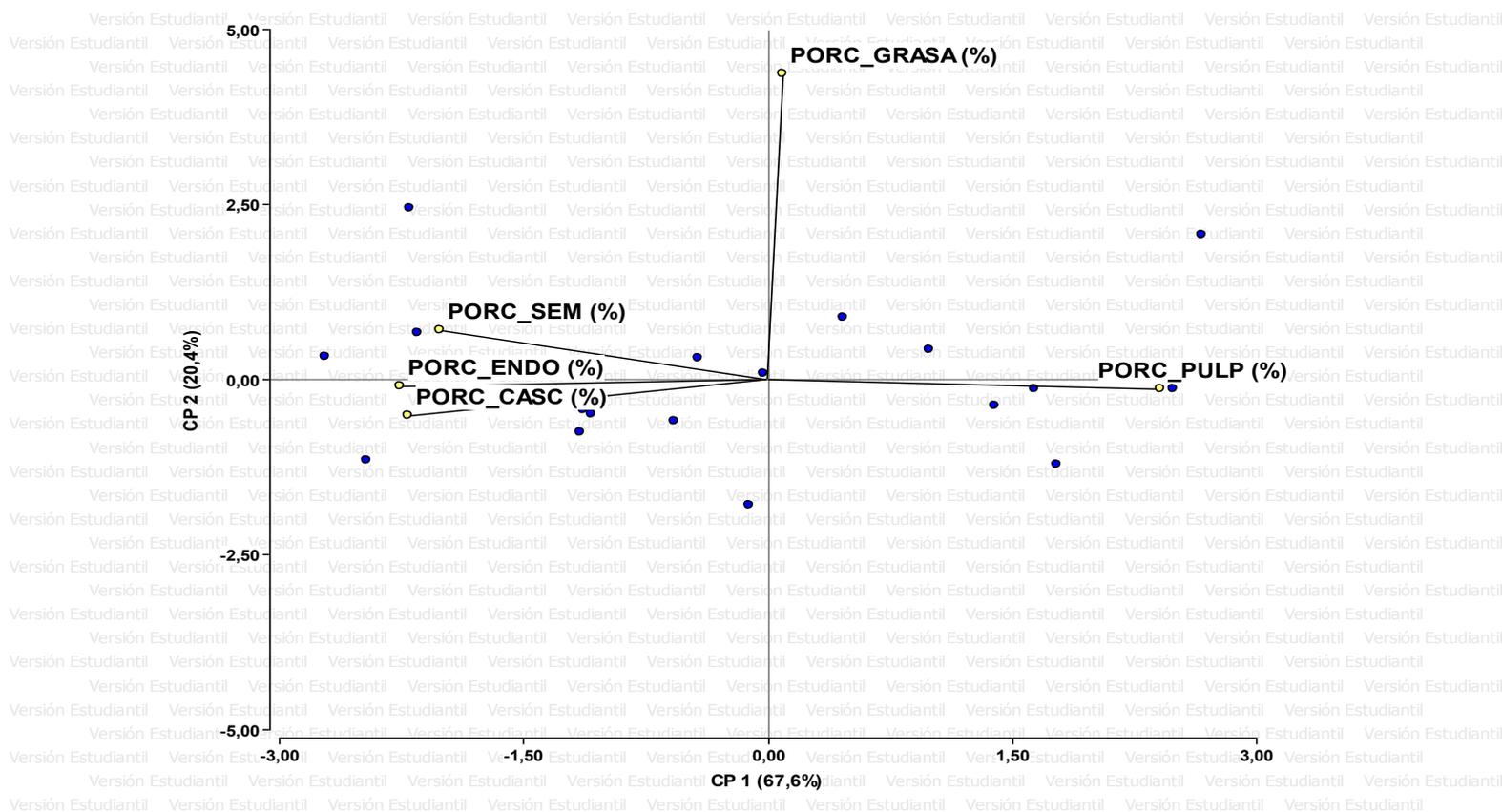
Los valores de porcentaje de cenizas, presentan semejanza entre las accesiones, encontrándose valores superiores a los registrados por Kabuki et al. (2000), Ashoush & Gadallah (2011) y Changso (2008), quienes reportaron valores de cenizas de 1.6 %, 1.46 % y 0.83 % respectivamente, mientras que los resultados reportados por Nzikou et al. (2010), Dhingra & Kapoor (1985), Portillo et al. (2012) y Fowomola (2010), fueron semejantes a los registrados en el presente estudio, encontrándose valores en el intervalo de 2.12 % a 3.90 %. Cabe hacer mención que el porcentaje de cenizas totales es un dato tradicional del análisis composicional de los productos alimentarios, así mismo dichos valores no corresponden a la cantidad exacta de materias minerales y salinas de la muestra, ya que a temperaturas superiores a 400 °C se forman cloruros volátiles con diversos cationes como el sodio, cadmio y otros (Adrian, 2000), por lo tanto se recomienda realizar un estudio más detallado sobre el contenido de minerales de la harina de las accesiones de mango.

En cuanto a que los registros de grasa obtenidos presentan variación porcentual entre 6.73 % a 11.8 %. Dichos resultados son mayores a los reportados por Kabuki et al. (2000), Changso (2008) y Portillo et al. (2012), quienes encontraron valores de aceite de almendra de mango de 0.5 %, 4.92 % y 5.62 % respectivamente, entre tanto Fowomola (2010) y Nzikou et al. (2010), registraron valores superiores de aceite de 14.8 % y 13 % respectivamente. Sin embargo Ashoush & Gadallah (2011) y Dhingra & Kapoor (1985) reportaron valores similares a los encontrados de 8.15 % y 7.82 % respectivamente.

En un intento por correlacionar el porcentaje de grasa encontrado en la semilla y el porcentaje de semilla, endocarpo y cáscara, considerados subproductos de desecho en la agroindustria del mango, se realizó un análisis de componentes principales. La figura 13 ilustra los resultados obtenidos en relación con las 20 accesiones evaluadas.

Un análisis profundo de la figura 13 permite anotar que el porcentaje de grasa es una variable independiente del porcentaje de semilla, endocarpo, cáscara y pulpa. Mientras que el porcentaje de pulpa es inversamente proporcional al porcentaje de subproductos de desecho (semilla, endocarpo y cáscara). Por consiguiente, una variedad con bajo porcentaje de semilla, no necesariamente tendría un bajo porcentaje de aceite, lo cual facilita el aprovechamiento de subproductos, ya que uno de los parámetros para la selección de variedades en la agroindustria, es que contengan un mínimo porcentaje de cascara, endocarpo y semilla.

**Figura 13.** Análisis de componentes principales de los subproductos de desecho (cáscara, endocarpo y semilla), pulpa y el porcentaje de aceite.



Fuente. Autor.

### 6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO.

La importancia industrial del aceite radica, en parte, en la fabricación de diversos productos utilizados por el hombre como jabones, cosméticos, pinturas o productos industriales no comestibles. Además, las grasas son la principal fuente de energía de la dieta de los mamíferos, ya que suministran unas 9 kcal de energía por gramo; asimismo hacen los alimentos más apetecibles, modificando favorablemente su sabor y demorando su digestibilidad, evitando la sensación prematura de hambre (Bailey, 1984).

Con la caracterización bromatológica de la semilla de mango, se encontró que las accesiones de mango estudiadas, poseen aceite con un rendimiento de 6.73 % a 11.8 %; comparándola con el porcentaje de grasa obtenida de cereales altamente industrializados como el maíz, en donde se obtiene un promedio de 4.5 % y en el caso del arroz el 2.1 % (Juliano, 1994) se encuentra superior, indicando que su industrialización es posible.

De acuerdo con lo anterior, y con el objetivo de abrir mercados al aceite de mango, se recomienda la realización de cuidadosos análisis como pruebas de pureza y control de calidad, como un preámbulo a la realización de cualquier producto industrial. La Tabla 24 muestra las propiedades fisicoquímicas del aceite de semilla de mango como la densidad relativa, el índice de refracción, el índice de yodo, índice de saponificación, índice de acidez e índice de peróxidos.

**6.3.1 Densidad Relativa.** La densidad no constituye un parámetro directo de la calidad del aceite, sin embargo puede variar con la polimerización o la oxidación; de igual forma es de gran utilidad para las transformaciones masa – volumen, indispensable para el diseño de equipos (Acosta, 2011). La densidad relativa del aceite de mango (25 °C), no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), con valores de 0.9057 y 0.9132, coincidiendo con los valores registrados por Mahale & Goswami-Giri (2012) y ligeramente por debajo de los registrados por Foda, Hamed & Abi-Allah, (1971). Al comparar el rango de la densidad relativa de aceite de mango con el rango del aceite de coco (0.908 - 0.921) (CODEX STAN 210-1999), se observa bastante similitud, indicando que se encuentra dentro de los parámetros establecidos para aceites vegetales industrializados.

**6.3.2 Índice de Refracción.** El índice de refracción es utilizado como una prueba fisicoquímica para el control de impurezas y de calidad en aceites a nivel de laboratorio y a nivel industrial. Los resultados obtenidos del índice de refracción de aceite de mango (25 °C), no mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) con 1.464 y 1.465, encontrándose unos puntos por debajo a lo reportado por Dhingra, Kapoor & Chandru (1948). Cabe mencionar que el índice de refracción posee una estrecha relación con el grado de insaturación debido a que aumenta con la longitud de la cadena hidrocarbonada y el número de enlaces dobles presentes (Bailey, 1984); al compararlo con el índice de refracción del aceite de maíz (1.4701 – 1.4710) (Briceño & Navas, 2005), el aceite de coco ( 1.448 – 1.450) (CODEX STAN 210-1999) y la manteca de cacao (1.4537 a 1.4590) (Gil, 2009), se ubica unos valores por debajo del aceite de maíz que posee prevalencia de ácidos grasos insaturados y por encima del aceite de coco y la manteca de cacao con prevalencia de ácidos grasos saturados.

**Tabla 24.** Características fisicoquímicas de la grasa de semilla de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

Accesión	Densidad relativa <sup>1</sup>	I. Refracción <sup>1</sup>	I. Yodo <sup>1</sup>	I. Saponificación <sup>1</sup>	I. Acidez <sup>1</sup>	I. peróxidos <sup>1</sup>
<b>Albania</b>	0.9090 ± 4.00E-04 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	27.83 ± 0.48 bc	131.8 k± 16.87 cd	1.002 ± 0.156 ef	1.87 ± 0.46 ab
<b>Bocao</b>	0.9083 ± 1.40E-03 ab	1.464 ± 0.001 a	25.06 ± 0.93 cd	165.99 ± 24.38 ab	0.973 ± 0.044 ef	2.94 ± 0.36 ab
<b>Chanqueteo</b>	0.9084 ± 1.10E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	23.44 ± 3.12 cd	149.3 ± 39.65 bc	1.514 ± 0.297 b	3.19 ± 0.65 a
<b>Chanqueteo Rosado</b>	0.9098 ± 8.00E-04 ab	1.464 ± 4.20E-04 a	28.12 ± 1.26 bc	178.71 ± 14.2 ab	1.369 ± 0.031 bc	1.16 ± 0.26 cd
<b>Chupa</b>	0.9077 ± 1.90E-03 ab	1.465 ± 1.90E-04 a	36.19 ± 3.67 a	121.77 ± 22.74 d	0.98 ± 0.079 ef	2.6 ± 0.75 ab
<b>Edward</b>	0.9082 ± 2.20E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	25.87 ± 1.37 bc	190.35 ± 17.92 ab	1.832 ± 0.044 a	2.59 ± 0.85 ab
<b>HilAnt05</b>	0.9091 ± 6.00E-04 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	25.72 ± 3.14 bc	150.63 ± 5.66 bc	1.32 ± 0.122 bc	1.93 ± 0.89 ab
<b>HilAn07</b>	0.9106 ± 1.10E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	26.14 ± 1.7 bc	200.74 ± 21.9 ab	1.148 ± 0.07 cd	1.74 ± 1.02 ab
<b>HilAnt15</b>	0.9097 ± 1.30E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	22.94 ± 2.96 de	177.08 ± 36.43 ab	0.96 ± 0.128 ef	0.8 ± 0.04 e
<b>ICA 1837 (Filipino)</b>	0.9107 ± 1.10E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	26.5 ± 1.43 bc	215.58 ± 26.96 ab	0.927 ± 0.053 fg	2.32 ± 0.76 ab
<b>ICA 1841 (Picuda)</b>	0.9084 ± 1.60E-03 ab	1.464 ± 0.001 a	26.05 ± 2.06 bc	164.24 ± 11.89 ab	1.102 ± 0.033 de	2.13 ± 0.88 ab
<b>Kala Alphonso</b>	0.9119 ± 4.40E-03 ab	1.465 ± 2.90E-04 a	25.7 ± 0.87 bc	146.62 ± 18.81 bc	1.12 ± 0.046 de	1.38 ± 0.2 bc
<b>Lorito</b>	0.9079 ± 4.00E-03 ab	1.464 ± 0.001 a	22.22 ± 3.19 e	132.23 ± 33.21 cd	1.435 ± 0.036 bc	0.76 ± 0.07 e
<b>Lorito 1969</b>	0.9117 ± 1.50E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	29.45 ± 1.26 bc	172.5 ± 20.77 ab	1.34 ± 0.046 bc	3.08 ± 0.48 a
<b>Manzano Vallenato</b>	0.9132 ± 0.0056 a	1.464 ± 4.60E-04 a	31.62 ± 3.9 ab	156.15 ± 23.97 bc	0.869 ± 0.112 gh	2.76 ± 0.05 ab
<b>Mariquiteño</b>	0.9094 ± 2.20E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	29.45 ± 0.99 bc	189.95 ± 42.32 ab	1.233 ± 0.032 bc	1.14 ± 0.47 cd
<b>Pajarito</b>	0.9096 ± 3.00E-04 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	28.63 ± 2.19 bc	197.82 ± 17.82 ab	1.201 ± 0.044 cd	1.09 ± 0.25 de
<b>Pig 3736</b>	0.9070± 1.40E-03 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	28.09 ± 0.7 bc	186.22 ± 37.94 ab	1.158 ± 0.081 cd	2.28 ± 0.05 ab
<b>Rosa</b>	0.9057 ± 3.00E-04 b	1.464 ± 0.001 a	24.5 ± 1.61 cd	148.45 ± 15.67 bc	0.785 ± 0.043 h	2.69 ± 0.6 ab
<b>Van Dyke</b>	0.9095 ± 5.00E-04 ab	1.464 ± 3.30E-04 a	26.8 ± 1.02 bc	233.88 ± 29.47 a	0.96 ± 0.164 ef	1.03 ± 0.11 de
<b>Coficiente de variación</b>	0.34	0.04	13.83	26.21	15.63	48.96
<b>DMS</b>	0.006	0.001	6.16	73.76	0.29	1.59

Fuente: Autor. <sup>1</sup>n = 3 ± Error estándar; Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05).

**6.3.3 Índice de Yodo.** Los resultados de índice de yodo encontrados en el estudio, mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), en un rango de 22.22 g de yodo/100 g grasa y 36.19 g de yodo/100 g grasa, situándose por debajo a lo reportado por Mahale & Goswami-Giri (2012), Abdalla, Darwish, Ayad & El-Hamahmy (2007), entre otros. Contrastando los valores obtenidos con la manteca de cacao, normatizada por la NTC 574 la cual permite un mínimo de 32 g de yodo/100 g grasa y máximo 41 g de yodo/100 g grasa, y el índice de yodo del aceite de coco (6.3 g de yodo/100 g grasa y 10.6 g de yodo/100 g grasa)(CODEX STAN 210-1999), y teniendo en cuenta que un valor alto en el índice de yodo, indica menor presencia de ácidos grasos saturados, se concluye que el aceite de mango posee menos ácidos grasos saturados que el aceite de coco y por la diferencia significativa encontrada en el índice de yodo de las variedades estudiadas, algunas se ubican por debajo y otras son similares a la manteca de cacao.

