

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Caracterización físico – química de la
semilla de Sapote *Capparis scabrida*
H.B.K. de la zona de Motupe –
Lambayeque.**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Jheremy Salazar López

Lima – Perú
2014

DEDICATORIA

Con infinito cariño a mis padres: Richard Salazar Pérez y Judith López Alvear

Por su infinito amor, apoyo eterno y por haber sido siempre ejemplo de Honradez, esfuerzo y trabajo

A mis grandes amigos por su amistad incondicional, quienes con sus defectos y virtudes hacen de mí una mejor persona cada día

AGRADECIMIENTOS

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación, al **Programa de Cooperación Belga VLIR-UNALM, IUC PARTNER PROGRAMME (PP) PROYECTO 2: Desarrollo de cadenas productivas para la biodiversidad y conservación y mejora de la vida de la población rural: Subproyecto 1: Goma de Sapote.***

A todos los integrantes del Subproyecto Goma de Sapote; al Doctor Enrique Gonzales Mora por la oportunidad de ser parte de este proyecto y por sus consejos para la elaboración de esta investigación.

A mi patrocinadora, Licenciada Deysi Guzmán Loayza y al técnico de laboratorio, Enrique Cabrera quienes fueron partícipes de la presente investigación y me brindaron todo su apoyo en los análisis químicos en el laboratorio del Área de Transformación Química de la Madera..

A los practicantes y tesistas del proyecto Sapote, quienes me apoyaron en laboratorio y con los que compartí mil y un peripecias y momentos gratos durante el desarrollo de la presente investigación.

RESUMEN

El Sapote es una de las especies de mayor adaptabilidad a los ecosistemas desérticos, y más importantes en cuanto a su población en el bosque seco ecuatorial del Perú. Sin embargo, está considerada en peligro crítico por el gobierno peruano.

El presente trabajo determina el rendimiento de aceite de la almendra de la semilla de sapote considerando dos tratamientos térmicos y tres humedades distintas. Así mismo se realiza la caracterización físico – química del aceite de la almendra de la semilla y el análisis proximal de la torta residual.

Los frutos estudiados proceden de las parcelas instaladas en los bosques del Sector de Las Humedades de la comunidad campesina San Julián de Motupe, Provincia y Departamento de Lambayeque. El acondicionamiento y preparación de las muestras se realizó en el laboratorio de pulpa y papel, área de transformación química de la Facultad de Ciencias Forestales – UNALM.

Existe evidencia estadística que demuestra que el rendimiento de aceite obtenido mediante la extracción por solvente (hexano) es mayor cuando la materia prima fue acondicionada a 11 por ciento de humedad. También encontramos que si bien los rendimientos con el tratamiento térmico a 105 °C son mayores que frente al de 80°C, no existe evidencia estadística que refuerce esta hipótesis.

Los resultados de la caracterización físico – química del aceite de la semilla de sapote lo clasifican como un aceite semisecante y como un ácido oleico – linoleico. A partir del análisis bromatológico se obtuvo un contenido proteico mayor al 40 por ciento; por consiguiente, podemos afirmar que la torta residual posee un gran potencial para alimento como animales y procesamiento industrial.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ACRÓNIMOS	X
1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1 DE LA ESPECIE EN ESTUDIO	12
2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	12
2.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	13
2.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	15
2.1.4 ECOLOGÍA DE LA ESPECIE	16
2.1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y USOS.....	17
2.2 SEMILLA.....	20
2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SEMILLA	20
2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA.....	20
2.3 BROMATOLOGÍA.....	22
2.4 ACEITES VEGETALES	29
2.5 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS OLEAGINOSAS	31
2.5.1 PROPIEDADES DE LOS ACEITES VEGETALES	34
2.5.2 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES VEGETALES.....	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
3.1.1 Características Ecológicas.....	39
3.1.2 Caracterización Forestal	40
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	42
3.3 METODOLOGIA	45
3.3.1 MATERIA PRIMA	45
3.3.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS	45
3.3.3 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA ALMENDRA DE LA SEMILLA DE SAPOTE	48
3.3.4 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE.	48
3.3.5 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE	49
3.3.6 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS	51
3.3.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA SEMILLA DE SAPOTE	51
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	52
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1 RENDIMIENTO DE ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE	54
4.2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS.....	58
4.3 COMPOSICION DE ÁCIDOS GRASOS	61
4.4 ANÁLISIS PROXIMAL.....	62

5. CONCLUSIONES.....	65
6. RECOMENDACIONES.....	66
ANEXO 1	72
ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE DE ALMENDRA DE SAPOTE	72
ANEXO 2	74
PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS RENDIMIENTOS A DIFERENTES HUMEDADES	74
ANEXO 3	75
ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CENIZAS	75
ANEXO 4	76
ANÁLISIS DE HUMEDAD	76
ANEXO 5	77
CONTENIDO PROTEÍNICÓ	77
ANEXO 6	78
CONTENIDO DE FIBRAS	78
ANEXO 7	79
ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS	79
ANEXO 8	81
NORMA DEL CODEX PARA ACEITES VEGETALES ESPECIFICADOS <i>CODEX STAN 210-1999</i>	81
ANEXO 9	85
MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE CENIZAS SEGÚN AOAC	85
ANEXO 10	86
MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FIBRA CRUDA	86

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 TIPOS DE BOSQUES SECOS DONDE SE PUEDE ENCONTRAR SAPOTE DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.....	14
CUADRO 2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EN BASE SECA DE LA SEMILLA DE SAPOTE (<i>Díaz, 1982</i>).	21
CUADRO 3 IMPORTACIONES DE ACEITE CRUDO Y REFINADO EN MILES DE TM, AÑOS 2000 - 2004	30
CUADRO 4 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA OBTENCIÓN DE ACEITE DE ALMENDRA DE SEMILLA DE SAPOTE.....	52
CUADRO 5 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE ACEITE SEGÚN EL PORCENTAJE DE HUMEDAD PARA Tt 1 (80°C)	56
CUADRO 6 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE ACEITE SEGÚN EL PORCENTAJE DE HUMEDAD PARA Tt 2 (105°C).....	57
CUADRO 7 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE ACEITE A 11 POR CIENTO DE HUMEDAD, PARA Tt 1 (80°C) vs. Tt 2 (105°C).....	57
CUADRO 8 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DEL ACEITE DE ALMENDRA DE SEMILLA DE SAPOTE EXTRAÍDO POR SOLVENTES.....	58
CUADRO 9 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE CRUDO.....	61
CUADRO 10 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES VEGETALES COMERCIALES.	62

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 ÁRBOL DE <i>CAPPARIS SCABRIDA</i> EN FRUCTIFICACIÓN (FUENTE: GALINDO, 2012).....	15
FIGURA 2 UTENSILIOS Y ARTESANÍAS HECHAS DE MADERA SE SAPOTE (FUENTE: RODRÍGUEZ, 2007)	18
FIGURA 3 GOMA EXUDADA POR EL ÁRBOL SAPOTE (FUENTE: GONZALES, 2011)	20
FIGURA 4 FRUTO DE SAPOTE.	21
FIGURA 5 SEMILLAS SECAS DE SAPOTE.	22
FIGURA 6 ZONA DE PROCEDENCIA DE LOS FRUTOS DE SAPOTE (MOTUPE – LAMBAYEQUE) FUENTE: GALINDO, 2012.	41
FIGURA 7 SEMILLAS DE SAPOTE LAVADAS, LISTAS PARA EL SECADO.	45
FIGURA 8 ALMENDRA SECA Y MOLIDA, LISTA PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	46
FIGURA 9 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE LA SEMILLA DE SAPOTE.....	47
FIGURA 10 PROMEDIOS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE PARA TRATAMIENTO A 80°C (Tt 1).....	54
FIGURA 11 PROMEDIOS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE PARA TRATAMIENTO A 105°C (Tt 2).	55
FIGURA 12 CONTENIDO PROXIMAL PROMEDIO DE LA ALMENDRA DE SEMILLA DE SAPOTE.	62

Lista de acrónimos

- ISO : Internacional Organization for Standardization.
- FAO : Food and Agriculture Organization.
- RDTO : Rendimiento.
- UIQPA : Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.

1. INTRODUCCIÓN

La deforestación en el Perú se ha incrementado a casi el doble del promedio mundial en los últimos cinco años; entre los años 2000 y 2010, habiendo llegado hasta las 150 mil hectáreas deforestadas anualmente (Che Piu et al, 2011). El caso de los bosques secos del Noroeste del Perú no es aislado; se estima que anualmente se pierden alrededor de 20 mil ha de estos ecosistemas (Palomares, 1996) debido principalmente a la extensión de la frontera agropecuaria. Este proceso de deforestación se convierte en un círculo vicioso de empobrecimiento de las familias que viven en los bosques secos, ya que, al poseer estas tierras aptitud forestal, su cambio de uso hacia la agricultura o labores agropecuarias, no constituyen una alternativa de ingresos económicos perdurable ni una actividad sustentable.

En este contexto, se torna imprescindible realizar investigaciones y generar información acerca de especies que habitan estos bosques, con el objetivo de conocer sus potencialidades, valorizar los productos que ofrecen y generar técnicas adecuadas de aprovechamiento de los productos forestales no maderables (PFNM). La demanda de los productos mencionados ha aumentado a nivel mundial pues cumplen un rol vital en la generación de alimentos y medicinas, además de ser una fuente de empleos y generación de ingresos (FAO citado por Herz, 2007).

El Sapote (*Capparis scabrida* H.B.K.), una especie que forma parte de los ecosistemas de bosque seco, ofrece múltiples productos forestales no maderables (hojas, frutos, gomas) de los cuales solo la goma que exuda ha sido objeto de investigación¹. Sin embargo, en el medio local sus frutos son utilizados como alimento de ganado caprino y a partir de las semillas del fruto se produce de manera tradicional un aceite para el consumo humano. Por ello, mediante el presente estudio de caracterización de la semilla de sapote se busca generar un conocimiento técnico necesario para determinar si sus cualidades permiten el consumo humano del aceite de acuerdo a las normas técnicas vigentes (NTP y CODEX – FAO) y el procesamiento de la harina de la semilla para diferentes usos, principalmente como alimento para el ganado.