**6.3.4 Índice de Saponificación.** El índice de saponificación reportado en bibliografía para la manteca de cacao, oscila entre 190 mg de KOH/g grasa a 200 mg de KOH/g grasa (Bailey, 1984), los datos obtenidos para el aceite de las variedades estudiadas fueron cercanos a los revisados de la manteca de cacao, variando de 121.77 mg de KOH/g grasa y 233.88 mg de KOH/g grasa. Autores como Mahale & Goswami-Giri (2011), Abdalla et al. (2007), Nzikou, et al. (2010), entre otros, reportan índices de saponificación muy similares a los obtenidos, encontrándose en un intervalo de 116.21 mg de KOH/g grasa a 206.0 mg de KOH/g grasa. Asimismo se conoce que el índice de saponificación es inversamente proporcional al peso molecular de los ácidos grasos presentes en dicha grasa y aceite, por consiguiente, a mayor índice de saponificación, menor es el peso molecular de los ácidos grasos; desde esta perspectiva, al encontrarse los resultados tan similares con la manteca de cacao, se impide hacer una distinción entre ellos, en cuanto a la composición de ácidos grasos, requiriendo el empleo de técnicas cromatográficas.

**6.3.5 Índice de Acidez.** El índice de acidez es determinante en la calidad del aceite. Colombia posee normas para cada producto, en donde determina los valores máximos y mínimos permitidos para la comercialización de dichos productos. El aceite de mango no tiene un referente al ser un producto en investigación, al compararlo con la manteca de cacao, según la norma NTC 574 permite un índice de acidez máximo de 1.75 % de ácido oleico. Los datos obtenidos del aceite de cada variedad, oscilan de 0.785 % ácido oleico para la variedad Rosa y 1.832 % ácido oleico para Edward, excediendo en 0.082 % ácido oleico permitido en la norma, considerándose un aceite muy aceptable ya que a pesar de ser un aceite crudo, reporta índice de acidez bajo.

**6.3.6 Índice de Peróxidos.** Según la norma CODEX STAN 19-1981 del Codex Alimentarius para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales, se establece un valor máximo de peróxidos en aceites vírgenes de 15 meq oxígeno/kg grasa, valores superiores a estos, se consideran aceites de mala calidad. Los valores obtenidos de los aceites de las accesiones estudiadas, oscilan de 0.76 meq oxígeno/kg grasa y 3.19 meq oxígeno/kg grasa, estando dentro de los límites permitidos, reflejando su estabilidad ante la oxidación.

#### **6.4 COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE LA GRASA DE 20 ACCESIONES DE SEMILLA DE MANGO.**

Los contenidos totales de flavonoides, antocianos y compuestos fenólicos no flavonoides se obtienen a partir de los fenoles totales, compilados en la Tabla 25. En la determinación de los compuestos fenólicos totales, se realizó una curva estándar para el ácido gálico. La curva obtenida se sujeta a la ecuación  $y = 0.003x + 0.002$ , con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0.999$ . Los valores puntuales para cada una de las concentraciones finales se muestran en el Anexo J. En cuanto a los valores registrados de fenoles totales en el aceite de mango, se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), con valores de 3.18 mg GAE/kg aceite a 7.78 mg GAE/kg aceite, siendo considerablemente menor a los fenoles reportados para el aceite de oliva que presenta valores de 97.1 mg GAE/kg aceite a 22.5 mg GAE/kg aceite (Tanilgan, Özcanb, &

Ünverb, 2007). A pesar que la semilla de mango posee una alta cantidad de compuestos fenólicos totales, aproximadamente 412 mg GAE/100 g muestra (Pascual et al., 2008), no se vio reflejada dicha cantidad en los fenoles totales de su aceite. Dicho suceso no es ajeno a otras semillas, así por ejemplo González, Beltrán, & Vargas (2010), realizaron un estudio sobre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de la semilla de chía (*Salvia hispánica*) y en el aceite extraído de la misma, evidenciando una marcada diferencia entre la cantidad de compuestos fenólicos contenidos en el aceite de semilla (5.92 mg GAE/100 g) y la fracción desengrasada (1104 mg GAE/100 g), esto debido a que los compuestos fenólicos en su mayoría se encuentran en la porción desengrasada de la semilla; además los compuestos fenólicos no son solubles en disolventes no polares y posiblemente la cantidad que pudiera existir de polifenoles en la semilla, se quedarían en la fracción desengrasada y no en el aceite.

**Tabla 25.** Fenoles totales en grasa de semilla de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

Accesión	CFT (mg GAE/kg) <sup>1</sup>	Accesión	CFT (mg GAE/kg) <sup>1</sup>
<b>Albania</b>	5.06 ± 0.56 cde	<b>ICA 1841 (Picuda)</b>	4.19 ± 0.05 efg
<b>Bocao</b>	3.46 ± 0.21 ghi	<b>Kala Alphonso</b>	4.12 ± 0.32 efg
<b>Chancleto</b>	7.61 ± 0.73 a	<b>Lorito</b>	3.40 ± 0.10 hi
<b>Chancleto Rosado</b>	4.69 ± 0.16 def	<b>Lorito 1969</b>	4.41 ± 0.1 cde
<b>Chupa</b>	5.75 ± 0.09 bc	<b>Manzano Vallenato</b>	5.66 ± 0.08 bcd
<b>Edward</b>	6.4 ± 0.41 b	<b>Mariquiteño</b>	3.18 ± 0.02 i
<b>HilAnt05</b>	6.44 ± 0.66 b	<b>Pajarito</b>	4.69 ± 0.10 def
<b>HilAnt07</b>	4.78 ± 0.44 cde	<b>Pig 3736</b>	4.43 ± 0.45 efg
<b>HilAnt15</b>	4.06 ± 0.32 fgh	<b>Rosa</b>	7.78 ± 0.44 a
<b>ICA 1837 (Filipino)</b>	5.48 ± 0.18 bcd	<b>Van Dyke</b>	3.68 ± 0.11 ghi
<b>Coefficiente de variación</b>		12.08	
<b>DMS</b>		0.98938	

Fuente: Autor.

n = 3 ± Error estándar; Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05); <sup>1</sup>CFT: Contenido fenólico total, mg GAE/kg: miligramos equivalentes de ácido gálico por Kilogramo de aceite.

Empero del bajo contenido fenólico total hallado en el aceite de semilla de mango, se han publicado estudios referente a su capacidad antioxidante sobre el aceite de girasol (*Helianthus annuus*), realizando una acción similar a los antioxidantes artificiales como el Butilhidroxitolueno (BHT), los cuales generan problemas de toxicidad, relacionados con su metabolismo y posible absorción y acumulación en los órganos y tejidos del cuerpo. Las cualidades antioxidantes del aceite de mango son atribuidas a su patrón de componentes grasos ricos en ácidos grasos saturados y el ácido oleico como monoinsaturado, además de tocoferoles y diferentes fracciones de esteroides (Abdalla et al., 2007).

#### **6.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA DE SEMILLA DE 20 ACCESIONES DE MANGO.**

Los ácidos grasos son compuestos hidrocarbonados con un grupo metilo terminal y un grupo carboxilo, los cuales atribuyen a cada grasa propiedades características que condicionan tanto su actividad fisicoquímica como su actividad biológica (Morago & Martín, 2005). Por tal motivo, se hace necesaria la determinación del perfil de ácidos grasos de la grasa extraída de las 20 accesiones de semilla de mango, permitiendo establecer una comparación más efectiva entre las mismas. Los resultados (Tabla 26) muestran la presencia de los siguientes ácidos grasos: mirístico (14:0), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1), margárico (17:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), Linoleico (18:2), linolénico (18:3), araquídico (20:0), eicosenoico (20:1), behénico (22:0) y lignocérico (24:0).

Entre los ácidos grasos saturados presentes en la grasa de mango, predomina el esteárico, y entre los insaturados el oleico; este último merece mucha atención, ya que se le atribuyen propiedades favorables para la salud, teniendo acción beneficiosa sobre el perfil lipídico, antitrombogénica y antioxidante (Denke, 1993), además de disminuir el riesgo de peroxidación lipídica de los fosfolípidos de la membrana celular y de las lipoproteínas (Mata, De Oya, Pérez-Jiménez & Ros Rahola, 1994).

Se puede observar en la Figura 14 el balance de ácidos grasos saturados e insaturados en cada una de las variedades, notando que en algunas como HilAnt05, ICA 1837 (filipino), ICA 1841 (Picuda), Lorito y Rosa, prevalecen los ácidos grasos saturados en un 51.00 %, 51.99 %, 51.50 %, 59.66 % y 52.98 % respectivamente, contrario a los autores que afirman sobre la prevalencia de ácidos grasos insaturados en la grasa de mango (Abdalla et al., 2007; Nzikou et al., 2010; Basilio, 2009; Tapia et al., 2012; Dhingra et al., 1948; Bruno & Goldberg, 1963; Foda et al., 1971; Moharram & Moustafa, 1982), excepto Solís-Fuentes & Durán-de-Bazúa (2004), quienes en su estudio reportaron un contenido de ácidos grasos saturados para la grasa de semilla de mango de 52 %.

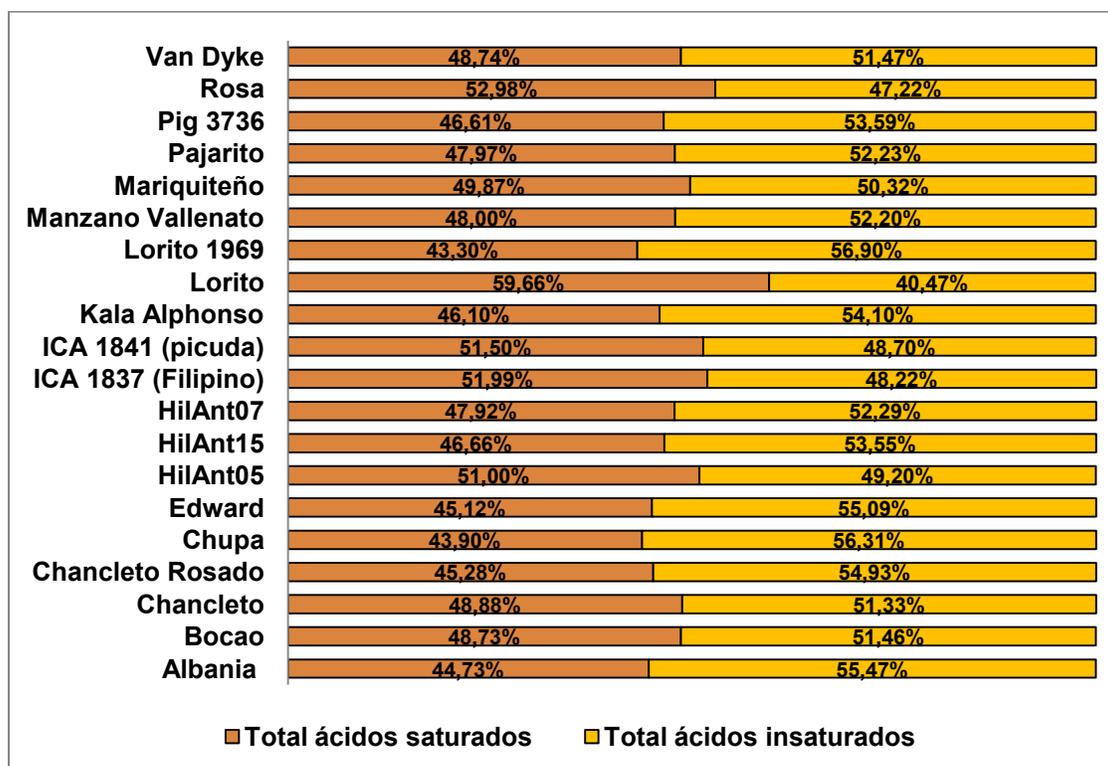
Con lo anterior expuesto, cabe decir que el contenido de ácidos grasos de la grasa de mango difiere significativamente en función de la variedad, además de la latitud, condiciones geográficas y el grado de madurez en la recolección.

**Tabla 26.** Perfil de ácidos grasos de grasa de semilla de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

ACCESION	Mirístico (14:0)	Palmitico (16:0)	Palmitoleico (16:1)	Margárico (17:0)	Esteárico (18:0)	Oleico (18:1)	Linoleico (18:2)	Linolénico (18:3)	Araquídico (20:0)	Eicosenoico (20:1)	Behénico (22:0)	Lignocérico (24:0)
<b>Albania</b>	<0.1	7.31	<0.1	0.19	34.36	51.26	3.35	0.40	1.71	0.36	0.59	0.47
<b>Bocao</b>	<0.10	7.11	<0.10	0.43	37.90	45.63	5.16	0.27	2.40	0.30	0.38	0.41
<b>Chanclero</b>	<0.10	7.65	<0.10	0.32	38.16	47.23	3.52	0.32	1.86	0.16	0.41	0.38
<b>Chanclero Rosado</b>	<0.10	7.56	<0.10	0.14	34.81	48.37	5.91	0.39	1.85	0.16	0.43	0.39
<b>Chupa</b>	<0.10	6.06	<0.10	0.14	34.66	50.10	5.57	0.31	1.92	0.23	0.51	0.51
<b>Edward</b>	<0.10	7.09	<0.10	0.17	34.81	49.61	4.96	0.28	2.09	0.14	0.39	0.47
<b>HilAnt05</b>	<0.10	7.97	<0.10	0.17	39.38	42.81	5.67	0.41	2.46	0.21	0.47	0.45
<b>HilAnt15</b>	<0.10	6.76	<0.10	0.22	37.01	49.55	3.40	0.31	1.84	0.19	0.39	0.34
<b>HilAnto07</b>	<0.10	6.63	<0.10	0.17	38.22	47.87	3.82	0.33	1.85	0.17	0.39	0.56
<b>ICA 1837 (Filipino)</b>	<0.1	8.08	<0.1	0.19	39.05	43.35	4.12	0.38	3.28	0.27	0.66	0.63
<b>ICA 1841 (picuda)</b>	<0.1	10.64	<0.1	0.19	37.71	42.94	5.18	0.29	2.19	0.19	0.35	0.32
<b>Kala Alphonso</b>	<0.10	7.27	<0.10	0.25	35.87	48.23	5.11	0.34	1.89	0.32	0.34	0.38
<b>Lorito</b>	<0.10	8.27	<0.10	<0.10	47.26	34.71	5.04	0.43	2.93	0.19	0.48	0.52
<b>Lorito 1969</b>	<0.1	6.99	<0.1	0.14	33.72	51.39	4.77	0.24	1.42	0.40	0.44	0.49
<b>Manzano Vallenato</b>	<0.10	6.43	<0.10	0.17	38.28	49.20	2.57	0.33	2.34	0.00	0.34	0.34
<b>Mariquiteño</b>	<0.10	9.85	<0.10	0.18	36.38	42.49	7.08	0.40	2.40	0.25	0.49	0.47
<b>Pajarito</b>	<0.10	8.27	<0.10	0.16	36.73	47.00	4.67	0.32	1.92	0.14	0.41	0.38
<b>Pig 3736</b>	<0.10	8.40	<0.10	0.17	35.41	47.43	5.65	0.32	1.71	0.09	0.33	0.49
<b>Rosa</b>	<0.10	6.17	<0.10	0.70	43.36	42.22	4.59	0.21	1.93	0.10	0.40	0.32
<b>Van Dyke</b>	<0.1	6.59	<0.1	0.16	38.65	47.83	3.22	0.17	2.20	0.15	0.46	0.58

Fuente: Autor.

**Figura 14.** Balance de ácidos grasos saturados e insaturados en la grasa de semilla de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica L.*).



Fuente: Autor.

El contenido de ácidos grasos presentes en la grasa de mango, ha incentivado a la búsqueda de aplicaciones industriales, tanto así, que es una de las seis grasas tropicales permitidas para el reemplazo parcial de la manteca de cacao en la elaboración de chocolate (Pascual et al., 2008), además, en 2002 se abrió la posibilidad de utilizar la grasa de semilla de mango en la industria de alimentos en México (Tapia et al., 2012).

Comparando la grasa de semilla mango con la manteca de cacao, en cuanto al contenido de ácidos grasos, se evidencia diferencia en el contenido del palmítico y el oleico (Tabla 27). A diferencia con la manteca de cacao, el palmítico fue mayor (26.8 %) y el oleico ligeramente menor (34.9 %) que el promedio presentado por la grasa de las accesiones de mango (7.31 % y 46.46 %); sin embargo en el esteárico no hubo

diferencias significativas, excepto en la grasa de semilla de Lorito y Rosa. Sin importar las diferencias encontradas en la composición química de la grasa de semilla de mango y la manteca de cacao, muchos autores han investigado su posible aplicación en la industria del chocolate.