¹ En el año 2007 Herz Katia realizó la caracterización físico - química de la goma de Sapote.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DE LA ESPECIE EN ESTUDIO

2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Nombre científico: *Capparis scabrida* H.B.K.

Nombre común: Sapote o Zapote (Perú)

Sinónimos: *Capparis angulata* R&P

Engler (1964) ubica al sapote taxonómicamente en:

Reino	:	Plantae
División	:	Fanerógamas
Sub – División:		Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas
Sub-clase	:	Archichlamideas
Orden	:	Papaverales
Familia	:	Capparaceae
Sub – Familia	:	Capparidae
Género	:	Capparis
Especie	:	<i>Capparis scabrida</i> H.B.K.

2.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El sapote es una especie originaria de la región tropical de América, principalmente de la costa norte peruana y sur del Ecuador. En el Perú, su área de dispersión está circunscrita a las zonas costeras de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad (León, 1956).

Rodríguez et al. (2007) mencionan que el sapote es una planta xerofítica siempreverde que está distribuida desde la parte occidental del Ecuador hasta la costa peruana llegando aproximadamente a los 10°18' de latitud Sur, en el ámbito de las localidades de Huarmey y Paramonga.

Así mismo, Ecurra (1986) citado por Herz (2007) afirma que esta especie puede inclusive llegar a desarrollarse en las vertientes orientales y valles interandinos, constituyendo parte de formaciones xerofíticas. Según Gutiérrez (1953) se le puede encontrar con hábito achaparrado hasta los 2600 m.s.n.m.; no obstante Díaz (1982) menciona que la altitud en que se desarrolla está entre los 100 a 1200 m.s.n.m., comprendida entre las zonas de formación matorral desértico pre-montano y formación desierto pre-montano.

La bibliografía indica que se ha encontrado la especie hasta cerca de Huarmey (Dpto. Ancash) y Barranca (Norte del Dpto. de Lima), siendo esta última localidad el límite meridional del sapotal, donde los individuos son más aislados y de menor talla debido a las condiciones ecológicas menos favorables. Así mismo, se distribuye hacia el Este (con un menor número de poblaciones), en las zonas secas de la región Cajamarca (e. g.: provincias Celendín, San Ignacio y San Miguel) y Nor-oriental de los Dptos. Amazonas (e. g.: Valles del río Utcubamba y Marañón en la provincia Bagua), La Libertad (e. g.: Valle del Marañón en las provincias Bolívar y Pataz) y Ancash (e.g.: ruta a Sihuas) (Rodríguez et al. 2007).

Dependiendo de la zona, el sapote (*Capparis scabrida*) posee distintas densidades por unidad de área, alcanzando en promedio una densidad de 30-40 árboles/ha en la zona de Batán Grande (Bosque seco Denso de Llanura), luego del algarrobo, que posee una densidad de hasta 130 árboles/ha en la misma zona. (INRENA y Proyecto Algarrobo, 2003a), citado por Herz (2007).

Galindo (2012) cita información del Inventario Forestal de Lambayeque, en el que se identifica la existencia de 5 tipos de bosques y 2 asociaciones vegetales dentro de las 619 613 Ha de

Bosques secos del Departamento: Bosque seco semidenso de Llanura (BssLI), el cual posee la menor extensión de todos con apenas 2 por ciento del total de la extensión de los Bosques secos de Lambayeque; Bosque seco ralo de Llanura (BsrLI), el cual posee la mayor abundancia con el 39 por ciento del total; Bosque seco de Colina (BsC), con 25 por ciento de la extensión total; Bosque seco tipo Sabana (BsS), Bosque seco de Establecimiento (BsE), Chaparral (Ch) y Matorral (M). Los Bosques densos de Llanura no figuran a nivel del Departamento por existir extensiones pequeñas, sin embargo existe dentro del ámbito de Batán Grande, donde se conserva de mejor manera el equilibrio ecológico de este tipo de ecosistema y los mejores individuos de la especie *Prosopis pallida* (Algarrobo) y *Capparis scabrida* (Sapote) (Calderón, 1999). En el Cuadro N 1 se muestran los tipos de bosques secos donde se puede encontrar individuos de Sapote dentro del departamento de Lambayeque.

Cuadro 1 Tipos de bosques secos donde se puede encontrar Sapote dentro del departamento de Lambayeque.

TIPO DE BOSQUE	AREA (ha)	Nº ARB/ha	# REG ARBOL	VOLUMEN (m ³)	ESPECIES ARBOREAS PREDOMINANTES	AREAS REPRESENTATIVAS
BssLI	12,988	134	850	34,7	Algarrobo, Sapote, Bichayo	Batán Grande, Potreros
BsrLI	243,712	40,5	455	9,2	Sapote, Algarrobo, Faique, Overo	Apurlec, Humedades-Motupe
BsC	155,869	88,4	229	31,6	Palo santo, Hualtaco, Overo	Cerro Chalpón, Pan de azúcar
BsS	42,4	21,3	50	15	Algarrobo, Sapote, Overo, Bichayo	La Peña, Humedades-Salas
BsE	138,125	33,9	538	4,4	Algarrobo, Sapote, Palo verde	Alto de Lemos, la Loma-Olmos
Ch	24,887	24	650	2,1	Algarrobo, Sapote	Nuevo Arica, Zaña
M	1,65	0	0	0		Salinas, Mórrope

2.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Gutiérrez (1953) menciona que el sapote posee raíces fuertemente desarrolladas, alcanzando una longitud de 1,8 a 2 m a los 6 meses de edad en condiciones experimentales; ello se debe a que, como la planta vive en terrenos áridos, para aprovechar el agua subterránea, ella necesita crecer en profundidad. Su forma es principalmente pivotante, rugosa con raíces laterales desarrolladas, que se extienden paralelamente a la superficie del suelo, de color pardo, blanquecino, presentando estrías muy marcadas y transversales. La raíz es carnosa cuando está tierna y puede ser horizontal al conformar matorrales para colonizar dunas. El tallo es grueso, nudoso, cilíndrico e irregular de 25 a 51 cm de diámetro, con copa globosa algo aplanada de 8 a 9 m de diámetro; sus primeras ramas se presentan, en promedio, a la altura de 1,5 a 3,5 m del fuste. Su corteza externa es de color beige o marrón parduzco, con lenticelas dispersas, apariencia agrietada y consistencia leñosa; su madera es de grano fino de color blanquecina.



Figura 1 Árbol de *Capparis scabrida* en fructificación (Fuente: Galindo, 2012)

Marcelo *et al.* (2010) describe botánicamente al sapote (*Capparis scabrida*) como un árbol de 6 – 10 m de alto. Corteza externa fisurada, marrón oscuro. Ramitas terminales cilíndricas, densamente pubescentes. Hojas simples, alternas, esparcidas, de 15 – 20 cm de largo. 2-4 cm

de ancho, con láminas lanceoladas, ápice y base obtusa, borde entero o sinuado; venación eucaptódroma, con 10-12 pares de nervios secundarios, las hojas glabrescentes por el haz y densamente pubescentes por el envés. Inflorescencias en racimos auxiliares. La planta presenta flores hermafroditas; cáliz con 5 lóbulos densamente pubescentes, marrones en la cara externa: corola crema, con 5 pétalos; estambres muy numerosos. Fruto baya, ovoide a oblongoide, 5-10 cm largo, 4-8 cm de diámetro.

Las semillas son generalmente uniformes y angulosas, numerosas (50 a 100) cubiertas por una pulpa blanda, algo mucilaginosa, grasosa, de color amarillo rojizo, constituyendo la parte comestibles, de sabor dulce y no desagradable. Despojado de su cubierta blanda, es de forma arriñonada cilíndrica de tamaño variable, de 10 a 12 mm de largo, por 9 a 10 mm de ancho. (Gutiérrez, 1953).

2.1.4 ECOLOGÍA DE LA ESPECIE

El Sapote (*Capparis scabrida*) vive asociada a otras especies de *Capparis*, como el *Capparis ovalifolia*, *C. cordata*, *C. mollis*, así como a especies como el algarrobo (*Prosopis pallida*), faique (*Acacia macracantha*), overo (*Cordia lutea*), entre otras, caracterizando estas especies las formaciones xerofíticas de la costa y de los Andes. Se encuentra íntimamente ligado a la presencia de napas freáticas relativamente altas de las cuales toma la humedad o agua subterránea, necesaria para sobrevivir (Gutiérrez, 1953).

Alarcón (2002) citado por Galindo (2012) menciona que las especies forestales como el Sapote y Algarrobo para hacer frente a situaciones de estrés por la falta de agua durante tiempos prolongados, presentan una ecofisiología que les permite realizar todas sus funciones como: floración, fructificación y producción de semillas. En el caso de la fructificación, es un indicador de la buena adaptación al área, lo cual evidencia la presencia de las napas freáticas relativamente altas (factor edafológico), al clima (temperatura, precipitaciones, la humedad atmosférica, el viento, duración del día y la intensidad del sol), los factores bióticos, originados por las múltiples actividades de las propias plantas y por las del hombre y de los animales, además del fenómeno del niño.

La especie sapote se caracteriza por tener un follaje perenne, salvo en los meses de Noviembre a Diciembre donde se desfolia alrededor del 25 al 40 por ciento; la floración sucede de Abril a

Septiembre, siendo plena la floración en los meses de Abril a Agosto (50 al 75 por ciento); la fructificación sucede de Julio a Noviembre, presentándose en Septiembre y Octubre la producción de frutos verdes (50 por ciento) y en Octubre la producción de frutos maduros (25 por ciento), época propicia para cosechar y obtener semillas. (Gutiérrez, 1953)

A) VARIABLES CLIMATICAS

El sapote es una especie que habita en zonas de vida que poseen una biotemperatura media anual máxima es de 22,9° C y un promedio de precipitación total anual de 21,6 mm. Los factores climáticos de las zonas de vida en que se desarrolla el sapote están directamente correlacionados con la influencia de la corriente de "El Niño" (ENOS: el Niño oscilación Sur) que se presenta generalmente en diciembre, produciendo una inusitada elevación de la temperatura acompañadas de lluvias tropicales. Es de advertir que las precipitaciones no tienen un régimen regular algunos años y dicha corriente, generalmente, pasa inadvertida porque las lluvias son ligeras y no causan estragos en la agricultura o ciudades. En cambio en otros veranos, como el ocurrido en 1983, las constantes e intensas precipitaciones produjeron desastres de gran magnitud. La especie tolera temperaturas extremas y soporta fuertes vientos, provenientes de la parte sur del país. (Calderón, 1999).