De este modo, Pascual et al. (2008) encontraron que la sustitución de la grasa de semilla de mango por la manteca de cacao, resultó ser una buena opción para la elaboración de coberturas y rellenos de chocolate, ya que presentaron características organolépticas similares.

**Tabla 27.** Perfil de ácidos grasos de la manteca de cacao.

ÁCIDOS GRASOS	MANTECA DE CACAO (%)
Ácido Mirístico C14/0	0.1
Ácido Palmítico C16/0	26.8
Ácido Palmitoleico C16/1	0.3
Ácido Margárico C17/0	0.2
Ácido Esteárico C18/0	33.6
Ácido Oleico C18/1	34.9
Ácido Linoleico C18/2	2.9
Ácido Araquídico C20/0	1.0

Fuente: Gioielli, Lannes, & Medeiros (2004).

Solís-Fuentes & Durán-de-Bazúa (2004) realizaron un estudio sobre el comportamiento térmico de la grasa de semilla de mango y mezclas con la manteca de cacao; de este estudio se demostró la similitud del contenido de ácidos grasos y las propiedades fisicoquímicas de la grasa de semilla de mango y la manteca de cacao, igualmente reportaron la existencia de la compatibilidad entre ellas, incluso mejor que mezclas de manteca de cacao con la grasa de leche, grasas láuricas, o el aceite de semilla de algodón hidrogenado.

Por último Kaphueakngam, Flood, & Sonwai (2009) elaboraron un equivalente a la manteca de cacao mediante la mezcla de grasa de semilla de mango y la fracción

media de aceite de palma, realizando la evaluación de diferentes proporciones, encontrando la mejor como 80/40 (% en peso) de cada grasa estudiada, asemejándose a la manteca de cacao.

## 6.6 EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE SEMILLA POR PRENSADO.

Para evaluar la extracción de aceite por método mecánico y con pretratamiento enzimático en la semilla de mango, se trabajó con una de las variedades caracterizadas en el numeral 6.1 (Caracterización morfoagronómica del fruto) la cual fue **Kala Alphonso**, dicha variedad fue escogida puesto que presenta valores altos de contenido de grasa, así como de ácidos grasos insaturados, adicionalmente por condiciones de fenología de la fructificación, que favorecieron la producción y recolección de sus frutos.

La Tabla 28 muestra los efectos de los tratamientos establecidos en la extracción mecánica del aceite de semilla de mango, partiendo del contenido de aceite inicial de la muestra (9.34 %). Aunque en los tratamientos evaluados no se observa diferencia significativa, excepto cuando se realiza la extracción a 50 °C sin adición de NaCl, los resultados muestran que dentro de los factores evaluados, el que incide en mayor proporción en el rendimiento de extracción es la temperatura, ya que se logró extraer hasta el 14.44 % del total de aceite contenido de la harina. Sin embargo se puede concluir que no es eficiente la extracción mecánica de la grasa de la harina de la semilla de mango, siendo necesario algunas modificaciones al proceso.

**Tabla 28.** Rendimientos de extracción de aceite de semilla de mango en prensa hidráulica.

Temperatura (°C)	Con adición de NaCl (%)	Sin adición de NaCl (%)
30	2.41 ± 2.08 b	4.64 ± 0.09 b
50	6.87 ± 2.82 b	<b>14.44 ± 0.94 a</b>

Fuente: Autor.

n = 2 ± error estándar; Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05).

Valderrama, Mery & Aravena (1994), explican la influencia de la temperatura en la extracción de aceite, partiendo de la distribución de las gotas de aceite de tamaño ultramicroscópico, las cuales se encuentran repartidas en la masa de la semilla; al efectuarse la elevación de la temperatura, se promueve la unión de gotas de aceite, separando el aceite de las proteínas con las que está emulsionado al forzar la desnaturalización de las mismas, rompiendo las estructuras celulares para facilitar el flujo al exterior; conjuntamente, el calor bloquea algunas enzimas que podrían actuar sobre el aceite y modificar su calidad e insolubiliza parte de los productos que podrían pasar al aceite bruto.

Por el contrario la adición de NaCl no tuvo el efecto esperado, ya que al entrar en contacto con la muestra, se suponía que realizaría un efecto de saturación en la fase acuosa disminuyendo la solubilidad del compuesto orgánico y eliminaría las emulsiones formadas, lo cual no se vio reflejado en los resultados.

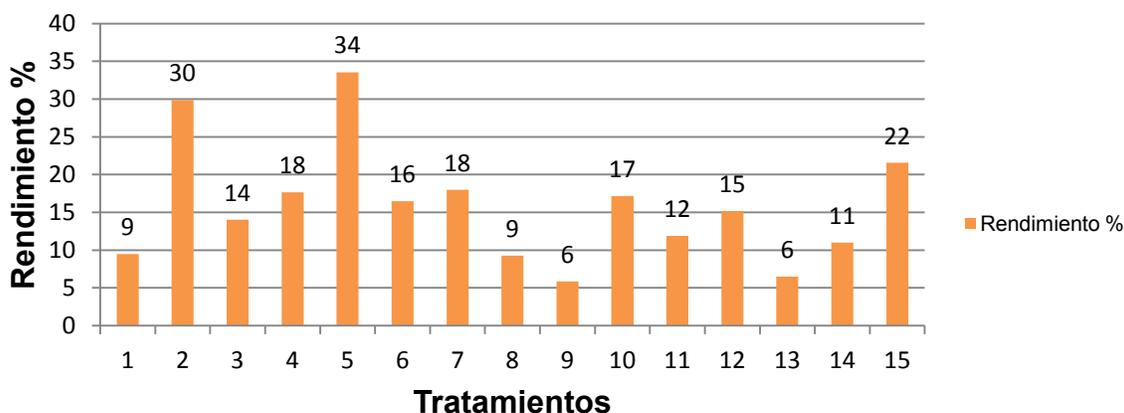
#### **6.7 EFECTO DEL PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE SEMILLA DE MANGO POR PRENSADO.**

Con base en los resultados obtenidos en la extracción de aceite con prensa hidráulica, se concluye que las condiciones óptimas para realizar la extracción mecánica deben ser a 50 °C sin adición de NaCl, las cuales fueron las utilizadas en el prensado de las harinas tratadas enzimáticamente para evaluar su optimización.

Los resultados de rendimiento de extracción de grasa de semilla de mango se observan en la Figura 15. De acuerdo al análisis estadístico utilizando el modelo 2FI (Two Factor Interaction), el modelo es estadísticamente significativo a un nivel del 95 % de confianza, al cual se ajusta el 77.09 % de los datos. Los modelos para tratamiento con cada preparado enzimático se observan en la Tabla 29. Los factores tiempo y temperatura fueron estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ), mientras que tipo de enzima no, por lo que el rendimiento de extracción está determinado por el tiempo del

pretratamiento de la harina, lo cual se ve reflejado claramente en la superficie de respuesta para cada preparado enzimático.

**Figura 15.** Rendimiento de extracción de aceite de semilla de mango por prensado utilizando pretratamiento enzimático.



Fuente: Autor.

**Tabla 29.** Modelo estadístico para rendimiento de extracción de aceite de semilla de mango con pretratamiento enzimático.

Enzima	Constante	Temperatura	Tiempo	Temperatura * Tiempo
Viscozyme® L.	-11.37372	0.15592	13.18822	-0.18417
Rapidase® TF	-11.40592	0.56712	8.12511	-0.18417

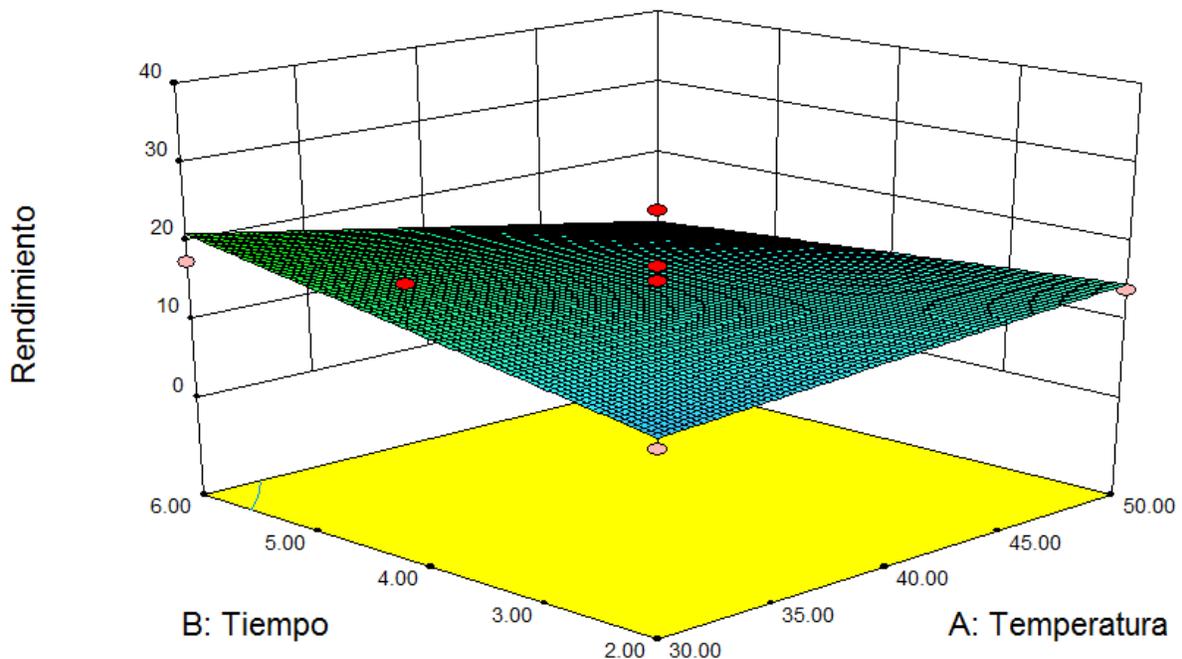
Fuente: Autor.

En la Figura 16, se observa que el preparado enzimático Rapidase® TF presentó un mayor rendimiento realizando el tratamiento por 4 h con un calentamiento a 30 °C. Al incrementarse el tiempo del tratamiento no se obtiene un mayor rendimiento, al contrario la enzima parece inhibirse ya que el rendimiento de extracción disminuye.

En la Figura 17 la superficie muestra que la enzima Viscozyme<sup>®</sup> L. presenta un mayor rendimiento al utilizar una temperatura de 40 °C y un tiempo de 6 h, después de esta temperatura, la enzima se inhibe, similar a la reacción que ocurre con Rapidase<sup>®</sup> TF.

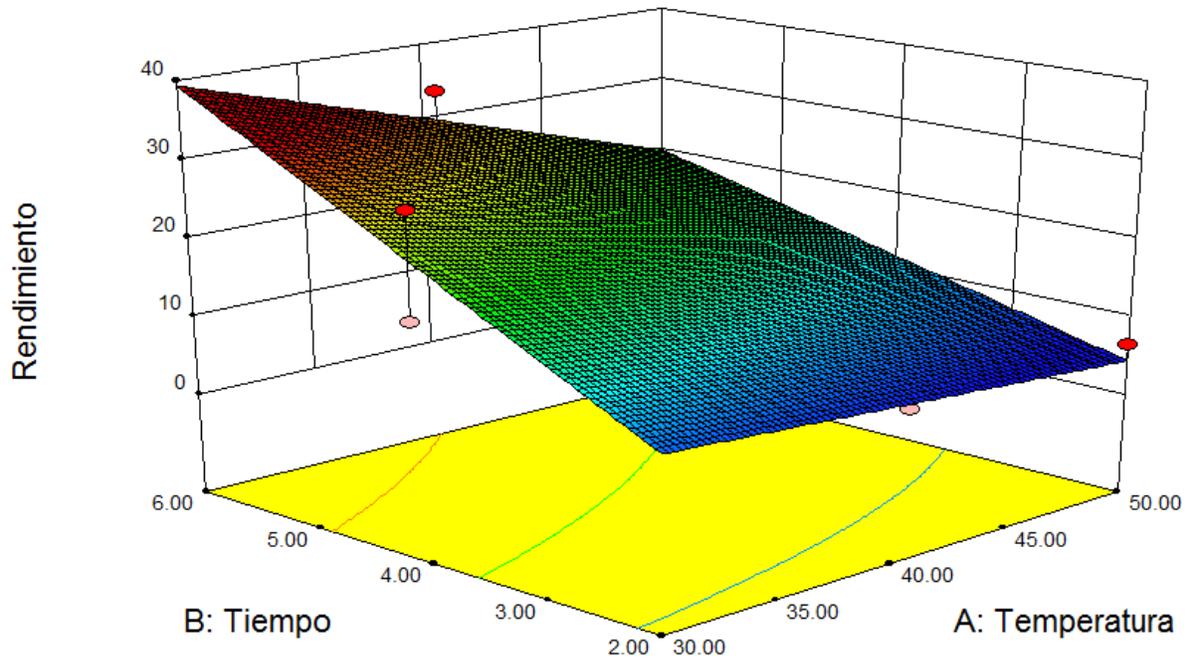
Al trabajar con diseño de superficie de respuesta se da la posibilidad de optimizar las condiciones con el fin de obtener un mayor rendimiento; trabajando con la herramienta de optimización del programa Design Expert<sup>®</sup> da como resultado que utilizando la enzima Viscozyme<sup>®</sup> L. a 30 °C por 5.35 h, se obtiene un rendimiento de extracción de 34.3016 %. Lo anterior es muy valioso, desde el punto de vista económico, ya que determina las condiciones del pretratamiento enzimático óptimas para la extracción de aceite de semilla de mango.

**Figura 16.** Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Rapidase<sup>®</sup> TF.



Fuente: Autor.

**Figura 17.** Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Viscozyme® L.



Fuente: Autor.

Aunque con la adición de la enzima se presentó un incremento en el rendimiento de extracción de aceite es necesario realizar nuevos reajustes al proceso de extracción mecánica con enzima, que incluye diferente tamaño de partículas pues es posible que en la harina se presente aglomeración de las partículas que impide la extracción.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a la caracterización morfoagronómica de 20 accesiones de mango (*Mangifera indica L.*), se puede afirmar que de los 24 descriptores cuantitativos, los que más aportaron a la variabilidad de las accesiones de mango, se centraron en la semilla y el endocarpo como: grosor de la pulpa, peso de la cáscara, diámetro del endocarpo, porcentaje del endocarpo, diámetro de la semilla, porcentaje de semilla, longitud de semilla, peso de semilla y grosor de la semilla. La mayoría de descriptores cualitativos aportaron a la variabilidad de las accesiones. El análisis de conglomerados para variables cuantitativas, permitió distinguir siete grupos, mientras que el análisis de conglomerados para variables cualitativas distinguió cinco, permitiendo observar que las variables cuantitativas aportan en mayor proporción a la distinción de los grupos por características similares de las variables. Este trabajo es una aproximación para la difusión de las características morfoagronómicas de mangos criollos, y la expansión de las mismas en el comercio.

A partir de la caracterización bromatológica de la harina de semilla de mango, se observa el potencial que tiene dicho subproducto agroindustrial, al poseer una cantidad considerable de proteína y grasa, abriéndose mercados tanto para la alimentación para animales como para la alimentación en humanos.

Del porcentaje de aceite obtenido por método Soxhlet en las semillas de las variedades estudiadas, se concluye, que las de mayor rendimiento y por lo tanto las de mayor oportunidad para el mercado de extracción de aceite son Rosa, Manzano Vallenato y Mariquiteño.

De acuerdo al análisis de componentes principales, correlacionando el porcentaje de los subproductos de desecho (cáscara, endocarpo y semilla), pulpa y el porcentaje de aceite, se afirma que el porcentaje de aceite es una variable independiente a las demás y por consiguiente, una variedad con bajo porcentaje de semilla, no necesariamente

tendría un bajo porcentaje de aceite, lo cual facilita el aprovechamiento de desechos, ya que uno de los parámetros para la selección de variedades en la agroindustria, es que contengan un mínimo porcentaje de cascara, endocarpo y semilla.

La grasa de semilla de mango, se compone principalmente de los siguientes ácidos grasos: mirístico (14:0), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1), margárico (17:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), Linoleico (18:2), linolénico (18:3), araquídico (20:0), eicosenoico (20:19), behénico (22:0) y lignocérico (24:0). De acuerdo a las variedades de mango, se observa una notable diferencia en cuanto al balance entre ácidos grasos saturados e insaturados, así por ejemplo, la grasa de semilla de HilAnt05, ICA 1837 (filipino), ICA 1841 (Picuda), Lorito y Rosa, tiene prevalencia de ácidos grasos saturados en un 51.00 %, 51.99 %, 51.50 %, 59.66 % y 52.98 % respectivamente, en las demás prevalecen los insaturados.