B) VARIABLES EDÁFICAS Y TOPOGRAFICAS

Crece en todo tipo de suelo, tolera los suelos con pedregosidad, pero no tolera las sales. Los mejores individuos se le encuentra creciendo en suelos francos arcillosos, tales como en la Victoria, el Porvenir (Olmos-Lambayeque), Km 50 y 65 Chulucanas (Piura).

Prefiere suelos planos, con buen drenaje aunque se le encuentra creciendo con hábito achaparrado en Lomas, en suelos calcáreos pedregosos, con restos de conchas de moluscos en los sectores de Altos Negros, Peña Blanca (Sechura- Piura) (ALNILCOLSA 2011, citado por Galindo, 2012).

2.1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y USOS

Su gran adaptabilidad a los ecosistemas desérticos, gracias al buen desarrollo radicular y capacidades de captación de humedad a grandes profundidades, le otorgan singulares características como especie fijadora de dunas y médanos (FAO, 1980).

Además, el Sapote es un recurso forestal muy apreciado, tanto por las cualidades de su madera como por los diversos productos no maderables que ofrece.

a) PRODUCTOS MADERABLES

A pesar de encontrarse dentro de la Categorización de Especies Amenazadas De Flora Silvestre (D. S. N° 0-43-2006-AG) del INRENA, la madera de sapote continua siendo explotada para elaborar diversos productos, pero la capacidad de reposición no va al mismo ritmo.

La madera de Sapote es muy utilizada en artesanía y para la fabricación de enseres domésticos de gran demanda local (confeccionan una serie de objetos de adorno y utensilios (platos, cucharas, tenedores, cucharones, maceteros, hormas de zapatos, adornos de sala, muebles, etc. y carpintería en general). Su corteza de color grisáceo, la madera color blanquecino y fácil de tallar son las razones por las que es muy utilizado en artesanía (Llerena, 1983).



Figura 2 Utensilios y artesanías hechas de madera se sapote (Fuente: Rodríguez, 2007)

b) PRODUCTOS NO MADERABLES

Los frutos por su pulpa dulce son consumidos en forma limitada al estado fresco por el hombre del campo (mayormente niños), sin embargo es el alimento favorito de aves y el zorro del desierto que a su vez dispersan las semillas después de un proceso de escarificación intestinal o tratamiento pregerminativo. Al ser ingeridos por las hembras del ganado (caprino, ovino) en estado de gestación produce abortos prematuros; sin embargo, el mucílago que cubre las semillas es comestible por los cerdos. La hojarasca es un excelente forraje para el ganado (porcino, caprino, ovino, vacuno) e incrementa la leche en las vacas (Bussmann & Sharon, 2007). Según Mejía et al. (1991), el fruto contiene: 15 por ciento de carbohidratos, 19 a 25 por ciento de proteínas y hasta 22 por ciento de grasas, además de vitaminas A y C con un valor calórico de 182 calorías por cada 100 gramos; así mismo, las semillas contienen hasta 34,7 por ciento de aceite. FAO (2007), indica que el aceite producido en el fruto es para consumo humano, teniendo así la posibilidad de inmediata industrialización.

La corteza es empleada como antialérgico, para evitar hemorragia pulmonar y como hipertensor (Mostacero et al., 2002), inclusive también se utilizan los frutos y hojas (Brack, 1999). El extracto de los frutos, tomando un vaso diario por un lapso de cuatro días, para la inflamación (general), palpitación del corazón, refrescar el hígado y reducir la ansiedad (Bussmann & Sharon, 2007).

Sus flores poseen un gran potencial melífero (Flora apícola), favoreciendo la trashumancia de los apiarios de Junio a Setiembre (Mostacero et al., 2002).

Produce por exudación una goma de óptima calidad cuyas propiedades espesantes, emulsionantes y estabilizantes preparadas, así como sus características edulcorantes y emolientes, le dan muchas aplicaciones, desde la estabilización de emulsiones hasta la preparación de tabletas y píldoras, siendo quizás la más importante de todas su uso en la industria como aditivo alimenticio. Asimismo esta goma es utilizada tradicionalmente por las comunidades locales como pegamento o medicina (FAO, 1980).



Figura 3 Goma exudada por el árbol Sapote
(Fuente: Gonzales. 2011)

2.2 SEMILLA

2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SEMILLA

Las semillas del fruto de sapote son numerosas (50 a 100 por fruto) generalmente uniformes y angulosas. Las dimensiones son aproximadamente de 10 a 12 mm de largo por 9 a 10 mm de ancho. Se encuentran cubiertas por una pulpa blanda algo mucilaginosa, granosa, de color amarillento anaranjado (Llerena, 1983).

2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA

Díaz (1982) realizó el estudio de las principales características químicas de la semilla de Sapote de frutos procedentes de Trujillo; los resultados de las características de las semillas se observan en el cuadro 2.

Cuadro 2 Composición química en base seca de la semilla de sapote (*Díaz, 1982*).

<i>DETERMINACIÓN</i>	<i>PROMEDIO (%)</i>
Proteínas totales	38,71
Grasas	32,23
Ac. Grasos	28,13
Fibra Neta	19,31
Cenizas	4,09
Carbohidratos	5,66

Las semillas presentaron un rendimiento de 34,7 por ciento de aceite, cuyo contenido de ácidos grasos destacan el ácido oleico (44,5 por ciento), ácido linoleico (6,6 por ciento), ácido esteárico (15 por ciento), ácido linolénico (0,4 por ciento), ácido palmítico (16,3 por ciento) y ácido araquidónico (4,5 por ciento). Lo que indica que el aceite producido en la semilla es para consumo humano, teniendo así la posibilidad de inmediata industrialización (*Mejía et al. 1991*).



Figura 4 Fruto de sapote.



Figura 5 Semillas secas de sapote.

2.3 BROMATOLOGÍA

La ciencia de los alimentos es la que se encarga de estudiar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los alimentos, en relación con su estabilidad, precio, calidad, procesamiento, seguridad, valor nutritivo, inocuidad y facilidad de preparación para el consumo. (Badui, 2005). Esta materia es interdisciplinaria e implica principalmente Bacteriología, Química, Biología e Ingeniería. En la Química de los alimentos, parte de la Ciencia de los Alimentos, se estudia la composición, propiedades y cambios químicos que sufre durante su manipulación, procesado y almacenamiento; esta parte a su vez se relaciona con la Bioquímica, Química Fisiológica, Botánica, Zoología y Biología Molecular. Para estudiar y controlar eficazmente las sustancias biológicas que constituyen las fuentes alimenticias del hombre, el analista se basa fundamentalmente en el conocimiento de las ciencias citadas. El conocimiento de las propiedades inherentes de las sustancias biológicas y el dominio de sus métodos de estudio interesan tanto a los químicos de los alimentos como a los biólogos (Fennema, 1993).

El sistema proximal (Bromatológico) para análisis ordinario de los piensos (alimentos secos para ganado) se diseñó a mediados del siglo XIX en la estación experimental de Weende, en Alemania (Henneberg y Stohmann, 1860, 1864). Se creó para obtener una clasificación muy

amplia y con un nivel máximo de los componentes de alimentos. El sistema consiste en la determinación analítica del agua (humedad), las cenizas, las grasas brutas (extracción con éter), las proteínas brutas y la fibra bruta. El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa más o menos los azúcares y almidones, se calcula por la diferencia en lugar de medirlo mediante análisis (FAO, 2006)

Los estudios bromatológicos realizados a partir de productos forestales, como en el caso de la torta de castañas obtenida del fruto de *Bertholletia excelsa* H.B.K., demuestran que se pueden generar productos alimenticios con materias primas consideradas residuos en la industria de la extracción de aceites de semillas oleaginosas (Gallegos, 2003).

Caso similar podemos encontrar en el estudio del fruto de *Capparis angulata* originaria de la región La Libertad realizado por Díaz (1982), que indica su importancia como fuente de producción de aceite para consumo humano y alimento balanceado para ganado vacuna (torta) e industrias secundarias a éstas. El endospermo más semilla arroja los siguientes resultados: Grasa 21,55 por ciento, proteínas digeribles 24,6 por ciento, demostrando cuán importante es su industrialización.

a) AGUA

El agua es el componente mayoritario y fundamental de los frutos, ya que constituye el 50 – 90 por ciento de su masa, en estado de madurez. (Kuklinski, 2003). Estudios realizados en frutos nativos como el *Theobroma bicolor* Humb & Bonpl. (Macambo), *Lucuma mammosa* (Mamey), *Phoenix dactylera* L. (Palmera datilera), se encontró que su contenido de humedad presenta un valor promedio de 60 por ciento (Calzada, 1993), muy parecido al del fruto de sapote (Galindo, 2012).

En el caso de las semillas de frutos forestales el contenido de humedad disminuye considerablemente, en comparación con el endospermo de los mismos, en consecuencia el porcentaje de materia seca es mayor. Podemos citar a la semilla de *Caesalpinia spinosa* con un contenido de 9,8 por ciento de humedad (Lescano, C. et al; 1980).

b) **PROTEÍNAS**

Las proteínas son el principal componente estructural de las células y los tejidos, y constituyen la mayor porción de sustancia de músculos y órganos, además del agua. (FAO, 2007).

Las proteínas son macronutrientes cuya principal característica es ser nitrogenado al estar compuestas de largas cadenas de ácidos orgánicos aminados en el carbono continuo del grupo carboxilo (posición alfa), a éstos ácidos se denominan aminoácidos. En el sistema biológico y en concreto en la alimentación humana hay 20 aminoácidos que son utilizados por el cuerpo humano. A las cadenas largas de aminoácidos se llaman proteínas, que tienen una estructura y conformación espacial (FAO, 2007).