Comparando la grasa de semilla de mango con la manteca de cacao, de acuerdo al perfil de ácidos grasos, se evidencia diferencia en el contenido del palmítico, encontrándose en mayor proporción (26.8 %) y en el oleico se presentó ligeramente menor (34.9 %) que el promedio presentado por la grasa de las accesiones de mango (7.31 % y 46.46 %); sin embargo en el esteárico no hubo diferencias significativas, excepto en la grasa de semilla de Lorito y Rosa.

El sistema de extracción de aceite por prensado es muy utilizado en la industria, sin embargo en el presente estudio, se determinó que su efectividad es baja, ya que logró extraer solo el 14.44 % del total de aceite presente en la harina (9.34 %). Por lo anterior, se hizo necesario realizar un pretratamiento enzimático, ya que las propiedades celulolíticas y hemicelulolíticas de la enzima permiten romper la pared celular y lograr una mejor extracción del aceite. La enzima Viscozyme<sup>®</sup> L. presentó el mayor rendimiento con un tiempo de 6 h y a una temperatura de 40 °C, aumentando el rendimiento en un 20 % comparado con la extracción sin pretratamiento, obteniendo un 34 %. A pesar de esta leve mejora es necesario realizar nuevos estudios que

incrementen el rendimiento de extracción del aceite, considerando la amplia posibilidad que tiene este producto en diferentes industrias como la cosmética.

La obtención de grasa comestible a partir de subproductos tropicales, específicamente del mango, constituye una alternativa viable del aprovechamiento de recursos naturales, obtención de ingresos y la generación de paquetes tecnológicos para la producción de cadenas de alto valor agregado.

## 8. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar ensayos de extracción de aceite de semilla de mango por método mecánico, manejando otras variables, ya sea el tipo de maquinaria o el tamaño de la muestra.
- Se recomienda realizar el estudio reológico de la grasa de semilla de mango, como una aproximación en la incorporación de mercados de confitería, como la sustitución de la manteca de cacao y en formulaciones individuales. Asimismo en la aplicación de productos cosméticos.
- Es recomendable generar estudios de factibilidad para el montaje de una planta extractora de grasa, que incluya un estudio de mercado, considerando el contenido de grasa que presentan las variedades comercializadas en el país para procesos agroindustriales de extracción de pulpa y de esta forma aprovechar integralmente este frutal.

## REFERENCIAS

- Abdalla, A., Darwish, S., Ayad, E. & El-Hamahmy, R. (2007). Egyptian mango by-product 1: Compositional quality of mango seed kernel. *Food chemistry*, 103(4), 1134 - 1140.
- Abdalla, A., Darwish, S., Ayad, E. & El-Hamahmy, R. (2007). Egyptian mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103(4), 1141-1152.
- Acosta, M. (2011). *Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático* (Tesis de maestría). Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.
- Adrian, J. (2000). *Análisis nutricional de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, Editorial.
- Agreda, M. (2009). *Propagación de mango* (Tesis de maestría no publicada). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Arias, F., Tamara, L., & Arbeláez, F. (2006). *Apuesta exportadora agropecuaria 2006-2020*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Arogba, S. (1997). Physical, chemical and functional properties of Nigerian mango (*mangifera indica L.*) kernel and its processed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 321-328.
- Arogba S. (2000). Mango (*mangifera indica L.*) kernel: chromatographic analysis of the tannin, and stability study of the associated polyphenol oxidase activity. *Journal of food composition and analysis*, 13, 149-156.

- Ashoush, I. & Gadallah, M. (2011). Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6 (1), 35-42.
- Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C. (1990). *Official methods of analysis*. (15a ed.). Arlington, United States.
- Astiasarán, I., Lasheras, B., Ariño, A. & Martínez, J. (2003). Alimentos: Valor Nutritivo. En *Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria* (pp. 1-34). Madrid: Díaz de Santos.
- Ávila, H., Cuspoqa, J., Fisher, G., Ligarreto, G. & Quicazán, M. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) almacenado a 2 °C. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60(2), 4179-4193.
- Avilán, L., Dorantes, I., Mireles, M., Rodríguez, M., Cumare, J. & Emalde, U. (2002). *Comportamiento fenológico y caracterización de la colección de mango del CENIAP*. (Publicación especial N° 1). Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Bailey, L. (1941). *The standard cyclopedia of horticulture*. New York: MacMillan and Company.
- Bailey, A. (1984). *Aceites y grasa industriales*. España: Reverté.
- Basilio, J. (2009). *Extracción de aceite del hueso de mango*. (Publicaciones Sinaloa). México: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Bolívar, M & Carrillo, G. (1989). *Evaluación de tres métodos para la remoción de taninos en una harina de semilla de mango (Mangifera indica L. Var. Bocado) y su*

*efecto nutricional en pollos de engorde* (Tesis de pregrado). Universidad Simón Rodríguez, Canoabo, Venezuela.

Bonilla, M., Toro, J., Mejia, A., Landínes, L., Castellanos, J. & Cardozo, F. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de mango criollo procesado para exportación en Colombia*. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Briceño, J. & Navas, P. (2005). Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. *Revista Facultad de Agronomía*, 31, 109-119.

Bruno, A. & Goldberg, P. (1963). The morphology and chemical composition of some Nigerian mango. *Journal of Tropical Agriculture*, 40, 143. Citado por: Moharram, Y. & Moustafa, A. (1982). Utilisation of mango seed kernel (*mangifera indica* L.) as a source of oil. *Food Science and Technology*, 8(4), 269-276.

Buitrago, J., Gil, J. & Ospina, B. (2001). La yuca en la alimentación avícola. N. 14. CLAYUCA.

Camacho, S. & Rios, D. (1972). Factores de calidad de algunas frutas cultivadas en Colombia. *Revista ICA*, 7(1), 11-32.

Centro de Excelencia Fitosanitaria C.E.F. (2009). *Exportaciones de Colombia a los Estados Unidos APHIS* (Departamento de agricultura de los Estados Unidos). Recuperado de <http://www.ica.gov.co/cef/requisitos.htm>.

Changso, C. (2008). *Study of extraction process, chemical and physic properties of mango seed almond fat* (tesis de maestría). Universidad de Silpakorn, Tailandia.

- Chaplin, G., Nuevo, P., Graham, D. & Cols, S. (1986). Chilling responses of "Kensington" mango stored under variable low temperature regimes. *ASEAN Food Journal*, 2(3), 1-5.
- Christensen, F. (1991). Extraction by aqueous enzymatic processes. *International news on fats, oils and related materials*, 2, 984.
- Codex Alimentarius. (1981). *Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales CODEX STAN 19-1981*. Canadá: Autor.
- Codex Alimentarius. (1999). *Norma del Codex para aceites vegetales Especificados CODEX STAN 210-1999*. Canadá: Autor.
- Codex Alimentarius. (2001). *Norma del Codex para la manteca de cacao CODEX STAN 86-1981*. Canadá: Autor.
- Coello, A., Fernandez, D. & Galán, V. (s.f.). *Guía descriptiva de cultivares de mango*. Canarias: Consejería de agricultura, Pesca y alimentación.
- Collao, C., Curotto, E. & Zúñiga, M. (2007). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite y obtención de antioxidantes a partir de semilla de onagra, *Oenothera biennis*, por prensado en frío. *Revista grasas y aceites*, 58(1), 10-14.
- Comunidad Europea C.E. (2000). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Directiva 2000/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de junio de 2000 relativa a los productos de cacao y de chocolate destinados a la alimentación humana*. 3.8. 19-25.
- Coral, O., Álvarez, E. & Cultid, I. (2011). Colección y caracterización morfoagronómica del subgénero *Tacsonia* en la zona Andina del Departamento de Nariño, Colombia. *Revista facultad nacional de agronomía*, 64(1), 5893-5907.

Corporación Colombiana Internacional C.C.I. (2004). *Oportunidades de exportación tendencias del mercado de alimentos*. Recuperado de [http://www.cci.org.co/cci/cci\\_x/Sim/Manuales/Mercados%20internacionales/Reinounido/runido40.htm](http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Manuales/Mercados%20internacionales/Reinounido/runido40.htm).

Corredor, J. & García, J. (2011). Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Revista CORPOICA*, 12(1), 21-32.

De Candolle, A. (1884). *Origin of Cultivated Plants*. London, England: Essinger Publishing. Citado por: LIZT, R. (1997). *The mango: Botany, production and uses*. New York: CAB International.

De La Cruz, W. (1993). *Revisión del mercado de mango en Europa y Estados Unidos*. Guatemala: Editorial Profruta.

Denke, M. (1993). Determinantes dietéticos de los niveles de colesterol ligados a lipoproteínas de alta densidad. *Cardiovascular Risk Factor*, 2, 51 – 57.

Dhingra, D., Kapoor, S. & Chandru, G. (1948). Analysis of mango seed kernel. *Oil technologies association of india*, 3, 39-44. Citado por: Moharram, Y. & Moustafa, A. (1982). Utilisation of mango seed kernel (*mangifera indica* L.) as a source of oil. *Food Science and Technology*, 8(4), 269-276.

Dhingra, S. & Kapoor, A. (1985). Nutritive value of mango seed kernel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6, 752-756.

Espinal, C., Martínez, H. & Peña, Y. (2008). *La cadena de los frutales de exportación en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Bogotá, Colombia: Ministerio de agricultura y desarrollo rural.

- Faraoni, A., Mota, A. & Stringheta, P. (2009). Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 11(1), 9-14.
- Fennema, O & Tannenbaum, S. (2000). *Química de los Alimentos* (2a. ed). España: Editorial Acribia.
- Foda, Y., Hamed, M. & Abi-Allah, M. (1971). Utilization of mango seed kernel. Studies on the oil obtained from mango seed kernel. *Research Bulletin*, 13, 455.
- Fowomola, M. (2010). Some nutrients and antinutrients contents of mango (*Mangifera Indica L.*) seed. *African Journal of Food Science*, 4(8), 472-476.
- Franco, T. e Hidalgo, R. (2003). *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos I.P.G.R.I.
- Gabino, G & Valdés, M. (2012). *Avances en las investigaciones farmacológicas y toxicológicas con el extracto acuoso de la corteza del árbol de mango (Mangifera indica L.)*. Antofagasta, Chile: Panel de Editores.
- Gálvez, D., Salvador, M. & Mayek, N. (s.f.). Diversidad morfológica del fruto en germoplasma nativo de mango *Mangifera indica L. (Anacardiaceae)* nativo de Chiapas, México. *Cuadernos de Biodiversidad*, 24, 10-19.
- García, M., Baena, D. & Vallejo, F. (2006). *Estudio de la diversidad genética de las accesiones de Capsicum spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

- García, J., Floriano, J., Corredor, J., Bernal, J., Vásquez, L., Sandoval, A.,... Gómez, G. (2010). *Descripción de las variedades de mango criollo colombiano*. Espinal, Colombia: CORPOICA.
- Gil, A. (2009). *Análisis del perfil de ácidos grasos, vitamina E y situación actual del etiquetado nutricional en aceites vegetales de mayor comercialización por almacenes de grandes superficies* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Gioielli, L., Lannes, S., & Medeiros, M. (2004). Propiedades reológicas de las grasas de cupuaçu y del cacao. *Grasas y aceites*, 55(2), 115-121.
- González, F., Beltrán, M. & Vargas, M. (2010). Evaluación de la capacidad antioxidante y determinación de fenoles totales presente en la semilla y aceite de chía (*Salvia hispánica L.*). En evento Nacional, XVII Congreso Nacional de ingeniería bioquímica. VI congreso internacional de ingeniería bioquímica. VII jornadas científicas de biomédica y biotecnología molecular. (México D.F.) Presentación oral.
- González, M., Forero, M. & Sandoval, A. (s.f.). Efecto del tratamiento enzimático en la extracción de aceite de aguacate (*Persea americana Mill*). *Revista CORPOICA*, Espinal, Colombia.
- Grasso, F. (2013). *Diseño del proceso: pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna* (Tesis doctoral), Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Guerra, E. & Zúñiga, M. (2003). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, *Vitis vinifera*, por prensado en frío. *Revista grasas y aceites*, 54 (1), 53-57.

Gutiérrez, B. (2003). *Proyecto de inversión de una planta de extracción y empaque de aceite de aguacate para el rancho villa reguero* (Tesis de posgrado). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.

Herbario Nacional Colombiano. Instituto de Ciencias Naturales, Colecciones científicas [En línea]. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN>.

Heredia, P., Del Castillo, S., Bejarano, P. & Gordillo, M. (2007). *Información nutricional para tres regiones de Colombia: Costa Atlántica, Nariño, Cauca y Valle contrato CIAT No. 610994*. Bogotá, Colombia: Fundación colombiana para la promoción de la seguridad alimentaria y nutricional, Centro internacional de agricultura tropical C.I.A.T.

Herrera, C., Bolaños, N & Lutz, G. (2003). *Química de alimentos: Manual de laboratorio* (1a. ed.). San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 218), Grasas y Aceites, Método de determinación del Índice de acidez*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 235), Grasas y Aceites, Método de determinación del Índice de saponificación*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 236), Grasas y Aceites, Método de determinación del Índice de peróxidos*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 283), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de yodo*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 289), Grasas y Aceites, Método de determinación del Índice de refracción*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). *Norma Técnica Colombiana (NTC 336), Grasas y Aceites Animales y Vegetales, Método e la Determinación de la Densidad (Masa por Volumen Convencional)*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2008). *Norma Técnica Colombiana (NTC 574), Manteca de cacao*. Bogotá Colombia: Autor.

Instituto Internacional de Recursos Genéticos I.P.G.R.I. (2006). *Descriptor para Mango (Mangifera indica L.)*. Roma, Italia: Autor.

Jahurul, M., Zaidul, I., Norulaini, N., Sahena, F., Jinap, S., Azmir, J. & Mohd Omar, A. (2012). Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 467-476.

Juliano, B. (1994). *El arroz en la nutrición humana*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura F.A.O.

Kabuki, T., Nakajima, H., Arai, M., Ueda, S., Kuwabara, Y. & Dosako, S. (2000). Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica L.*) kernel seeds. *Food chemistry*, 71(1), 61-66.

Kaphueakngam, P., Flood, A. & Sonwai, S., (2009). Production of cocoa butter equivalent from mango seed almond fat and palm oil mid-fraction. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 441–447.

- Kittiphoom, S. (2012). Utilization of mango seed. *International food research journal*, 19(4), 1325-1335.
- LIZT, R. (1997). *The mango: Botany, production and uses*. New York: CAB International.
- Mahale, S. & Goswami-Giri, A. (2012). Composition and characterization of refined oil compared with its crude oil from waste obtained from *Mangifera indica L.* *Asian J. Research Chem*, 4(9), 1415-1419.
- Malundo, T., Shewfelt, R. & Baldwin, E. (2001). Sugars and acids influence flavor properties of mango (*Mangifera indica L.*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(1), 115-121.
- Martínez, V. (2006). *Propiedades de los mangos. El mundo de las plantas*. Recuperado de <http://www.botanical-online.com/mangospropiedadesalimentarias.htm>.
- Mata, P., De Oya, M., Pérez-Jiménez, F., & Ros Rahola, E. (1994). Dieta y enfermedades cardiovasculares. Recomendaciones de la Sociedad Española de Arteriosclerosis. *Clin Invest Arterioscl*, 6(2), 43-61.
- Mataix, J. & Gil, A. (Eds.). (2004). *Libro Blanco de los omega-3: Los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud*. Granada, España: Puleva Food.
- Medina, G. (s.f.). *Aceites y grasas comestibles*. Recuperado de [http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma\\_Medina/Grasasyaceites/Documento\\_Grasas\\_y\\_aceites.pdf](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma_Medina/Grasasyaceites/Documento_Grasas_y_aceites.pdf).