En productos forestales de La Amazonía se encuentran frutos y semillas con alto contenido proteico como es el caso del marañón (*Anacardium occidentale L*), árbol originario de las zonas tropicales de América y del noroeste Brasil posee 21 por ciento de proteínas (Mestres et al, 2009; citado por Lafont et al, 2011). Otra especie forestal que constituye una fuente importante de proteínas es la tara (*Caesalpinia spinosa*), que según un estudio realizado por Espinoza (1986) para la almendra de la semilla arroja un contenido proteico entre 41 a 45 por ciento.

c) **FIBRA**

Es la parte vegetal que está formada por un conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea (polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias análogas). La fibra se puede clasificar en dos grupos, de acuerdo a su solubilidad en agua: la soluble y la insoluble (Fennema, 1993).

La celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y gomas, algunas veces se denominan carbohidratos no disponibles, debido a que los humanos no los pueden digerir. La celulosa y la hemicelulosa, son polímeros vegetales principales componentes de las paredes celulares. Son sustancias fibrosas. La celulosa, un polímero de glucosa, es una de las fibras de las plantas verdes. La hemicelulosa es un polímero de otros azúcares, por lo general hexosa y pentosa. La lignina es uno de los componentes principales de la madera. Las pectinas se encuentran en los tejidos vegetales y en la savia y son polisacáridos coloidales. Las gomas son además

carbohidratos viscosos extraídos de las plantas. En los seres humanos, cualquiera de los carbohidratos no disponibles pasa a través del tracto intestinal. Estos componentes forman gran parte del volumen y desecho alimentario que se elimina en las heces, y con frecuencia se denominan “fibra dietética” (FAO, 2007).

d) **CENIZAS**

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento, determinando así la cantidad de minerales correspondientes (Kuklinski, 2003). La composición última de las partes comestibles de las plantas están influenciadas y controladas por la fertilidad del suelo, la genética de la planta y el ambiente en el que crece. La proporción de cenizas en los vegetales varía desde menos de 0,1 por ciento (por ej., el yam – *Discorea spp.*), hasta más del 4 por ciento sobre peso fresco (por ej., el colinabo) dependiendo de las características de cada especie y de las condiciones de cultivo (Kirk, 1996).

e) **LÍPIDOS**

Los lípidos constituyen un grupo diverso de compuestos, generalmente solubles en disolventes orgánicos pero con escasa solubilidad en agua (Fennema, 1993). Estos compuestos están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contienen fósforo y nitrógeno. Los lípidos desempeñan muchas funciones en los tejidos, además de que son la fuente energética más importante, ya que cada gramo genera 9 kcal (38,2 kJ) porque en su estructura contienen más átomos de carbono que las proteínas y los hidratos de carbono que producen 4 kcal/g (17 kJ/g) cada uno; muchos cumplen una actividad biológica, unos son parte estructural de las membranas celulares y de los sistemas de transporte de diversos nutrimentos, otros son ácidos grasos indispensables, vitaminas y hormonas, algunos son pigmentos, etc. También actúan como aislantes naturales en el hombre y en los animales ya que, por ser malos conductores del calor, el tejido adiposo mantiene estable la temperatura del organismo (Badui, 2006).

Los ésteres de glicerol y los ácidos grasos, que dan cuenta del 99 por ciento de los lípidos de origen vegetal o animal, han sido tradicionalmente denominados grasas y aceites. La distinción entre grasas y aceites, basada exclusivamente en el estado sólido o líquido de los lípidos a la temperatura ambiente, ofrece escasa importancia práctica y son dos términos frecuentemente intercambiables (Fennema, 1993). Sus principales fuentes son las semillas oleaginosas y los tejidos animales (Las frutas y hortalizas presentan normalmente muy bajas concentraciones).

Cuando todos los ácidos grasos de un triglicérido son idénticos, se les denomina triglicérido simple. Sin embargo, las formas más comunes son los triglicéridos mixtos en los cuales se encuentra presentes en las moléculas dos o tres ácidos grasos diferentes (Lawson, 1999).

Si solo se unen dos ácidos grasos a una molécula específica de glicerol, tenemos un diglicérido; si solamente se une un ácido graso, la molécula es un monoglicérido. Mono y diglicéridos son importantes como emulsificantes en productos alimentarios (Lawson, 1999).

Los ácidos grasos asociados al glicerol, tienen gran influencia en las características físicas de los lípidos. En general una proporción elevada de ácidos grasos insaturados es suficiente para hacer que ese producto específico sea líquido (Lawson, 1999).

El tamaño de la cadena, o el número de átomos de carbono de ácido graso, también tiene una gran influencia si una grasa es sólida o líquida. La mayoría de los ácidos grasos tienen de 4 a 22 átomos de carbono, fundamentalmente número par. Los productos que contienen elevadas proporciones de ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) son propensos a mantenerse sólidos a temperatura ambiente, mientras que los que contienen mayoría de ácidos grasos de cadena corta (4-12 átomos de carbono) son propensos a estar en estado líquido (Lawson, 1999).

Figuroa (1976) citado por Gallegos (2003) menciona que las “almendras” de castaña tienen un alto contenido de aceite, el que forma alrededor de 65 por ciento de la semilla con un alto contenido de ácidos grasos insaturados. Casos similares se pueden encontrar en los estudios de obtención de aceites obtenidos a partir de frutos de “Umari” *Paraqueiba sericea* TUL, árbol de la Amazonia peruana realizado por Chasquibol en 1997; concluyendo la utilidad del aceite como alimento e industria cosmética.

Ácidos grasos esenciales

Los ácidos grasos son llamados así porque ellos fueron principalmente aislados de las grasas (por hidrólisis) y caracterizados como ácidos por su habilidad de formar sales con las bases. Desde un punto de vista estrictamente químico, los ácidos grasos son mucho más interesantes que los glicéridos, a los cuales están unidos. Los ácidos grasos son monobásicos y tienen la fórmula general siguiente: RCOOH (Saavedra, 1998). Estos difieren entre sí en el número de átomos de carbono de su cadena y en el número de posición de los enlaces etilénicos o dobles entre los átomos de carbono.

Los ácidos grasos en los que los átomos de carbono de su cadena se encuentran unidos a no menos de dos átomos de hidrógeno se les llama saturados, los que contienen dobles enlaces se les llama no saturados. El grado de insaturación de un aceite depende del número medio de dobles enlaces de sus ácidos grasos. El grado medio de insaturación de una grasa se mide por su índice de yodo y el peso molecular medio se mide por el índice de saponificación (Bernardini, 1981).

El ácido linoleico (Omega 6) y el linolénico (Omega 3) se consideran ácidos grasos esenciales, porque no pueden ser sintetizados por el cuerpo, y por lo tanto deben ser proporcionados por la dieta y son esenciales para importantes funciones corporales como el crecimiento y el buen estado de la piel y el pelo (Lawson, 1999). Primo (1997) resalta que estos ácidos son necesarios para la síntesis biológica de prostaglandinas (los ácidos esenciales omega 3 y omega 6 son necesarios para la membrana celular, sobre todo en el tejido nervioso, para el transporte del colesterol como éster insaturado en la biosíntesis de prostaglandinas), las cuales intervienen en diversos procesos fisiológicos esenciales.

Los ácidos grasos insaturados de las grasas también influyen en el colesterol de la sangre y el depósito de colesterol en la pared arterial (arteroesclerosis). Algunas experiencias estadísticas indican que las dietas ricas en ácidos grasos saturados contribuyen a la formación de depósitos de colesterol en la capa interna de las arterias, y que una dieta elevada en ácidos poliinsaturados la inhibe, por esta razón se recomienda los aceites de oliva, germen de maíz, girasol, etc. (Carrero et al, 2005)

El aceite de la Nuez del Brasil contiene principalmente ácidos grasos como el palmítico, oleico, linolénicos, linoleicos y cantidades pequeñas de ácidos mirísticos, esteáricos y fitosteroles. Hoy, el aceite de castañas es usado en jabones, champús y productos de acondicionamiento y reparación del cabello. También puede encontrarse en los productos de cuidado de piel, donde actúa como una maravillosa hidratante superficial. Este aceite lubrica e hidrata la piel, proporcionando antioxidantes, beneficiando de esta manera al cabello (Salhuana, 1973).

La extracción y caracterización del aceite de semilla de tara (*Caesalpineia tinctoria*) realizado por Lescano et al. (1980) registra un 34,2 por ciento de ácido linoleico y 18,54 por ciento de ácido oleico, porcentajes que lo sitúan dentro del grupo de aceites utilizados para consumo humano.

CLASIFICACIÓN:

Existen múltiples tipos de clasificación de los lípidos basados en sus componentes estructurales (Fennema, 1993). Sin embargo, para satisfacer los propósitos de este estudio recogeremos la clasificación de las grasas comestibles que se dividen en los siguientes subgrupos.

- Grasas de la leche
- Ácidos láuricos
- Mantecas vegetales
- Ácidos oleico-linoleico
- Ácidos linolénicos
- Grasas animales
- Aceites marinos

De acuerdo con la clasificación anterior los aceites vegetales (obtenidos únicamente a partir de fuentes vegetales), según su procedencia, pueden ser incluidos en cuatro de estos subgrupos: Ácidos láuricos, mantecas vegetales, ácidos oleico-linoleico y ácidos linolénicos.

2.4 ACEITES VEGETALES

Los **aceites vegetales comestibles** son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite. Definición según *CODEX STAN 210-1999 (Anexo 8)*.

Martínez et al. (1996) citado por Gallegos (2003) sostiene que la gran mayoría de los aceites vegetales comercializados provienen de semillas oleaginosas. Estos aceites presentan amplias perspectivas para ser usadas en alimentación humana. De su industrialización se derivan los aceites crudos y las tortas; los primeros son destinados al consumo humano; el producto residual, las tortas, son utilizadas como fertilizantes o combustible o bien en la producción de alimentos balanceados para consumo animal, debido a su alto contenido en proteínas. Ya que son fuente de algunos aminoácidos esenciales así como materiales de bajo costo, su utilización en la elaboración de productos alimenticios, puede ser factible.

Generalmente la industria aceitera utiliza como materia prima productos tradicionales: semilla de palma, soja, maní, olivo, colza (Díaz, 1982); sin embargo, existen especies forestales como la castaña (*Berholletia excelsa*) o el marañón (*Anacardium occidentale L.*) cuyo rendimiento de aceite de sus semillas es elevado.

El Perú es un país deficitario en materias primas oleaginosas ya que importa casi el 60 por ciento de las materias primas necesarias para la producción de los aceites, mantecas y margarinas (Saavedra, 1998). El consumo per cápita de aceite en el área rural es de 7 L/año y 12 en el área urbana, valores que se encuentran por debajo del consumo per cápita de los países desarrollados (Bernardini, 1981).

El aceite de soya es el que ocupa el primer lugar entre los aceites y grasas consumidos en el mundo (Beauregard, 1995) y a su vez representa mayor volumen de importación de aceites vegetales en nuestro país como apreciamos en el cuadro 3.

Cuadro 3 Importaciones de aceite Crudo y refinado en miles de TM, años 2000 - 2004

<i>Aceites</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>
Aceite de girasol crudo	7,6	10,2	10,5	8,6	7,2
Aceite de soya crudo	107,9	173,5	209,2	195,5	212,1
Aceite de girasol refinado	15,7	14,0	739	185	341
Aceite de soya refinado	14,9	23,1	30,5	27	19,4

(Fuente: INEI)

De acuerdo a Martinenghi (1970) los aceites vegetales se pueden clasificar en:

Aceites secantes

Son sustancias líquidas que mediante la acción del oxígeno del aire se convierten en material seco, duro y resinoso. Consta principalmente de triglicéridos de grado relativamente alto de insaturación.

Se utilizan en la elaboración de pinturas y barnices; son por ejemplo, el aceite de linaza, cáñamo, girasol, nueces, etc. Su ácido característico es el ácido linoleico y el ácido linolénico. Tienen un índice de yodo superior a 130.

Aceites semisecantes

Forma películas con gran lentitud, se secan en el aire con relativa facilidad, pero llegan también a descomponerse antes de secarse; son por ejemplo, el aceite de algodón, maíz, sésamo, colza, soya, etc. Su ácido característico es el ácido linoleico combinado con la glicerina, también tienen índice de yodo 90 – 130

Aceites no secantes

Ni se secan, ni forman películas duras; estos aceites no se secan en el aire; sino muy difícilmente y antes de secarse se descomponen enranciándose; son por ejemplo, el aceite de olivo, ricino, pepitas de uvas, almendra, etc. Su ácido característico contiene en grandes cantidades ácido oleico en forma de glicéridos. Tiene un índice de yodo inferior a 90.

2.5 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

Existen diversos métodos para la extracción de aceite a partir de las semillas oleaginosas, siendo los más empleados la extrusión, empleado para obtención de aceites vírgenes, y la extracción por solventes que es empleada a nivel industrial.

El proceso de extracción a partir de semillas depende del tipo y estructura de las mismas. Con las de alto contenido de aceite (mayor a 20 por ciento base seca) tales como el maní, el proceso clásico usado es la aplicación de una fuerza mecánica a fin de romper paredes celulares del material vegetal de partida. El aceite es extraído por prensado, obteniéndose el aceite crudo y la torta del prensado, la cual retiene cantidades significativas de aceite residual. En muchos casos, esta torta es tratada posteriormente con solventes orgánicos para extraer este aceite remanente. Con las de bajo contenido graso (menor a 20 por ciento base seca) tales como la soja, se emplea la extracción con disolventes orgánicos (hexano). Estos procesos tienen la ventaja de ser operaciones simples con costos de operación relativamente bajos (Verónica, 2013).

La extracción por solventes es posible por el grado de afinidad de los solventes orgánicos por los aceites.

Según Kirk (1996) es un procedimiento muy eficaz para los aceites y puede reducir el contenido de aceite de las semillas oleaginosas hasta 0,5 por ciento, mientras que el mecánico lo reduce a 5 por ciento. Especialmente ventajosa en el tratamiento de semillas con contenido bajo de aceite.

La extracción con solventes es el método más eficaz de obtención de aceites de materias oleaginosas y es el que presenta mayores ventajas en la manipulación de materiales con bajo contenido de aceite (Bailey, 1961)

Además del mayor rendimiento en aceite, la extracción con solvente tiene la ventaja sobre la extracción mecánica de realizarse de modo casi automático, por lo cual los costos de mano de obra son muy bajos; como desventaja presenta el inconveniente de requerir un equipo relativamente costoso, que solo hace economía la operación en gran escala, con capacidades que van de 100 a 1500 toneladas por día de material procesado (Bailey, 1961).

En todas las plantas en uso la separación de la mezcla aceite-solvente se realiza por destilación. Esta operación aprovecha las diferencias en puntos de fusión entre el solvente y los triglicéridos para conseguir la separación, por evaporación del solvente de la mezcla (Saavedra, 1998).

El carácter poco polar de los hidrocarburos hace que la extracción de las grasas sea muy selectiva y por ellos los aceites obtenidos con hexano son muy puros (Bernardini, 1981). Esto tal vez se debe a que el hexano al no poseer grupos funcionales en su estructura química (como ocurre con el éter y el ester) facilite la liberación y recuperación del aceite durante el proceso.

Las operaciones y pasos previos a la extracción propiamente dicha de aceite de semillas oleaginosas son los siguientes:

1) Descascarillado y separación de la cascarilla

Si las cascarillas no se separan de las semillas antes de la extracción, el rendimiento en aceite disminuye por adsorción de la torta, aparte de restar capacidad a la instalación. Esta operación debe realizarse en semillas cuya pepa se halla protegida por una cáscara que impide la extracción del aceite y por otro lado, puesto que no contiene materia grasa, la absorbe; si se elabora con ella, disminuye el rendimiento de la elaboración y la calidad del subproducto (Garaglio, 1950).

2) Trituración de las semillas oleaginosas

La transformación de las semillas oleaginosas, en particular las pequeñas, facilita la extracción del aceite; ya sea por prensado mecánico o por la acción de solvente (Bailey, 1961). Bailey, también menciona que las semillas trituradas o sus partículas convertidas en trozos muy finos, facilitan la extracción con solventes, tanto por la disminución de las distancias que debe recorrer el aceite y el solvente dentro y fuera de la semilla.

Así mismo Martinenghi (1971), cita que el objeto de la molienda es para aumentar la superficie de extracción de la semilla y abrir las células oleíferas que con frecuencia son muy resistentes. Paradójicamente en la extracción por presión, como en la extracción por solventes, la trituración de las semillas no debe llevarse jamás hasta la pulverización, aunque este grado de molienda pueda teóricamente aparecer como el más recomendable.

3) Tratamiento térmico de las semillas oleaginosas.

Según Martinenghi (1971), el tratamiento térmico de la semilla y precisamente la duración y la temperatura de calentamiento, son factores de gran importancia en el prensado; de ellos depende ordinariamente el balance económico de la industria; porque ello está íntimamente ligado el rendimiento en aceite.

La cocción de las semillas oleaginosas antes de proceder a la extracción nos permite obtener rendimientos mayores. El objetivo principal de este proceso es: (Díaz ,1982)

1. Coagular las proteínas en la semilla, agrupando el aceite disperso y haciendo a los sólidos de las semillas permeables al flujo de aceite.
2. Permitir la dilatación de las gotas, permeabilizando las membranas celulares para facilitar la salida del mismo; es decir favorecer la coalescencia de las gotas microscópicas.
3. Disminuir la afinidad del aceite para las superficies sólidas de la semilla, obteniéndose un rendimiento más elevado.
4. Precipitar los fosfátidos.
5. Destruir microorganismo (hongos y bacterias) que posteriormente podrían ocasionar la hidrólisis del aceite.
6. Secar parcialmente la materia prima para facilitar la extracción, ya que es un factor que afecta, desde luego, a la afinidad entre el aceite y los sólidos de la semilla (componentes).

La humedad de la semilla oleaginosa juega un papel importante porque es necesaria para que se produzca la coagulación de las proteínas. Las proteínas anhidras no se coagulan con facilidad y muestran señales de descomposición por calor. En ciertos casos el agua también ayuda al paso del aceite a través de la superficie de la materia sólida, por su mayor afinidad físico-química con esta (Saavedra, 1998).

Por su parte, De Souza (1963) manifiesta que las enzimas que desdoblan los glicéridos (principalmente las lipolíticas) son anuladas con un cocimiento encima de 80°C, lo cual permite eliminar la acción de estos biocatalizadores que originan el problema de rancidez.

De Rafolds 1964, citado por Díaz 1982, sugiere que la semilla debe tratarse para extraer el aceite, antes de cocido tiene que secarse de tal forma que el contenido de humedad se reduzca del 12 al 5 por ciento, cifra que conviene mantener para que el rendimiento sea óptimo. Sin embargo, si se desea conseguir aceite de bajo contenido de fosfátidos y con pérdidas por neutralización mínimas, es necesario calentar rápidamente las semillas desintegradas por encima de 88°C y obtener el grado de humedad deseado por la adición de agua caliente.

2.5.1 PROPIEDADES DE LOS ACEITES VEGETALES

El conocimiento de los cambios químicos importantes que pueden sufrir los aceites y grasas es necesario para comprender cómo se elaboran diversos productos, así como para hacer frente a los posibles problemas que pueden existir durante el almacenamiento, transporte y uso (Lawson, 1999). Las propiedades físicas de aceites y grasas son de importancia práctica en la comprensión de la constitución de estos materiales y de cómo deben ser utilizados.

Las características físicas de un aceite o grasa son dependientes de factores tales como la semilla o planta de procedencia, grado de insaturación, tamaño de las cadenas de carbono y otros. Estas características son medidas y en conjunto son denominadas índices de genuinidad, siendo aquellas que están ligadas a la naturaleza misma de los lípidos en cuestión; mientras los índices de calidad están relacionados con las reacciones químicas de los aceites y grasas (Lawson, 1999).

Según dos Santos (1977), citado por Casanave (1980), los tenores de ácidos grasos libres y material insaponificable, así como los índices de Yodo, refracción y saponificación varían según las variedades de cultivo de palto, y dentro de una misma variedad son influenciadas por la localidad de cultivo y los años agrícolas. A si mismo Martínez (2010) concluye que la

composición de los aceites muestra una fuerte influencia varietal (variedad de una misma especie de cultivo) y, en menor medida, del año y de la localidad de producción.