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2011). *Área, producción y rendimientos del cultivo de mango en Colombia*. Recuperado de <http://www.sioc.gov.co/AREAPRODUCCION/AreaProduccion31.pdf>.
- Moharram, Y. & Moustafa, A. (1982). Utilisation of mango seed kernel (*Mangifera indica* L.) as a source of oil. *Food Science and Technology*, 8(4), 269-276.
- Mora, J., Gamboa, J. & Murillo, R. (2002). *Guía para el Cultivo del Mango*. Recuperada de [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-mango.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-mango.pdf).
- Morago, L. & Martín, C. (2005). *El aceite: valor nutritivo*. Recuperada de [http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/aceite\\_de\\_oliva.pdf#page=27](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/aceite_de_oliva.pdf#page=27).
- Moreno, M. (1999). Evaluación fisicoquímica de una harina integral proveniente semillas de mango (*Mangifera indica* L. Var. Bocado). *Revista SABER*, 11(2), 25-27.
- Mukherjee, S. (1951) Pollen analysis in *Mangifera* in relation to fruit set and taxonomy. *Journal of the Indian Botanical Society*, 30, 49–55.
- National Institute of Standards, & Technology. (2008). *National institute of standards and technology special publication*. Estados Unidos: Autor.
- Nivón, R. (2009). *Tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas para la extracción (on r n s r ph lu ns) de los aceites “o y A k ns”* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Puebla, México.
- Nzikou, J., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou-Tobi, N., Ndangui, C.,... Desobry, S. (2010). Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*). *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(1), 31-35.

Ordoñez, L. (2002). *Estudio generación de residuos vegetales en el Valle del cauca*. Palmira, Valle del Cauca: Universidad Nacional de Colombia.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma, Italia: Autor.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2001). *Situación actual del mercado*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/MEETING/004/Y1982s.HTM>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2002). *Tabla de composición de alimentos de América latina*. Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. Statistics Data base [Faostat]. [En línea]. [http://faostat3.fao.org/home/index\\_es.html?locale=es#VISUALIZE](http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#VISUALIZE).

Ospina, S., Hernández, E. & Lozano, C. (2012). *Estudio experimental de residuos agroindustriales de mango (Mangifera Indica L) usando Saccharomyces cerevisiae* (Tesis de grado). Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia.

Pascual, S., Vilchis, G., Álvarez, C. & Trejo, M. (2008). *Caracterización del aceite obtenido de almendras de diferentes variedades de mango y su aplicación como sustituto de manteca de cacao en rellenos y coberturas de chocolate*. Recuperado de [http://.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008 ... A068.pdf](http://.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008.../A068.pdf).

Portillo, J., Basilio, J., Arana, A., Contreras, L., Bojórquez, S., Estrada, L.,... Dávila, H. (2012). Utilización de harina de almendra de mango cruda en la alimentación de gallinas productoras de huevo para consumo. *Memorias: VII Cátedra CUMEX, Aline Schunemann*, 28-30.

- Ramírez, R., Quijada, O., Castellano, G., Burgos, M., Camacho, R. & Marin C. (2010). Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera Indica L*) en el municipio mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 10(2), 65-72.
- Regulo, J. & Vega, D. (1992). *Fruticultura Colombiana: El mango*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano agropecuario ICA.
- Rojas, F & Burbano, F. (2011). *Efecto de un pretratamiento enzimático en el proceso de obtención de aceite de la semilla del mango (Mangifera indica L.)* (Tesis de pregrado). Universidad del valle, Cali, Colombia.
- Salazar, R. (s.f). *El cultivo del mango*. Palmira, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- Santos, A., Mota, A. & Stringheta, P. (2009). Caracterização da Manga Orgânica Cultivar Ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 11(1), 9-14.
- Singleton, V., Orthofer R. & Lamuela R. (1991). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Solís-Fuentes, J. & Durán-de-Bazúa, M. (2004). Mango seed uses: Thermal behaviour of mango seed almond fat and its mixtures with cocoa butter. *Bioresource technology*, 92(1), 71-78.
- Soto, E., Avilán, L., Unai, E., Rodríguez, M. & Ruiz, J. (2004). Comportamiento y características de algunos cultivares promisorios de mango. *Revista Agronomía tropical*, 54(2), 179-201.

- Subía, C. (2012). *Caracterización agronómica, bromatológica, isoenzimática y radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (Amaranthus spp.) colectadas en las principales áreas de producción de México* (Tesis de Maestría). Colegio de postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, México D.F.
- Sumaya, M., Sánchez, L., Torres, G. & García, D. (2012). Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16(30), 826-833.
- Tafur, R. & Toro, J. (2006). *Panel Nacional de expertos en Mango*. Cali, Colombia: Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle. Citado por: Bonilla, M., Toro, J., Mejía, A., Landínes, L., Castellanos, J. & Cardozo, F. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de mango criollo procesado para exportación en Colombia*. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Tanilgan, K., Özcanb, M. M., & Ünverb, A. (2007). Physical and chemical characteristics of five Turkish olive (*Olea europea L.*) varieties and their oils. *Grasas y Aceites*, 58(2), 142-147.
- Tapia, M., Pérez, B., Cavazos, J. & Mayett, Y. (2012). Obtención de aceite de semilla de mango manila (*Mangifera indica L.*) Como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales. *Revista Mexicana de agronegocios*, 32, 258-266.
- Torres, J. (2007). *Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (Mangifera Indica L.)* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Valderrama, J., Mery, A. & Aravena, F. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte 2: extracción de aceite. *Información Tecnológica*, 5(3), 91-95.

Valencia, R., Lobo, M. & Ligarreto, G. (2010). Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. *Revista CORPOICA*, 11, 85-94.

Van, P., Walter, M., Boni, L., Foma N. & Hendrickx, A. (1981). Fatty acid composition and characteristics of the kernel fat of different mangoes. *J. Sci. Food Agric*, 32, 485-488.

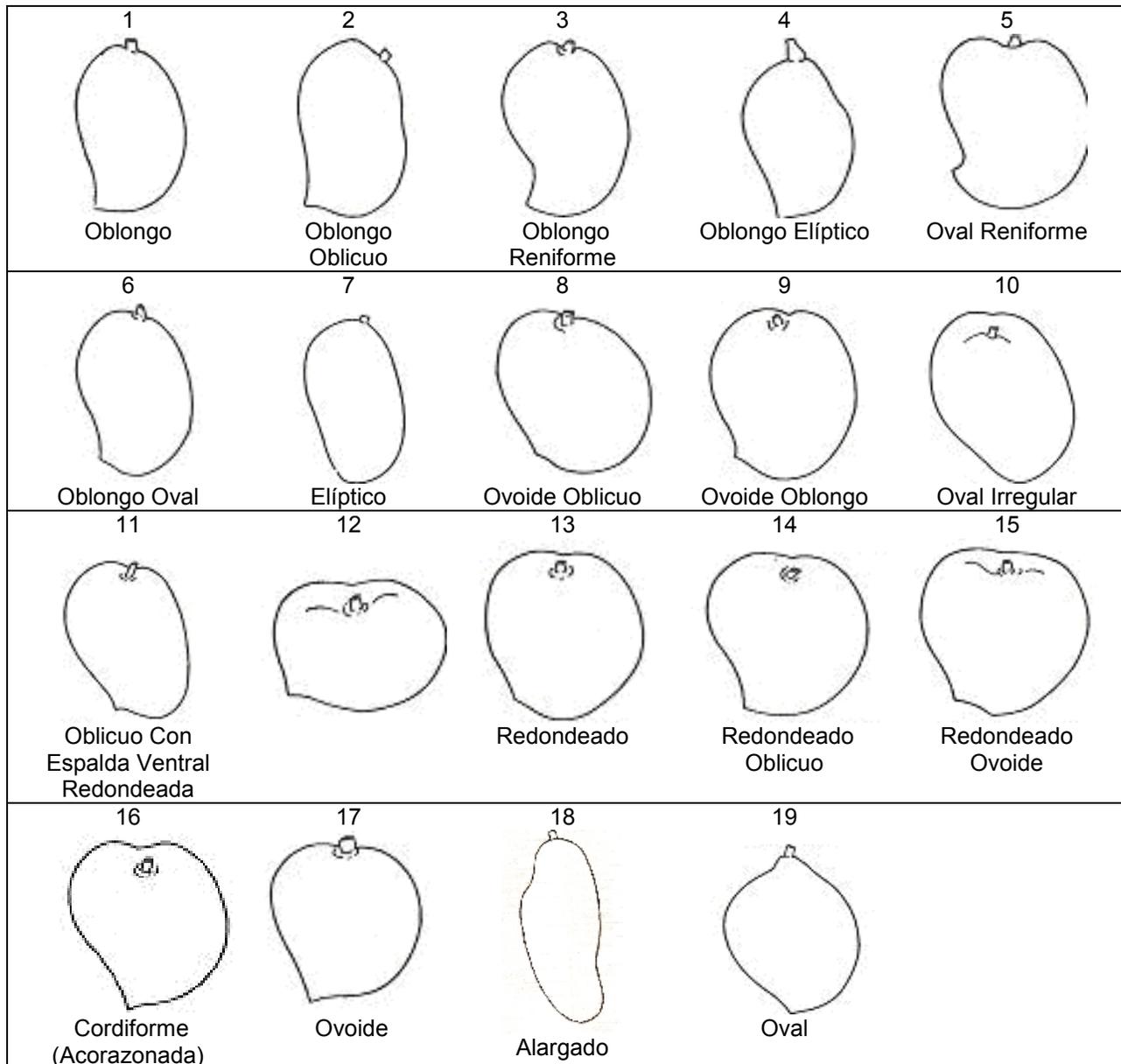
Yahia, E. (2006). *El mango*. Mexico D.F : Editorial Trillas.

# **ANEXOS**

**Anexo A.** Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango (*Mangifera Indica L.*).

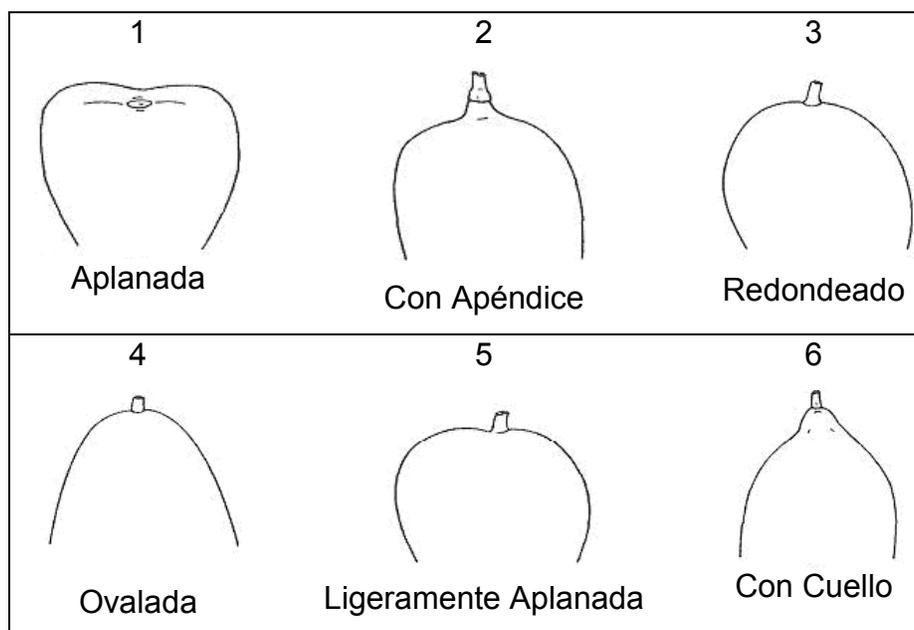
- Descriptores cualitativos.

Forma del fruto (FORM\_FRUT):



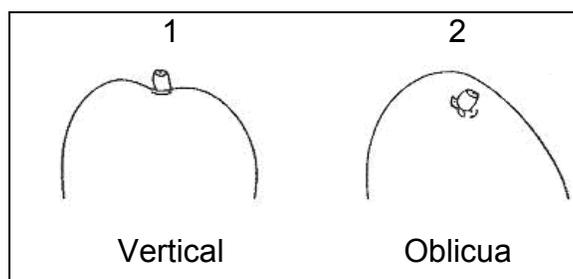
Fuente: Avilán et al. (2002).

Forma de la base del fruto (FORM\_BASE\_FRUT):



Fuente: Avilán et al. (2002)

Inserción del fruto en el tallo (INS\_FRUT\_TALL):



Fuente: Avilán et al. (2002).

Inserción del pedúnculo en el fruto (INS\_PED\_FRUT):

1	2	3
Débil	Intermedio	Fuerte

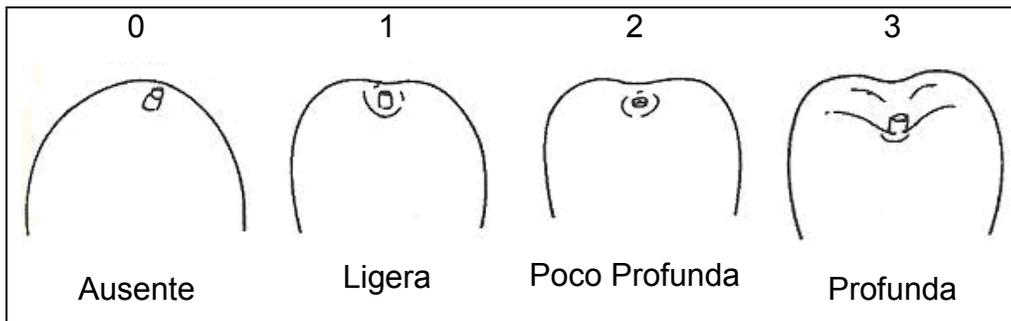
Fuente: IPGRI (2006).

Cantidad de látex que exuda el pedúnculo (CANT\_LAT\_EXDA\_PED):

0	1	2	3
Ausente	Bajo	Medio	Alto

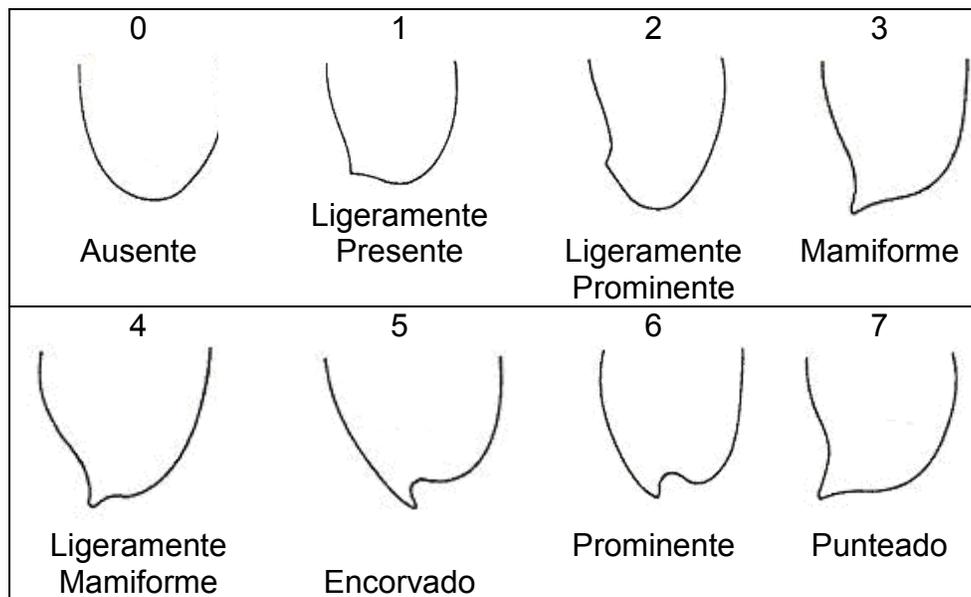
Fuente: IPGRI (2006).

Cavidad peduncular (CAV\_PED):



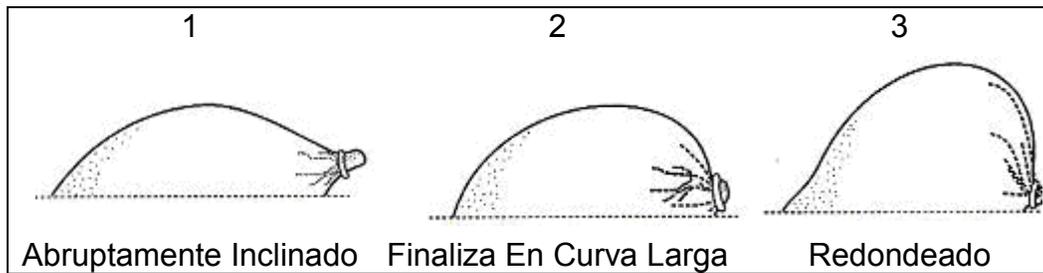
Fuente: Avilán et al. (2002)

Forma del pico del fruto (FORM\_PIC\_FRUT):



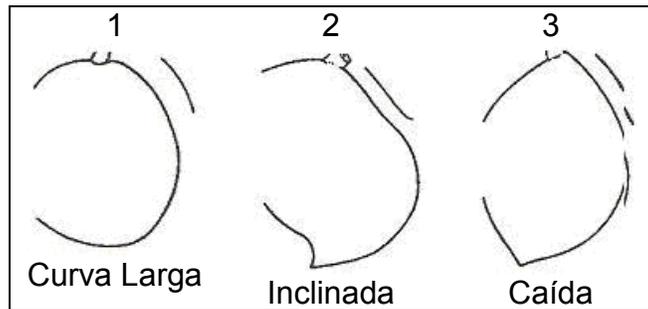
Fuente: Avilán et al. (2002).

Hombro ventral (HOMB\_VENT):



Fuente: IPGRI (2006).

Hombro dorsal (HOMB\_DORS):



Fuente: Avilán et al. (2002).

Posición de los hombros (POS\_ HOMB):

1	2	3
Al nivel	Dorsal más alto que ventral	Ventral más alto que el dorsal

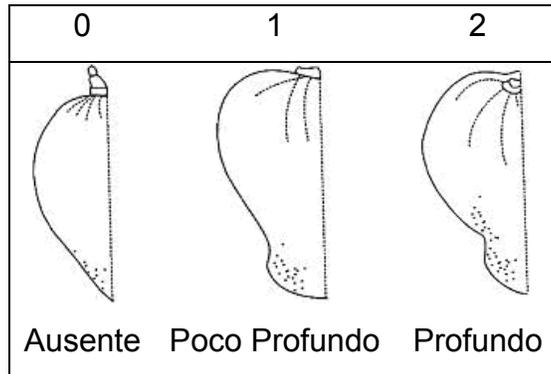
Fuente: IPGRI (2006).

Seno (SENO):

0	1
Ausente	Presente

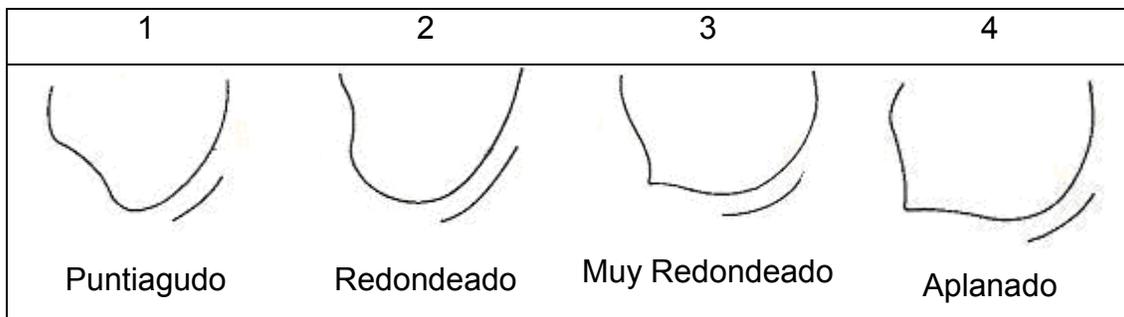
Fuente: IPGRI (2006).

Tipo de seno (T\_SENO):



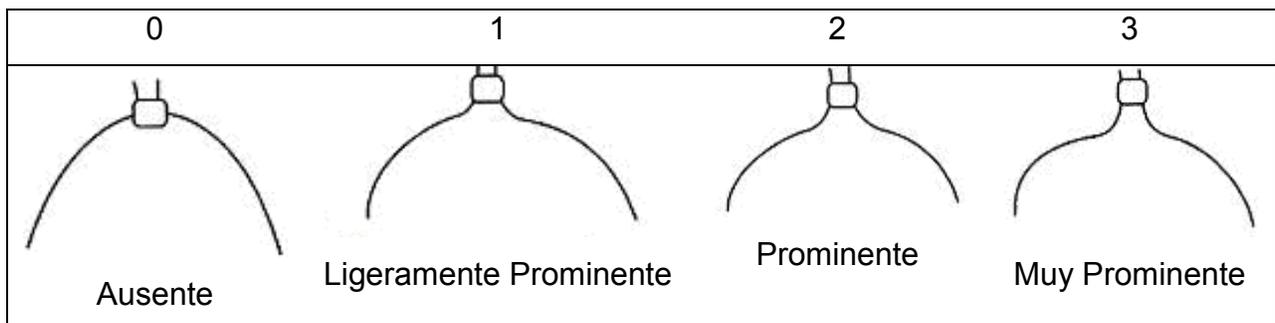
Fuente: IPGRI (2006).

Forma del ápice (FORM\_APIC):



Fuente: Avilán et al. (2002).

Prominencia del cuello (PROM\_CUELL):



Fuente: IPGRI (2006).

Textura de la cáscara (TEX\_ CASC):

1	2
Liso	Rugoso

Fuente: IPGRI (2006).

Cerosidad de la cáscara (CER\_ CASC): Se refiere a una especie de polvo céreo que cubre la cáscara.

0	1
No Cerosa	Cerosa

Fuente: IPGRI (2006).

Color de la cáscara del fruto (COL\_FRUT): El color de la cáscara del fruto maduro fue calificado dependiendo del color base.

1	2	3	4	5	6
Verde	Amarillo	Naranja	Purpura	Rojo	otro

Fuente: IPGRI (2006).

Color del rubor del fruto (RUB\_FRUT): El color del rubor del fruto es el que se encuentra en la parte superior del fruto, como un color complementario.

1	2	3	4
Naranja	Purpura	Rojo	Amarillo

Fuente: IPGRI (2006).

Tamaño de las lenticelas (TAMA\_ LENTIC): Se determina el tamaño relativo de las mismas mediante las siguientes categorías:

1	2
Pequeñas	Grandes

Fuente: IPGRI (2006).

Densidad de las lenticelas (DENS\_ LENTIC): Se evaluó la frecuencia de dichas estructuras, mediante las siguientes categorías:

0	1	2
Ausentes	Pocas	Numerosas

Fuente: IPGRI (2006).

Adherencia de la cáscara a la pulpa (ADHE\_CASC\_PULP):

0	1	2	3
Ausente	Débil	Intermedio	Fuerte

Fuente: IPGRI (2006).

Aroma de la Pulpa (AROM\_PULP): Se determina la intensidad del aroma emitido por la pulpa, se establecieron tres categorías:

1	2	3
Leve	Intermedio	Fuerte

Fuente: IPGRI (2006).

Color de la pulpa (COL\_PULP):

1	2	3	4	5
Amarillo Claro	Amarillo Oro (Dorado)	Amarillo Naranja	Naranja	Amarillo Verdoso
6	7	8	9	
Amarillo	Naranja Claro	Naranja Oscuro	Otro	

Fuente: IPGRI (2006).

Textura de la pulpa (TEX\_PULP):

1	2	3
Suave	Intermedio	Firme

Fuente: IPGRI (2006).

Jugosidad de la pulpa (JUGO\_PULP):

1	2	3
Poco Jugosa	Jugosa	Muy Jugosa

Fuente: IPGRI (2006).

Sabor de la pulpa (SAB\_PULP):

0	1	2
Ausente	Leve	Intermedio

Fuente: IPGRI (2006).

Presencia de fibras (PRES\_FIB):

0	1
Ausente	Presente

Fuente: IPGRI (2006).

Cantidad de fibras en la pulpa (CANT\_FIB\_PULP):

0	1	2	3
Ausente	Bajo	Intermedio	Alto

Fuente: IPGRI (2006).

Adherencia de fibra al endocarpo (ADHE\_FIB\_ENDO):

1	2	3
Débil	Intermedio	Fuerte

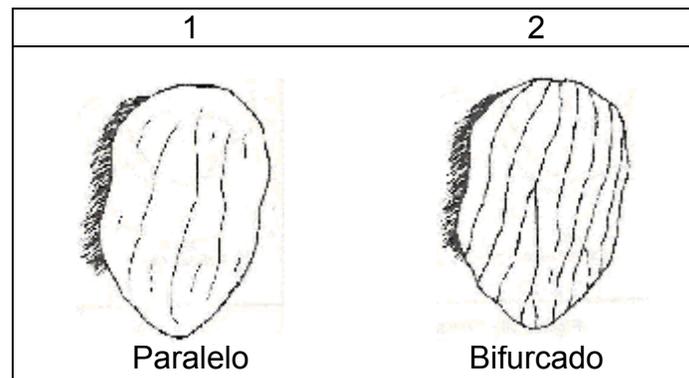
Fuente: IPGRI (2006).

Textura de la fibra en el endocarpo (TEX\_FIB\_ENDO):

1	2
Suave	Coriáce

Fuente: IPGRI (2006).

Patrón de venación del endocarpo (PATR\_VENA\_ENDO):



Fuente: Avilán et al. (2002).

Tipo de venación del endocarpo (T\_VENA\_ENDO):

1	2	3
Leve	Deprimida	Elevada

Fuente: IPGRI (2006).

Cantidad de fibra sobre el endocarpo (CANT\_FIB\_ENDO):

1	2	3
Leve	Intermedia	Alta

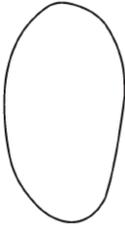
Fuente: IPGRI (2006).

Espacio ocupado por la semilla en el endocarpo (ESP\_OCUP\_SEM\_ENDO):

0	1	2	3
≤25 %	26 %- 50 %	51 % - 75 %	76 % -100 %

Fuente: IPGRI (2006).

Forma de la semilla (FORM\_SEM):

0	1	2	3
			
Elíptica	Oblonga	Reniforme	Otra

Fuente: IPGRI (2006).

Tipo de embrión (T\_EMB):

1	2
Monoembriónico	Poliembriónico

Fuente: IPGRI (2006).

- Descriptores Cuantitativos.

Longitud del fruto (LONG\_FRUT): Es la medida comprendida desde el ápice hasta la base. Se mide con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Diámetro del fruto (DIA\_FRUT): Es la medida tomada desde el hombro dorsal hasta el ventral. Se mide con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Relación longitud – diámetro (REL\_LONG\_DIA): Es la relación entre la longitud y el diámetro, sirviendo como indicador para la forma del fruto.

Grosor del fruto (GROS\_FRUT): Comprende la medida tomada desde los lados opuestos de los hombros. Se mide con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Peso del fruto (PES\_FRUT): Se determina con una balanza analítica marca Ohaus<sup>®</sup>, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Grosor de la cascara (GROS\_CASC): Es medida con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Firmeza del fruto (FIRM\_FRUT): Con un Penetrómetro marca TR (FRUIT PRESSURE TESTER) modelo, FT 327 (con rango de 1 a 13 kg/cm<sup>2</sup>), determinando la firmeza del fruto registrada en Kilogramos-fuerza (kgf).

Peso de la cáscara (PES\_CASC): Se determina con una balanza analítica marca Ohaus<sup>®</sup>, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Porcentaje de la cáscara (PORC\_CASC): El porcentaje de la cáscara se utiliza para medir el rendimiento de cada accesión. Se utiliza la siguiente ecuación (Ec. 5.):

$$\% \text{ cascara: } \frac{\text{Peso de la cascara}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

Ec. 5.

Grosor de la pulpa (GROS\_PULP): Se utiliza un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando un promedio de tres medidas, en el medio, el ápice y la base en centímetros (cm).

Longitud de la fibra en la pulpa (LONG\_FIB\_PULP): Se selecciona la fibra más larga que se pueda de la pulpa y se mide con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Peso de la pulpa (PES\_PULP): Se determina con una balanza analítica marca Ohaus<sup>®</sup>, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Porcentaje de pulpa (PORC\_PULP): El porcentaje de la pulpa se utiliza para medir el rendimiento de cada accesión. Se utiliza la siguiente ecuación (Ec. 6.):

$$\% \text{ Pulpa: } \frac{\text{Peso de la pulpa}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

Ec. 6.

Peso del endocarpo y la semilla (PES\_ENDO\_SEM): Se registra el peso con una balanza analítica marca Ohaus<sup>®</sup>, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Longitud del endocarpo (LONG\_ENDO): La medida se toma entre el ápice y la base, con un calibrador marca Mitutoyo<sup>®</sup>, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Diámetro del endocarpo (DIA\_ENDO): Se mide desde la parte dorsal hasta la ventral, con un calibrador marca Mitutoyo®, de referencia Cd – 62 CSX, modelo AbsoluteDigimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Grosor del endocarpo (GROS\_ENDO): La medida se toma de los lados opuestos de la parte dorsal y ventral del endocarpo, con un calibrador marca Mitutoyo®, de referencia Cd – 62 CSX, modelo Absolute Digimatic, registrando los valores en centímetros (cm).

Peso del endocarpo (PES\_ENDO): Al separar el endocarpo de la semilla, se pesa con una balanza analítica marca Ohaus®, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Porcentaje del endocarpo (PORC\_ENDO): El porcentaje del endocarpo se utiliza para medir el rendimiento de residuos, pues esta parte del fruto no es utilizado en la industria. Se utiliza la siguiente ecuación (Ec. 7):

$$\% \text{ Endocarpo: } \frac{\text{Peso del endocarpo}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

Ec. 7.

Longitud de la semilla (LONG\_SEM): Se mide la semilla desde el ápice hasta la base, con un calibrador, registrando los datos en centímetros (cm).

Diámetro de la semilla (DIA\_SEM): La medida del diámetro de la semilla, se determina con un calibrador, considerando la parte dorsal y ventral de la misma.

Grosor de la semilla (GROS\_SEM): Es la medida de las caras opuesta de la parte dorsal y ventral.

Peso de la semilla (PES\_SEM): Se determina por medio de una balanza analítica marca Ohaus®, modelo Adventure Pro AV412, registrando los valores en gramos (g).

Porcentaje de semilla (PORC\_SEM): El porcentaje de la semilla se utiliza para medir el rendimiento de semilla para cada accesión. Se utiliza la siguiente ecuación (Ec. 8):

$$\% \text{ Semilla: } \frac{\text{Peso de la semilla}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

Ec. 8.