Según Casanave (1980), cuando un vegetal propio de un clima determinado, se cultiva en un clima diferente, el aceite que se extrae, tiene una composición que tiende a acercarse a la mayoría de los aceites propios de la zona. A medida que se producen en zonas más templadas, presenta un yodo más elevado.

A. PROPIEDADES FÍSICAS

Las características físicas de un aceite o grasa son dependientes de factores tales como la semilla o planta de procedencia, grado de insaturación, tamaño de las cadenas de carbono y otros. Estas características son medidas y en conjunto son denominadas índices de genuinidad, siendo aquellas que están ligadas a la naturaleza misma de los lípidos en cuestión; mientras los índices de calidad están relacionados con las reacciones químicas de los aceites y grasas (Lawson, 1999).

Estas características son:

1. *ÍNDICE DE REFRACCIÓN*: El índice de refracción de una grasa ordinaria depende de su peso molecular medio (y en grado menor de su estructura glicérida). También guarda relación con el grado de insaturación y es útil para calcular el índice de yodo, por la facilidad y la rapidez con que se puede determinar y porque existe poca variación en el peso molecular medio entre muchas grasas comunes. Las determinaciones del índice de refracción son especialmente útiles para regular la hidrogenación de los aceites grasos. En los aceites con un contenido elevado de ácidos grasos libres, el índice de refracción será menos que el indicado y en los aceites oxidados será mayor. Es usado con propósitos de identificación y para establecer grados de pureza (Díaz, 1982)

2. *DENSIDAD*: Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen. No hay grandes diferencias en las densidades de las distintas grasas y los diferentes aceites en el estado líquido, aunque tanto el grado de insaturación (medido por el índice de yodo) como el peso medio (medido por el índice de saponificación), influyen sobre esta propiedad. (Díaz, 1982).

Según Garaglio, citado por Casanave (1980), la densidad se incrementa con el aumento del grado de insaturación de un aceite y con la disminución de sus pesos moleculares de sus ácidos grasos.

B. PROPIEDADES QUÍMICAS

1. INDICE DE YODO: Una propiedad distintiva de los hidrocarburos no saturados es su capacidad de adicionar halógenos en los enlaces no saturados. La determinación del índice de yodo en grasas que contienen enlaces dobles aislados, se basa en la adsorción del halógeno bajo condiciones elegidas, para provocar resultados estequiométricos (Díaz, 1982).

Como agente de halogenación se emplea generalmente el yodo y los resultados se expresan en centigramos de yodo absorbido por gramos de grasa. Los métodos Wijs y Hanus son los más empleados en ésta Determinación. El índice de yodo es una medida del índice de dobles enlaces o del grado de insaturación y, por lo tanto, un indicador de la estabilidad oxidativa (Lawson 1999). Rosell (1983) señala que es una propiedad característica de los ácidos grasos que poseen doble enlace tales como oleico, linoleico, linolénico, etc.

2.INDICE DE SAPONIFICACIÓN: El término saponificación significa la hidrólisis de un éster para dar el correspondiente alcohol y ácido o sal. Aplicado a las grasas describe la reacción entre álcali y grasa, dando como resultado la formación de jabón (Pearson, 1981).

El índice de saponificación es una medida de la cantidad de álcali requerida para saponificar un determinado peso de grasa, generalmente viene expresado como el número de miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar un gramo de grasa (Badui, 2006).

El índice de saponificación es un dato muy útil en el análisis de grasas y aceites. Es una de las constantes de éstas sustancias, útil para la identificación de muestras desconocidas y para estimar el peso molecular medio de las grasas.

3. ÍNDICE DE ACIDEZ: Según Madrid (1997) el índice de acidez se expresa como mg de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar un gramo de materia grasa y Lawson (1999) indica que la hidrólisis resulta acelerada por las altas temperaturas, presiones y una excesiva

cantidad de agua. El índice de acidez es un indicador de calidad, de la frescura del aceite (Lawson, 1999) y es la mejor medida de su alteración por hidrólisis (Trevejo, 2003). El aumento de la acidez en el aceite se debe a la presencia de ciertas enzimas o fermentos, que al desdoblar los glicéridos ponen en libertad nuevas cantidades de ácidos grasos.

4.ÍNDICE DE PERÓXIDOS: De acuerdo con Lawson (1999) los ácidos grasos y las grasas, expuestas al aire, especialmente a temperaturas elevadas y en presencia de algunos metales, absorben el oxígeno y forman peróxidos. También menciona que los productos que contienen una proporción más elevada de ácidos grasos insaturados son más propensos a la oxidación que los que contiene cantidades más bajas. Indica en que extensión a experimentado el aceite la rancidez oxidativa. Se define como miliequivalente de peróxido por kg de grasa.

2.5.2 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITES VEGETALES

Según Díaz (1982) para determinar la composición de ácidos grasos de un aceite se emplean métodos cromatográficos, siendo recomendados por su mayor precisión la cromatografía Gaseosa líquida (CGL).

CROMATOGRAFIA: La cromatografía puede definirse como un procedimiento que implica la aplicación de fenómenos, tales como la adsorción superficial, partición entre disolventes y cambio iónico para separar en sus distintos componentes, mezclas sencillas o complejas (Saavedra, 1998).

La cromatografía de gases implica el paso de la mezcla a analizar, a través de una columna calentada, mediante un gas portador inerte, tal como helio o nitrógeno. En la columna está la fase estacionaria distribuida sobre una substancia inactiva, tal como tierra de infusorios. Los componentes de la mezcla se eluyen con el gas y se resuelven en la columna. Cuando dichos componentes individuales alcanzan el extremo de salida de la columna, se detectan y se miden por algún procedimiento adecuado. El instrumento detector emite una señal gráfica la cual presenta una serie de picos en la que cada uno representa un determinado ácido graso. Para cuantificar la cantidad de ácido graso se integra el área bajo la curva (Herrera, 1978).

Para la determinación de la composición de ácidos grasos de una muestra, por cromatografía de gases, se emplean los ésteres metílicos de los ácidos grasos, porque ellos tienen puntos de fusión más bajos que éstos últimos. El empleo de ésteres metílicos disminuye el peligro de descomposición a la temperatura de trabajo de la misma (Herrera, 1978).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los frutos a partir de los cuales se obtuvieron las semillas proceden de la parcela experimental N°2 de una hectárea de extensión, instalada en la unidad de protección comunal de 1167 Ha, en el sector Humedades de la comunidad campesina San Julián, del distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque.

La localidad de Humedades, se encuentra entre los 120 y 700 m.s.n.m. de altitud (Calderón, 1999), abarcando una extensión geográfica de 4572 has.

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de pulpa y papel área de Transformación Química de la Facultad de Ciencias Forestales – UNALM.

3.1.1 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

El Sector Humedades presenta topografía plana en la mayoría del sector y suelos de textura franco arcillosa, excepto los del oeste que son pedregosos y no aptos para la agricultura. Calderón 1999, citado por Gonzales. (2011).

Calderón (1999) menciona que el clima de la zona es cálido, con temperaturas máxima promedio de 33,1°C en los meses de febrero y marzo, y temperaturas mínimas de 14,8 °C para los meses de julio a agosto con precipitaciones muy bajas de 112 mm. Se presenta lluvias durante los meses de febrero a abril, pero cuando se dan alteraciones climáticas drásticas, se produce el denominado Fenómeno “El Niño”, caracterizado por elevadas temperaturas e intensas y abundantes precipitaciones pluviales.

3.1.2 CARACTERIZACIÓN FORESTAL

Calderón (1999) citado por Gonzales (2011) señala que el sector Humedades (ver figura 6) abarca en total 4572 ha, de las cuales 4265 ha (90 por ciento del total) están cubiertas de bosque pudiéndose diferenciar dos tipos:

Bosque seco ralo de Llanura (BsrLI), que abarca una extensión de 1865 ha, cuyo grado de cobertura vegetal total es de 30 por ciento en promedio. En este tipo de bosque, la especie arbórea dominante es el algarrobo, con un 60 por ciento de la cobertura vegetal total, que significa 1800m² de proyección de copa por hectárea, seguido del sapote con 15 por ciento; mientras que el 25 por ciento restante están las especies arbustivas, entre las que destaca la *Cordia lutea* (overo) y *Vallesia glabra* (cuncuno).

Bosque seco de Colina (BsC), corresponde a una zona de transición al Bosque seco de Colina propiamente dicho, en el que se encuentra además características del bosque tipo Chaparral; abarca en conjunto un área de 2400 ha. El grado de cobertura vegetal total es 45 por ciento en promedio, la vegetación dominante es de tipo arbustiva, siendo el overo la más común, ocupando 55 por ciento de la cobertura vegetal; y dentro de las especies arbóreas, el sapote con 25 por ciento el más abundante y el 20 por ciento restante para *Prosopis pallida* (algarrobo), *Loxopterygium huasango* (hualtaco), *Bursera greveolens* (palo santo) y *Parkinsonia microphylla* (palo verde).