**Anexo B.** Características cuantitativas del fruto de mango (*Mangifera Indica L.*).

ACCESIÓN	LONG_FRUT (cm) <sup>1</sup>	DIA_FRUT (cm) <sup>1</sup>	REL_LONG_DIA (cm) <sup>1</sup>	GROS_FRUT (cm) <sup>1</sup>	PES_FRUT (g) <sup>1</sup>	GROS_CASC (cm) <sup>1</sup>	FIRM_FRUT (kgf) <sup>1</sup>	PES_CASC (g) <sup>1</sup>	PORC_CASC (%) <sup>1</sup>	GROS_PULP (cm) <sup>1</sup>	LONG_FIB_PULP (cm) <sup>1</sup>	PES_PULP (g) <sup>1</sup>
<b>Albania</b>	10.06 f	9.29 b	1.08 o	8.51 b	470.56 b	0.12 b	1.05 bc	51.37 bc	11.00 jk	1.79 b	5.45 f	381.77 b
<b>Bocao</b>	8.39 jk	5.18 m	1.62 e	4.95 l	132.35 jk	0.12 b	0.42 ghi	19.31 k	14.76 bc	0.63 jk	6.27 ef	86.59 ij
<b>Chanqueteo</b>	14.00 a	6.44 j	2.18 a	5.76 i	285.60 ef	0.09 def	0.89 cd	39.65 de	13.92 cde	0.90 fg	10.95 a	208.74 e
<b>Chanqueteo Rosado</b>	13.43 b	6.41 j	2.10 b	5.83 i	278.15 f	0.08 fgh	1.25 ab	34.49 fg	12.33 ghi	0.83 ghi	8.27 b	202.24 ef
<b>Chupa</b>	11.75 d	6.84 hi	1.72 d	6.17 h	275.37 f	0.09 def	0.07 j	40.52 d	14.71 bcd	0.84 gh	6.89 de	197.06 ef
<b>Edward</b>	10.68 e	8.55 cd	1.25 kl	8.31 b	424.95 c	0.10 cd	0.50 fgh	52.26 b	12.32 ghi	1.59 c	8.03 bc	332.69 c
<b>HilAnt05</b>	8.53 hij	6.68 i	1.28 jk	6.56 f	212.93 h	0.09 def	0.72 def	31.06 fgh	14.64 bcd	1.01 ef	8.21 b	147.49 h
<b>HilAnt07</b>	8.75 hi	6.88 hi	1.27 jk	6.70 f	233.21 gh	0.05 j	0.85 cde	30.49 gh	13.16 efg	1.02 ef	8.18 b	166.58 gh
<b>HilAnt15</b>	8.80 h	6.72 i	1.31 ij	6.61 f	225.06 gh	0.07 h	0.60 efg	31.00 fgh	13.65 cde	0.91 fg	8.33 b	155.33 h
<b>ICA 1837 (Filipino)</b>	12.94 c	10.66 a	1.21 lm	9.62 a	714.87 a	0.10 c	0.82 cde	71.50 a	10.00 k	2.24 a	7.07 cde	605.87 a
<b>ICA 1841 (Picuda)</b>	9.59 g	8.39 de	1.14 n	7.65 c	330.39 d	0.12 ab	0.11 j	42.01 d	12.64 fgh	1.33 d	5.53 f	255.83 d
<b>Kala Alphonso</b>	8.68 hij	7.23 g	1.20 m	6.50 fg	239.82 g	0.08 efg	0.27 hij	29.32 h	12.22 ghi	1.22 d	7.59 bcd	182.60 fg
<b>Lorito</b>	9.50 g	7.07 gh	1.35 hi	6.33 gh	238.80 gh	0.09 cde	0.10 j	40.29 d	16.95 a	0.71 ijk	7.88 bcd	158.54 h
<b>Lorito 1969</b>	10.21 f	7.52 f	1.36 h	6.93 e	310.28 de	0.13 a	0.23 hij	47.63 c	15.54 b	1.28 d	7.46 bcd	219.11 e
<b>Manzano Vallenato</b>	8.71 hij	8.28 e	1.05 o	7.29 d	305.43 de	0.09 cde	0.02 j	35.42 ef	11.58 ij	1.07 e	6.79 de	248.08 d
<b>Mariquiteño</b>	8.72 hij	7.30 fg	1.20 m	6.49 fg	219.69 gh	0.08 gh	0.29 hij	28.20 hi	12.92 efg	0.94 fg	5.97 ef	164.52 gh
<b>Pajarito</b>	10.28 f	5.57 l	1.85 c	5.22 jk	166.88 i	0.10 cd	1.34 a	24.42 ij	14.61 bcd	0.60 k	8.13 bc	105.71 i
<b>Pig 3736</b>	8.41 ijk	5.96 k	1.41 g	5.29 j	152.80 ij	0.09 cde	0.61 efg	20.14 jk	13.53 def	1.07 e	4.07 g	105.85 i
<b>Rosa</b>	8.15 k	5.29 m	1.54 f	5.05 kl	124.39 k	0.07 hi	0.87 cde	18.91 k	15.25 b	0.73 hij	4.31 g	82.15 j
<b>Van Dyke</b>	10.34 ef	8.75 c	1.18 mn	7.77 c	418.76 c	0.06 ij	0.20 ij	49.60 bc	11.86 hij	1.51 c	6.81 de	329.98 c

Fuente: Autor.

n = 20. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

<sup>1</sup> Abreviaturas utilizadas se encuentran descritas en el Anexo A. Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango (*Mangifera Indica L.*).

Anexo B. (Continuación).

ACCESIÓN	PORC_PULP (%) <sup>1</sup>	PES_ENDO_SEM (g) <sup>1</sup>	LONG_ENDO (cm) <sup>1</sup>	DIA_ENDO (cm) <sup>1</sup>	GROS_ENDO (cm) <sup>1</sup>	PES_ENDO (g) <sup>1</sup>	PORC_ENDO (%) <sup>1</sup>	LONG_SEM (cm) <sup>1</sup>	DIA_SEM (cm) <sup>1</sup>	GROS_SEM (cm) <sup>1</sup>	PES_SEM (g) <sup>1</sup>	PORC_SEM (%) <sup>1</sup>
<b>Albania</b>	81.03 b	37.42 cde	7.44 fg	4.53 a	1.96 def	20.43 c	4.33 g	5.49 fg	3.46 a	1.63 e	16.99 ghi	3.64 k
<b>Bocao</b>	65.21 k	26.45 gh	7.29 gh	3.11 j	1.99 cde	9.10 k	6.95 de	6.04 de	2.46 e	1.65 de	17.35 fgh	13.09 a
<b>Chanclero</b>	73.03 fg	37.21 cde	12.00 a	3.54 g	1.86 g	19.04 cd	6.71 e	5.97 e	2.88 cd	1.51 f	18.16 efg	6.34 gh
<b>Chanclero Rosado</b>	72.59 gh	41.42 b	12.07 a	3.56 g	2.03 cd	20.32 c	7.36 de	6.78 b	2.87 cd	1.65 de	21.10 abc	7.73 e
<b>Chupa</b>	71.59 ghi	37.78 cd	9.70 b	3.40 h	2.03 cd	19.42 c	7.04 de	6.35 cd	2.81 d	1.67 de	18.36 efg	6.66 fg
<b>Edward</b>	78.25 c	40.00 bc	7.72 ef	3.87 def	2.07 bc	17.08 de	4.04 g	6.56 bc	3.42 a	7.73 bcd	22.92 a	5.40 ij
<b>HilAnt05</b>	69.19 j	34.38 ef	6.85 ij	3.87 de	2.18 a	14.39 fgh	6.77 de	5.73 ef	2.98 bc	1.80 ab	19.99 cde	9.40 cd
<b>HilAnt07</b>	71.26 hi	36.14 de	7.03 hi	3.77 ef	2.21 a	16.01 efg	6.91 de	5.77 ef	2.97 bc	1.73 bcd	20.13 bcd	8.67 d
<b>HilAnt15</b>	69.04 j	38.73 bcd	7.22 gh	3.89 de	2.21 a	16.71 e	7.46 cd	6.06 de	2.84 cd	1.81 ab	22.01 abc	9.85 c
<b>ICA 1837 (Filipino)</b>	84.67 a	37.51 cde	9.37 c	4.55 a	1.89 fg	16.29 ef	2.29 h	6.37 cd	3.44 a	1.62 e	21.21 abc	3.04 k
<b>ICA 1841 (Picuda)</b>	77.44 cd	32.55 f	6.76 ijk	3.91 d	1.96 def	13.33 hi	4.09 g	5.31 gh	3.33 a	1.64 de	19.22 def	5.83 hi
<b>Kala Alphonso</b>	76.08 de	27.90 g	6.49 kl	3.98 cd	2.01 cd	13.74 hi	5.75 f	5.13 h	3.04 b	1.69 cde	14.17 j	5.95 ghi
<b>Lorito</b>	66.07 k	39.97 bc	7.95 e	4.06 c	2.18 a	22.72 b	9.68 a	5.72 ef	2.88 cd	1.81 b	17.26 fgh	7.30 ef
<b>Lorito 1969</b>	70.35 ij	43.54 a	8.01 e	3.94 cd	1.91 efg	25.20 a	8.15 bc	6.53 bc	2.99 bc	1.47 f	18.34 efg	5.96 ghi
<b>Manzano Vallenato</b>	81.21 b	21.94 i	6.24 l	3.74 f	1.77 h	6.53 l	2.15 h	5.24 gh	3.08 b	1.49 f	15.41 ij	5.07 j
<b>Mariquiteño</b>	74.67 ef	26.97 g	6.20 l	3.92 cd	1.92 efg	15.27 efg	7.01 de	4.53 i	2.79 d	1.49 f	11.70 k	5.40 ij
<b>Pajarito</b>	63.34 l	36.74 de	8.75 d	3.24 i	2.19 a	14.13 gh	8.45 b	7.22 a	2.54 e	1.77 abc	22.62 a	13.60 a
<b>Pig 3736</b>	68.75 j	26.82 g	6.62 jk	3.20 ij	2.15 ab	10.63 jk	7.01 de	5.51 fg	2.79 d	1.85 a	16.19 hij	10.71 b
<b>Rosa</b>	65.89 k	23.33 hi	6.44 kl	2.85 k	1.92 efg	11.84 ij	9.51 a	5.33 gh	2.42 e	1.52 f	11.49 k	9.34 cd
<b>Van Dyke</b>	78.66 c	39.19 bcd	7.54 fg	4.25 b	2.03 cd	17.01 e	4.11 g	5.80 ef	3.39 a	1.69 cde	22.18 ab	5.38 ij

Fuente: Autor.

n = 20. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

<sup>1</sup> Abreviaturas utilizadas se encuentran descritas en el Anexo A. Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango (*Mangifera Indica L.*).

**Anexo C.** Características cualitativas del fruto de mango (*Mangifera indica* L.).

ACCESIÓN	FORM_FRUT <sup>T</sup>	FORM_BASE_FRUT <sup>T</sup>	INS_FRUT_TALL <sup>1</sup>	INS_PED_FRUT <sup>T</sup>	CANT_LAT_EXDA_PED <sup>T</sup>	CAV_PED <sup>T</sup>	FORM_PIC_FURT <sup>T</sup>	HOMB_VENT <sup>T</sup>	HOMB_DORS <sup>T</sup>	POS_HOMB <sub>1</sub>	SENO <sup>1</sup>	T_SENO <sup>1</sup>	FORM_APIC <sup>T</sup>	PROM_CUELL <sup>T</sup>	TEX_CASC <sup>1</sup>	CER_CASC <sup>1</sup>
Albania	11	1	2	2	2	3	1	3	3	3	1	1	3	0	1	1
Bocao	7	4	2	1	3	0	1	2	1	3	1	1	2	0	1	1
Chanclero	18	4	2	2	2	0	2	1	1	3	1	1	2	0	1	1
Chanclero Rosado	18	4	2	2	1	0	1	1	1	3	1	2	2	0	1	0
Chupa	18	4	1	1	3	0	0	1	3	3	1	2	3	0	1	1
Edward	6	3	1	1	2	0	1	3	1	3	1	1	2	0	1	1
HilAnt05	3	1	1	2	3	1	2	2	1	3	1	1	2	0	1	1
HilAnt07	3	1	1	2	3	2	2	2	1	3	1	1	2	0	1	1
HilAnt15	6	1	1	2	3	2	1	2	1	3	1	1	2	0	1	1
ICA 1837 (Filipino)	14	5	1	2	3	2	2	3	3	3	1	1	1	0	1	1
ICA 1841 (Picuda)	16	1	2	2	2	2	3	3	3	3	1	2	1	0	1	1
Kala Alphonso	8	1	1	1	2	1	1	3	3	3	1	1	2	0	1	1
Lorito	3	3	1	1	3	0	1	3	3	3	1	2	2	0	1	1
Lorito 1969	2	5	1	1	1	1	2	2	1	3	1	1	2	1	1	0
Manzano Vallenato	8	1	1	1	2	1	2	3	3	3	1	1	2	0	1	1
Mariquiteño	11	5	1	2	2	1	1	3	3	3	1	1	1	0	1	1
Pajarito	1	4	1	1	2	0	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1
Pig 3736	1	5	1	1	2	1	1	2	3	3	1	1	2	0	1	1
Rosa	6	5	2	1	2	1	2	2	1	3	1	1	1	0	1	1
Van Dyke	9	3	1	2	2	1	1	2	3	3	1	1	2	0	1	1

Fuente: Autor.

<sup>1</sup> Abreviaturas utilizadas se encuentran descritas en el Anexo A. Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango (*Mangifera Indica* L.).

Anexo C. (Continuación).

ACCESIÓN	COL_FRUT <sup>1</sup>	RUB_FRUT <sup>1</sup>	TAMA_LENTIC <sup>1</sup>	DENS_LENTIC <sup>1</sup>	ADHE_CASC_PULP <sup>1</sup>	AROM_PULP <sup>1</sup>	COL_PULP <sub>1</sub> <sup>1</sup>	TEX_PULP <sup>1</sup>	JUGO_PULP <sup>1</sup>	SAB_PULP <sup>1</sup>	PRES_FIB <sup>1</sup>	CANT_FIB_PULP <sup>1</sup>	ADHE_FIB_ENDO <sup>1</sup>	TEX_FIB_ENDO <sup>1</sup>	PATR_VENA_ENDO <sup>1</sup>	T_VENA_ENDO <sup>1</sup>	CANT_FIB_ENDO <sup>1</sup>	ESP_OCUP_SEM_ENDO <sub>1</sub> <sup>1</sup>	FORM_SEM <sup>1</sup>	T_EMB <sup>1</sup>
Albania	2	1	1	3	2	2	2	2	3	2	1	2	3	1	2	1	2	3	2	1
Bocao	2	4	1	3	2	1	3	1	2	1	1	3	3	1	1	1	3	3	2	1
Chanclero	2	3	1	3	2	1	3	1	2	2	1	3	3	2	2	0	2	3	2	1
Chanclero Rosado	2	3	1	3	1	1	4	2	2	2	1	3	3	1	1	2	3	2	2	1
Chupa	2	3	1	3	2	1	3	1	2	2	1	3	3	1	1	1	3	3	1	1
Edward	2	3	1	3	1	1	3	1	3	1	1	2	3	2	2	1	3	3	2	1
HilAnt05	2	3	1	3	1	1	3	1	3	1	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
HilAnt07	2	3	1	3	1	1	3	1	3	2	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
HilAnt15	2	3	1	3	1	1	3	1	3	1	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
ICA 1837 (Filipino)	1	4	1	3	3	1	3	1	2	3	1	1	1	1	2	0	2	2	2	1
ICA 1841 (Picuda)	2	4	1	3	3	2	3	1	3	2	1	2	3	2	2	0	2	3	2	1
Kala Alphonso	2	4	1	3	2	2	3	1	2	2	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
Lorito	2	3	1	3	2	2	3	1	3	2	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
Lorito 1969	2	3	1	3	3	2	3	1	3	2	1	2	3	2	2	2	3	3	2	0
Manzano Vallenato	2	3	1	3	2	1	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	2	3	2	1
Mariquiteño	2	4	2	3	1	1	4	1	2	2	1	2	3	1	2	1	3	3	2	1
Pajarito	2	3	1	3	2	1	3	1	2	3	1	3	3	1	2	1	2	3	2	1
Pig 3736	2	3	1	3	2	2	6	1	2	1	1	2	3	2	2	1	2	3	2	1
Rosa	2	4	1	3	2	2	3	1	2	2	1	3	3	1	2	1	3	3	2	1
Van Dyke	2	3	1	3	3	2	3	1	2	2	1	2	3	1	2	2	2	3	2	0

Fuente: Autor.

<sup>1</sup> Abreviaturas utilizadas se encuentran descritas en el Anexo A. Parámetros para la caracterización morfoagronómica del fruto de Mango (*Mangifera Indica* L.).

## Anexo D. Densidad relativa (NTC 336).

### Materiales.

Picnómetro.

Baño de agua  $T = 25 \text{ °C} \pm 0.20 \text{ °C}$ .

Termómetro.

Balanza analítica.

### Procedimiento.

Se calibra el picnómetro limpiándolo y secándolo cuidadosamente, se llena de agua destilada ( $\pm 20 \text{ °C}$ ). Se pone la tapa y se sumerge en un baño de agua a  $25 \text{ °C} \pm 0.2 \text{ °C}$  durante 30 min. Se extrae el picnómetro del baño, se seca perfectamente y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 30 min, se pesa. Se vacía el picnómetro, enjuagándolo varias veces con alcohol y éter, dejándolo secar perfectamente, se pesa. La muestra se enfría a aproximadamente  $20 \text{ °C}$ , llenando el picnómetro, evitando la formación de burbujas, se pone la tapa y se sumerge en el baño de agua a  $25 \text{ °C} \pm 0.2 \text{ °C}$  durante 30 min. Se extrae el picnómetro con la muestra del baño, se seca y se pesa.

### Cálculos.

$$G_1: M_1 - M$$

Dónde: Ec. 9.

$G_1$ : masa neta del aceite o grasa.

$M_1$ : masa del picnómetro con la muestra.

$M$ : masa del picnómetro vacío.

$$G_2: M_2 - M$$

Dónde: Ec. 10.

$G_2$ : masa neta del agua.

$M_2$ : masa del picnómetro con agua.

$$D_r: \frac{G_1}{G_2}$$

Dónde: Ec. 11.

$D_r$ : Densidad relativa del aceite o grasa a temperatura T (25°C) con respecto al agua a la misma temperatura.