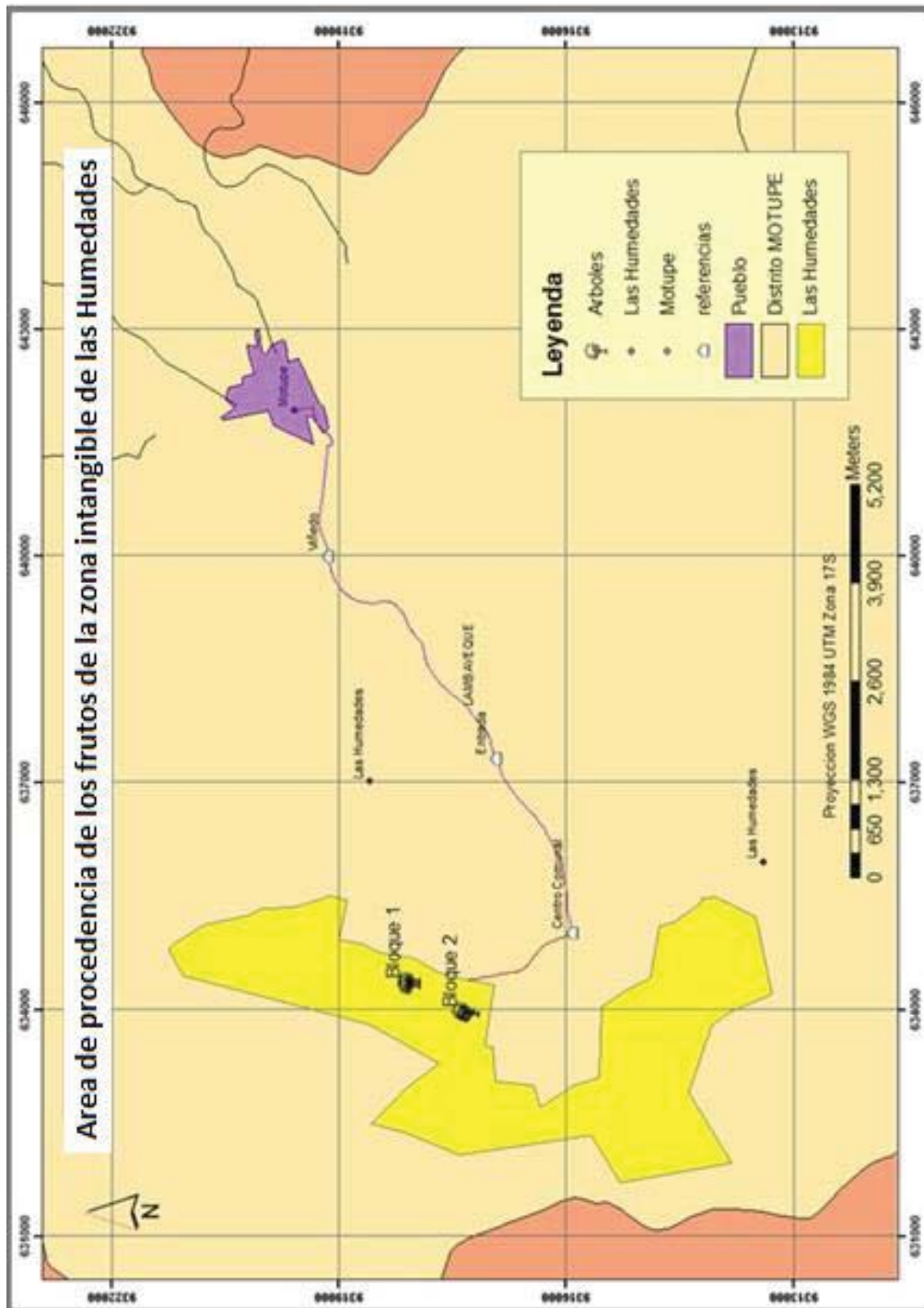


Figura 6 Zona de procedencia de los frutos de sapote (Motupe – Lambayeque)
Fuente: Galindo, 2012.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Equipos de laboratorio

- Estufa marca “Heraeus” de temperatura máxima 120°C
- Termómetro de mercurio de temperatura máxima 250 °C
- Mufla “Thermolyne”, de temperatura máxima 1000°C.
- Extractor Soxhlet 45/50
- Microdestilador Kjeldahl
- Microdigestor Kjeldahl
- Balanza digital “Ohaus”, de capacidad 200 g y precisión 0,1mg
- Bomba de filtración al vacío GAST, máxima presión 4,08 bar/60 PSI
- Cocina eléctrica
- Centrifuga

Materiales de laboratorio

- Desecadores
- Caja de guantes quirúrgicos
- Rollos de papel toalla
- Paquete de bolsas ziploc
- Vasos de precipitación
- Balones de 250 mL

- Mangueras de jebe
- Matraces de 250 mL
- Crisoles
- Pipeta 1, 5, 10 mL
- Pipeta Volumétrica 20 mL
- Mallas de asbesto
- Pizeta
- Fiola de 1L
- Frascos de vidrio con tapa de 100 mL
- Embudo buchner
- Soportes universales.
- Papel filtro para fibra
- Papel filtro rápido
- Parafilm
- Papel aluminio
- Antiespumante
- Agua destilada

Materiales de seguridad

- Guantes aislantes
- Jabón desinfectante

- Guantes anticorrosivos
- Mascarilla contra gases orgánicos

Reactivos

- Éter de petróleo ((CH₃)₃COCH₃ p.a.)
- Hexano (C₆H₁₄ p.a.)
- Hidróxido de sodio concentrado (NaOH p.a.)
- Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄ p.a.)
- Ácido clorhídrico 0,5 N (HCl)
- Rojo de metilo 0,1 por ciento
- Catalizador para digestión (100g K₂SO₄ + 0,25g CuSO₄)
- Ácido sulfúrico 1,25 por ciento (H₂SO₄)
- Hidróxido de sodio 1,25 por ciento (NaOH)
- Hidróxido de potasio 0,5 N (KOH)
- Ioduro de Potasio al 15 por ciento (KI)
- Ácido acético glacial p.a. (CH₃ COOH)
- Tiosulfato de sodio 0,01 N (Na₂S₂O₃)
- Reactivo Wijs (ICl 0,2 N + CH₃COOH)
- Cloroformo (Cl₃CH)
- Fenolftaleina (C₂₀H₁₄O₄)

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 MATERIA PRIMA

Los frutos se obtuvieron de 5 árboles escogidos al azar de la parcela experimental N° 2 de 1,1 ha de extensión. El lugar de trabajo se enmarca dentro del área de estudio del sub-Proyecto Sapote, incluido dentro del marco de cooperación *Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR)-UNALM*.

3.3.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se escogieron los frutos maduros y con buenas características físicas (tamaño, color, forma y sin gusanos). La separación de pulpa y semillas se realizó manualmente. Posteriormente las semillas se lavaron con agua corriente y se colocaron en bandejas, previo al secado (Figura 7). Luego se secaron a 40 °C para evitar cualquier alteración de los componentes a ser estudiados.



Figura 7 Semillas de Sapote lavadas, listas para el secado.

La extracción de las almendras de las semillas se realizó manualmente; luego estas fueron trituradas en un mortero como se aprecia en la figura 8. El siguiente paso fue dividir la muestra en tres porciones que fueron acondicionadas a tres humedades como son 7 por ciento, 11 por ciento, 13 por ciento, respectivamente; de acuerdo con Díaz (1982) y Saavedra (1998) quienes realizaron ensayos de extracción a las semillas de Sapote y Castaña y obtuvieron los mejores rendimientos entre el rango de humedad del 6 por ciento al 13 por ciento, tanto para la extracción del aceite por prensado como por solventes. Este acondicionamiento se logró sometiendo a las muestras a 60°C y controlando el tiempo de permanencia en estufa. Inmediatamente después de este proceso las muestras fueron expuestas a dos tratamientos térmicos. El primer tratamiento térmico consistió en someter a la almendra a 80 °C durante 30 minutos y el segundo tratamiento en exponerla a 105°C durante el mismo tiempo. De cada lote de almendra acondicionada a distinta humedad y con diferentes tratamientos se tomó muestras de 10g, éstas fueron colocadas en un cartucho de papel filtro que se sometió a la extracción por el método de reflujo con soxhlet.



Figura 8 Almendra seca y molida, lista para el tratamiento térmico.

A la masa sólida sin aceite producto de la extracción (torta) se le realizó el análisis proximal según FAO (2006) que considera la cuantificación del porcentaje de humedad, proteína bruta,

fibras, cenizas y extracto etéreo libre de nitrógeno. En la figura 9 se presenta el diagrama de flujo seguido para la extracción de aceite a partir de la almendra de la semilla de sapote y para el análisis proximal de la torta residual.

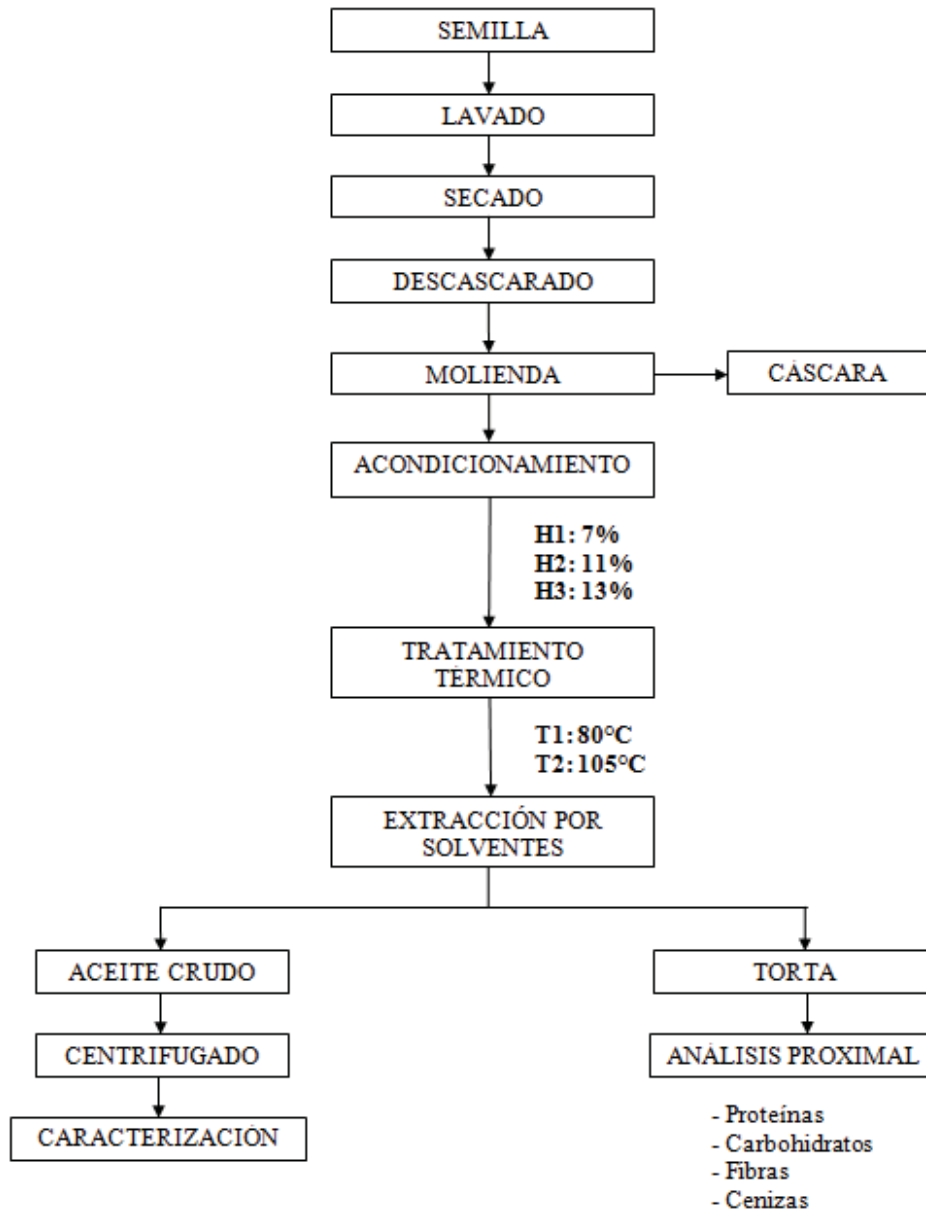


Figura 9 Diagrama de flujo para la extracción de aceite a partir de la semilla de sapote.