**Anexo E.** Índice de refracción (NTC 289).

**Equipos.**

Refractómetro tipo Abbe a 20 °C - 25 °C.

**Procedimiento.**

Limpiar el prisma del instrumento, adicionar tres gotas de aceite, y realizar la lectura del índice de refracción.

**Anexo F.** Índice de Yodo (NTC 283).

**Reactivos.**

Solución de yodo de Wijs

Cloroformo

Yoduro de potasio al 15 % (KI)

Tiosulfato de sodio al 0.1 N ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )

Solución de almidón al 1 %

**Procedimiento.**

Se pesó alrededor de 0.2 g de grasa en un Erlenmeyer de 500 mL, la cual se disolvieron cuidadosamente en 10 mL de Cloroformo. Inmediatamente a la mezcla se le adicionó 25 mL de Solución de Wijs y se dejó reposar durante 1 h en la oscuridad agitando ocasionalmente.

Transcurrido este tiempo, se agregó 20 mL de Solución de Yoduro de Potasio (KI) al 15 % con agitación continua. Posteriormente, se adicionó 100 mL de agua recién hervida y enfriada. El yodo se tituló añadiendo gradualmente el Tiosulfato de Sodio a una concentración 0.1 N hasta que el color amarillo característico de este procedimiento

desapareciera. Finalmente, se adicionó 1 mL de indicador permitiendo que la titulación continuara hasta que el color azul desapareciera completamente.

**Cálculos:**

$$\text{Índice de yodo: } \frac{(V_b - V_m) * N * 12.69}{P_m}$$

Dónde:

Ec. 12.

$V_b$ : Volumen de tiosulfato gastado en el blanco.

$V_m$ : Volumen de tiosulfato gastado en la muestra.

$N$ : Normalidad del Tiosulfato utilizado, 0.1 N.

$P_m$ : Peso de la muestra.

**Anexo G. Índice de saponificación (NTC 335)**

**Reactivos.**

Solución de KOH 0.5 N alcohólica

Solución HCL 0.5 N

Indicador fenolftaleína al 1 % en alcohol

**Procedimiento.**

Pesar 0.5 g de aceite, adicionar 40 mL de solución de KOH alcohólica 0.5 N, poner en el condensador por 15 min hasta que la solución hierva y se saponifique la grasa, añadir 1 mL de fenolftaleína al 1 % como indicador en caliente, seguido de la titulación con HCL 0.5 N, agitar suavemente. Leer el volumen de HCL gastado en la titulación.

**Cálculos:**

$$\text{Índice de saponificación: } \frac{(V_b - V_m) * N * 56.1}{P_m}$$

Dónde:

Ec. 13.

$V_b$ : Volumen de HCL 0.5 N gastado en el blanco.

$V_m$ : Volumen de HCL 0.5 N gastado en la muestra.

N: Normalidad del HCL utilizado, 0.5 N.

P<sub>m</sub>: Peso de la muestra.

#### **Anexo H. Índice de acidez (NTC 218).**

##### **Reactivos.**

KOH 0.05 N

Indicador de fenolftaleína al 1 % en alcohol

Etanol al 95 %

##### **Procedimiento.**

Pesar 1 g de aceite en un erlenmeyer, añadir 10 mL de etanol neutralizado, mezclar bien. Añadir 2 gotas de fenolftaleína al 1 %, titular con KOH 0.05 N.

##### **Cálculos:**

$$\text{Índice de Acidez: } \frac{V_g * N * 0.282}{P_m} * 100$$

Dónde:

Ec. 14.

V<sub>g</sub>: Volumen de KOH 0.05 N gastado.

N: Normalidad del KOH utilizado, 0.05 N.

P<sub>m</sub>: Peso de la muestra.

#### **Anexo I. Índice de peróxidos (NTC 236).**

##### **Reactivos.**

Solución de ácido acético glacial-cloroformo (60:40).

Solución saturada de yoduro de potasio (KI).

Tiosulfato de sodio (0.002 N).

Almidón soluble al 1 %.

Cloroformo.

Agua destilada.

### Procedimiento.

Pesar 0.5 g de aceite, añadir 25 mL de solución ácido acético glacial-cloroformo (60:40), agitar por 1 min para disolver. Añadir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio (KI), agitar y dejar enfriar por 5 minutos en la oscuridad. Añadir 30 mL de agua destilada, adicionar 1 mL de solución de almidón al 1 % como indicador, titular con tiosulfato de sodio 0.002 N hasta que desaparezca el color violeta que presenta.

### Cálculos:

$$\text{Indice de Peróxidos: } \frac{V_g * N * 1000}{P_m}$$

Dónde:

Ec. 15.

$V_g$ : Volumen de tiosulfato de sodio 0.002 N gastado.

$N$ : Normalidad del tiosulfato de sodio utilizado, 0.002 N.

$P_m$ : Peso de la muestra.

El índice de peróxidos se expresa como meq de peróxido/kg de grasa.

**Anexo J.** Cuantificación de compuestos fenólicos totales en extractos de aceite de semilla de mango.

### Reactivos.

Ácido gálico ( $C_7H_6O_5$ )

Ácido cítrico ( $H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ )

Fosfato monobásico

Agua destilada

N,N- dimetilformamida

Folin Ciocalteu 2 N

Carbonato de Sodio ( $Na_2CO_3$ )

### Preparación de soluciones.

**Carbonato de sodio:** Se toma un erlenmeyer de 200 mL adicionando 40 g de  $Na_2CO_3$  en 120 mL de agua destilada, se le agrega una pila de agitación, se ubica en

una plancha de calentamiento con motor a 80 °C por 20 min, se deja enfriar a temperatura ambiente y luego se filtra con papel filtro N° 2 Watman y se completa a 200 mL.

**Buffer Fosfato – Citrato (pH 7.0):** Se utiliza 11.69 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> y se mezcla con 1.854 g de C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.H<sub>2</sub>O completando con agua destilada a 500 mL. Se agita y luego se mide en el potenciómetro para verificar que el pH sea 7.0.

**Ácido Gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>). Solución stock:** pesar 3 mg de Ácido Gálico y llevar a 50 mL con agua destilada para obtener una solución stock a 60 ppm.

**Preparación de solución N,N- dimetilformamida/solución buffer (50:50 v/v):**

Añadir 50 mL de N,N- dimetilformamida y 50 mL de solución buffer.

### Curva de calibración.

Para realizar la curva de calibración es necesario preparar una solución a distintas concentraciones con la solución stock de ácido gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>):

Número	Solución Stock µL	Buffer Fosfato – Citrato µL	Concentración (mg GAE/L) <sup>1</sup>
1	100	900	6
2	200	800	12
3	300	700	18
4	400	600	24
5	500	500	30
6	600	400	36
7	700	300	42
8	800	200	48
9	900	100	54
10	1000	0	60

<sup>1</sup>mg GAE/L: miligramos equivalentes de ácido gálico por litro.

Tomar 50 µL de cada concentración de ácido gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>) y adicionar:

- 30 µL de folin ciocalteu 2 N
- 50 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- 870 µL de buffer Fosfato – Citrato.

Calibrar el espectrofotómetro con la solución N,N- dimetilformamida: Buffer (50:50) a una longitud de onda de 760 nm y absorbancia (0).

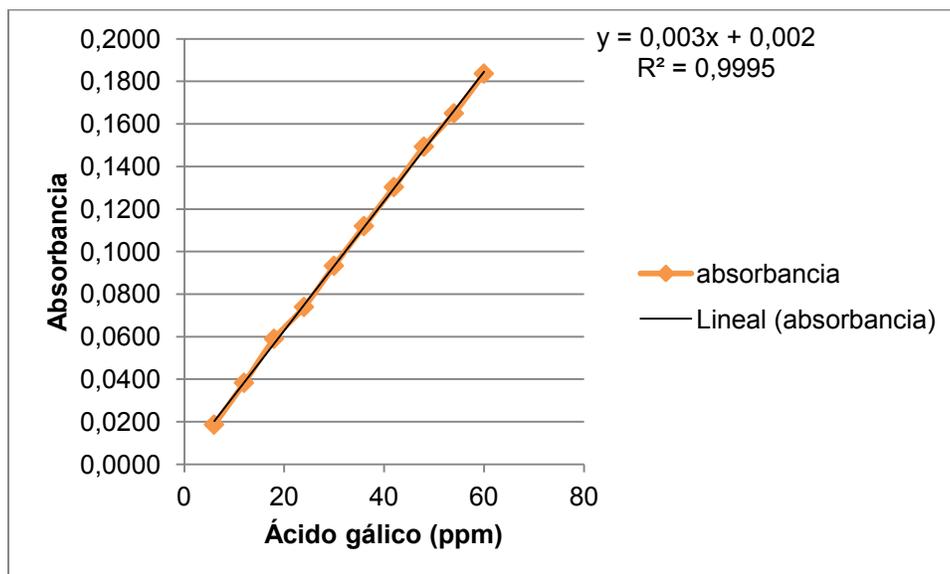
De cada muestra anteriormente preparada, se toma 1000 µL, poniéndola en la microcubeta de cristal para leer la absorbancia a una longitud de onda de 760 nm. Al cabo de 30 segundos se toma la lectura.

Los resultados de la curva de calibración se presentan a continuación, con tres repeticiones.

<b>Número</b>	<b>Absorbancia 1</b>	<b>Absorbancia 2</b>	<b>Absorbancia 3</b>	<b>Absorbancia promedio</b>	<b>Concentración (mg GAE/L)<sup>1</sup></b>
1	0.018	0.019	0.019	0.019	6
2	0.038	0.038	0.039	0.038	12
3	0.06	0.059	0.058	0.059	18
4	0.072	0.076	0.074	0.074	24
5	0.093	0.092	0.095	0.093	30
6	0.11	0.112	0.114	0.112	36
7	0.129	0.128	0.134	0.130	42
8	0.151	0.151	0.146	0.149	48
9	0.162	0.169	0.164	0.165	54
10	0.188	0.185	0.178	0.184	60

<sup>1</sup>mg GAE/L: miligramos equivalentes de ácido gálico por litro.

## CURVA DE CALIBRACIÓN FENOLES TOTALES.



### Preparación de la muestra.

Pesar 0.5 g de aceite y adicionar 10 mL de solución de N,N- dimetilformamida : Solución buffer pH 7.0 (50:50 v/v). Homogenizar y llevar a agitación por 2 h a 1100 rpm, luego envasar en tubos de centrifuga de 15 mL, centrifugar por 20 min para su separación. Tomar 50  $\mu$ L del sobrenadante en tubos eppendorf, adicionando 30  $\mu$ L del reactivo Folin Ciocalteu, 50  $\mu$ L de carbonato de sodio y 870  $\mu$ L de solución bufer pH 7.0. Agitar suavemente y almacenar en la oscuridad por 1 h. Leer en el espectrofotómetro a 760 nm previamente calibrado.

### Cálculos:

Los datos obtenidos durante la lectura en el espectrofotómetro se compara con la curva de calibración realizada anteriormente (ecuación de la línea de tendencia de la curva), dando como resultado el nivel de concentración de fenoles expresado en miligramos equivalentes de ácido gálico por litro (mg GAE/L).

El contenido de compuestos fenólicos totales, expresado en mg equivalentes de ácido gálico por kg de muestra, se obtiene por medio de la siguiente ecuación (Ec. 16).

$$\text{Compuestos fenólicos totales: } \frac{C_e * V_e}{P_m}$$

Donde:

Ec. 16.

C<sub>e</sub>: concentración encontrada en el extracto del aceite (mg GAE/L).

V<sub>e</sub>: volumen del extracto del aceite utilizado (L).

P<sub>m</sub>: Peso de la muestra (kg).

**Anexo K.** Matriz de correlación de Pearson entre 24 variables cuantitativas utilizados para caracterizar 20 accesiones de mango (*Mangifera indica* L.).

	LONG_F RUT	DIA_ FRUT	REL_LON G_DIA	GROS_F RUT	PES_FR UT	GROS_C ASC	FIRM_FR UT	PES_CA SC	PORC_C ASC	GROS_P ULP	PES_PUL P
LONG_FRUT	1										
DIA_FRUT	0.31	1									
REL_LONG_DIA	0.58	-0.59	1								
GROS_FRUT	0.27	<b>0.97</b>	-0.59	1							
PES_FRUT	0.55	<b>0.92</b>	-0.31	<b>0.92</b>	1						
GROS_CASC	0.07	0.16	-0.06	0.16	0.16	1					
FIRM_FRUT	0.23	-0.12	0.33	-0.08	0.02	0.01	1				
PES_CASC	0.56	<b>0.83</b>	-0.24	<b>0.82</b>	<b>0.89</b>	0.3	0.03	1			
PORC_CASC	-0.17	-0.47	0.24	-0.47	-0.47	0.22	0.02	-0.08	1		
GROS_PULP	0.26	<b>0.83</b>	-0.49	<b>0.84</b>	<b>0.82</b>	0.19	-0.03	0.69	-0.47	1	
PES_PULP	0.52	<b>0.92</b>	-0.33	<b>0.91</b>	<b>1</b>	0.15	0.01	<b>0.85</b>	-0.52	<b>0.84</b>	1
LONG_FIB_PULP	0.35	-0.01	0.29	0.02	0.06	-0.1	0.01	0.12	0.05	-0.08	0.04
PORC_PULP	0.29	<b>0.82</b>	-0.44	0.79	0.76	-0.01	-0.13	0.53	-0.77	0.73	<b>0.8</b>
PES_ENDO_SEM	0.54	0.29	0.19	0.33	0.4	0.04	0.1	0.48	-0.01	0.17	0.33
PES_ENDO	0.48	0.23	0.17	0.24	0.31	0.07	0.03	0.44	0.11	0.13	0.25
GROS_ENDO	-0.12	-0.19	0.04	-0.1	-0.17	-0.08	0.11	-0.11	0.14	-0.18	-0.2
LONG_ENDO	<b>0.92</b>	-2.50E-03	0.78	-0.03	0.27	0.01	0.29	0.31	-0.01	-0.04	0.23
DIA_ENDO	0.21	<b>0.82</b>	-0.53	<b>0.81</b>	0.73	0.06	-0.09	0.71	-0.3	0.64	0.71
PORC_ENDO	-0.17	-0.71	0.44	-0.69	-0.64	-0.1	0.08	-0.48	0.57	-0.65	-0.68
LONG_SEM	0.47	-0.02	0.43	0.02	0.18	0.08	0.24	0.21	0.01	-0.03	0.13
DIA_SEM	0.26	0.76	-0.44	0.76	0.68	0.08	-0.13	0.62	-0.39	0.65	0.67
GROS_SEM	-0.09	-0.08	-0.02	-0.01	-0.06	-0.1	0.07	-0.06	0.01	-0.06	-0.08
PES_SEM	0.37	0.23	0.12	0.29	0.32	-0.02	0.14	0.32	-0.15	0.14	0.28
PORC_SEM	-0.34	-0.79	0.4	-0.74	-0.71	-0.08	0.19	-0.67	0.35	-0.66	-0.72

Fuente: Autor.

**Anexo K. (Continuación).**

LONG_FI	PORC_	PES_ENDO	PES_	GROS_E	LONG_	DIA_END	PORC_E	LONG_S	DIA_SEM	GROS_S	PES_SE	PORC_S
B_PULP	PULP	_SEM	ENDO	NDO	ENDO	O	NDO	EM		EM	M	EM
1												
-0.04	1											
0.35	-0.04	1										
0.27	-0.06	<b>0.83</b>	1									
0.11	-0.38	0.42	0.19	1								
0.4	0.01	0.53	0.48	-0.02	1							
0.08	0.58	0.41	0.42	-0.04	-4.80E-03	1						
0.07	<b>-0.85</b>	0.19	0.4	0.3	0.09	-0.4	1					
0.25	-0.19	0.65	0.33	0.32	0.53	-0.05	0.09	1				
0.06	0.61	0.41	0.26	0.05	0.04	0.72	-0.54	0.09	1			
0.04	-0.23	0.35	0.08	0.69	-0.03	0.03	0.11	0.3	0.11	1		
0.3	-4.80E-04	0.76	0.28	0.51	0.36	0.23	-0.14	0.75	0.42	0.52	1	
-0.01	<b>-0.81</b>	-0.06	-0.28	0.45	-0.07	-0.66	0.53	0.32	-0.5	0.38	0.23	1

Fuente: Autor.