3.3.3 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA ALMENDRA DE LA SEMILLA DE SAPOTE

Se empleó como solvente n – Hexano. La extracción del aceite se realizó mediante el método por reflujo con soxhlet según la norma AOAC (1990). El tiempo de extracción fue de 1,5 horas a temperatura de ebullición del solvente (67°C), luego el aceite crudo se secó en estufa a una temperatura de 60°C hasta eliminar el solvente residual. Finalmente con el fin de separar algunas impurezas presentes como gomas, fosfolípidos y fosfátidos, se llevó a centrifugación a 2000 rpm durante 10 minutos. Se realizaron 5 repeticiones por cada tratamiento considerado.

El rendimiento promedio para la almendra de la semilla de sapote se obtuvo considerando dos variables independientes:

1. *HUMEDAD*: Con el objetivo de ver la influencia de esta en el rendimiento de aceite a las tres humedades elegidas (7 por ciento, 11 por ciento y 13 por ciento).

2. *TRATAMIENTO TÉRMICO*: La materia prima fue sometida a dos temperaturas 80 y 105°C durante 30 minutos, con el fin de facilitar la extracción y optimizar el rendimiento.

3.3.4 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE.

A) *DENSIDAD*: Para la determinación de la densidad del aceite se empleó el método del picnómetro en conformidad con la norma UIQPA 2.101, recomendada por la CODEX – STAN 210 – 1999 (Anexo 8)

B) *ÍNDICE DE REFRACCIÓN*: El índice de refracción se determinó de conformidad con la norma AOCS Cc 7-25 (Martínez, A. 2011) Método del Codex Tipo II. Para esto se calibró el refractómetro con agua destilada a una temperatura ambiente de 23°C, las lecturas se hicieron colocando una gota de aceite sobre el prisma, anotando hasta la cuarta cifra decimal, se realizaron tres repeticiones. Para expresar la medida promedio se obtuvo la media aritmética de las tres lecturas.

3.3.5 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE

A) *Índice de acidez*: Para obtener el índice de acidez se utilizó la Norma Ac5-41 de la AOCS (1994) se pesó en un matraz 5-10 g de aceite, y se disolvió en 50 mL de una mezcla alcohol-éter con fuerte agitación, se añadió 5 mL de solución indicadora fenolftaleína y se valoró con la solución hidróxido de potasio 0,5 N (KOH). Los cálculos se realizaron de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{V \times N \times 56.1}{P}$$

V: Volumen en mL. De la solución álcali utilizados.

N: Normalidad de la solución de KOH.

P: Peso en gramos de la muestra utilizada.

B) *Índice de peróxido*: Se obtuvo en conformidad con la norma AOCS Cd 8b-90 (Martínez, A. 2011). Para ello se añadió en un matraz de 250 mL. 2 g de aceite y 30 mL de la solución ácido acético -cloroformo, se agito para disolver, luego se agregó 0,5 mL de la solución saturada de KI, con vigorosa agitación, se dejó reposar en la oscuridad durante 2 minutos y se añadió 30 mL de agua destilada. Se tituló inmediatamente el yodo liberado con tiosulfato de Sodio 0,01 N; agitando vigorosamente hasta que el color amarillo casi desaparezca. Se agregó 0,5 mL de solución de almidón al 1 por ciento y se continuó titulando y agitando hasta que el color azul desaparezca. El blanco se corrió conjuntamente con la muestra y el resultado fue restado al resultado obtenido al de la muestra. Se expresó el índice de peróxido como meq. de peróxido/Kg de grasa según la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Peróxido} : \frac{(V - V') \times N \times 1000}{\text{Peso de muestra}}$$

V = volumen de tiosulfato de sodio 0,1N, mL, consumido en el ensayo.

V' = volumen de de tiosulfato de sodio 0,1N, mL, consumido en blanco.

N = normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio.

C) *Índice de saponificación*: Por la simplicidad del procedimiento se siguieron los pasos de la norma IUPAC (1964). Se pesaron 3g de aceite en un matraz y se añadieron 25 mL de solución alcohólica de KOH 0,5 N; luego se adaptó el condensador de reflujo y se introdujo el matraz en agua hirviendo durante 60 minutos, agitándolo frecuentemente. Transcurridos 60 minutos se añadieron 0,5 mL de indicador fenolftaleína al 1 por ciento y se tituló con HCl 0,5 N.

Este índice denota el peso de hidróxido potásico en mg que se requieren para saponificar un gramo de aceite y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de saponificación} : \frac{(V - V') \times N \times 28,05}{\text{Peso de muestra}}$$

V = volumen de tiosulfato de sodio 0,1N, mL, consumido en el ensayo.

V' = volumen de tiosulfato de sodio 0,1N, mL, consumido en blanco.

N = normalidad de la solución de HCl.

D) *Índice de Yodo*: Para su determinación seguimos la recomendación de la norma UIQPA (1964) que sugiere el método de Wijs. En una fiola con la ayuda de una pipeta de 1 mL, se disolvió 0,2 gramos de aceite en cloroformo, luego se añadió 10 mL de solución Wijs que se mantuvo en reposo durante 30 minutos en ambiente oscuro; finalmente se añadió 5 mL de solución KI (15 por ciento), agitamos vigorosamente y luego de añadir 100 mL de agua se procedió a titular con tiosulfato 0,1N.

El índice de yodo se define como los centigramos de yodo absorbidos por un gramo de grasa y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Iodo} : \frac{(V - V') \times N \times 12,67}{\text{Peso de muestra}}$$

V = volumen de tiosulfato de sodio 0,1N, mL, consumido en el ensayo

V' = volumen de tiosulfato de sodio 0,1N, en mL, consumido en el blanco.

N = normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio.

3.3.6 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

La obtención, identificación y determinación cuantitativa de los esteres metílicos de los ácidos grasos presentes en el aceite crudo se realizó por Cromatografía Gaseosa Líquida (CGL), según el método ISO 5508 – 1990 (Anexo 1).

3.3.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA SEMILLA DE SAPOTE

A) *Proteína bruta*: Para la determinación del contenido de proteína se usó la metodología micro kjeldhal (UIQPA, 1964). El valor de proteína bruta se ha calculado utilizando como factor 5,62 para la conversión nitrógeno – proteína, según Tkachuk (1996) mencionado por Kirk (1996), considera como el factor más exacto para harinas.

B) *Cenizas*: Para determinar el contenido de cenizas se siguió el método de AOAC 942.05 (revisar Anexo 9). La muestra fue sometida a combustión entre 550 – 600 °C durante un período de 2,5 horas. Las cenizas resultantes son consideradas la parte mineral del alimento.

C) *Fibra bruta*: Para la determinación de las fibras crudas insolubles se usó la metodología de análisis proximal FAO usada para alimentos que recomienda el uso de la norma AOAC 962.09 (Anexo 10). Se trató la muestra en una solución de ácido sulfúrico al 1,25 por ciento y luego en una solución de hidróxido de sodio al 1,25 por ciento por treinta minutos, con filtración al vacío y se lavó en agua caliente después de cada digestión, para neutralizar la muestra, luego se secó y se calcinó, para así poder calcular la cantidad de fibras por diferencia.

D) *Extracto etéreo libre de Nitrógeno*: Se siguió el método recomendado por el CODEX Alimentarius - FAO, según el cual se resta el porcentaje de proteína cruda, fibra cruda, grasas y cenizas del 100 por ciento ; el resultado mide el contenido de carbohidratos no estructurales presente en el contenido celular, estos son monosacáridos, disacáridos, trisacáridos y almidones.

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{Cenizas} + \% \text{Proteínas} + \% \text{Fibras} + \% \text{Lípidos})$$

E) *Humedad*: Para obtener el contenido de humedad, se usó el método AOAC (1980) modificado para frutos (AOAC, 1998); Nro 930-15.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente diseño factorial evaluará el efecto combinado de dos variables independientes. Se considerarán tres humedades distintas (HBS: 7, 11 y 13 por ciento) y dos tratamientos térmicos (80 °C y 105 °C, respectivamente, durante 30 minutos) para determinar su influencia en la extracción de aceite crudo de la almendra de la semilla de sapote:

1 Bloque x 3 (humedades) x 2 (tratamientos térmicos)

Cuadro 4 Diseño experimental para obtención de aceite de almendra de semilla de sapote.

<i>Tratamiento térmico</i>	<i>Humedad de tratamiento</i>		
	H1: 7%	H2: 11%	H3: 13%
Tt 1 = 80°C	T1	T2	T3
Tt 2 = 105°C	T4	T5	T6

Análisis Estadístico

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con igual número de repeticiones (5 por cada evaluación) y un nivel de significancia de 0,05.

La hipótesis a probar es si los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable que se estudia:

H0: $T1=T2=T3=T4=T5=T6$ (Todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre el rendimiento de aceite crudo)

H1: Al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás

Se estableció como grado de significancia $p: 0,05$ y se realizaron las pruebas ANVA y Tukey mediante las cuales se analizó la homogeneidad de varianzas y normalidad de residuos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RENDIMIENTO DE ACEITE DE LA SEMILLA DE SAPOTE

En el rendimiento de extracción (g de aceite crudo/100g de almendra) el contenido de 11 por ciento de humedad en la almendra resulta ser el más conveniente para ambos tratamientos térmicos de 80°C y 105 °C como se aprecian en las figuras 10 y 11.

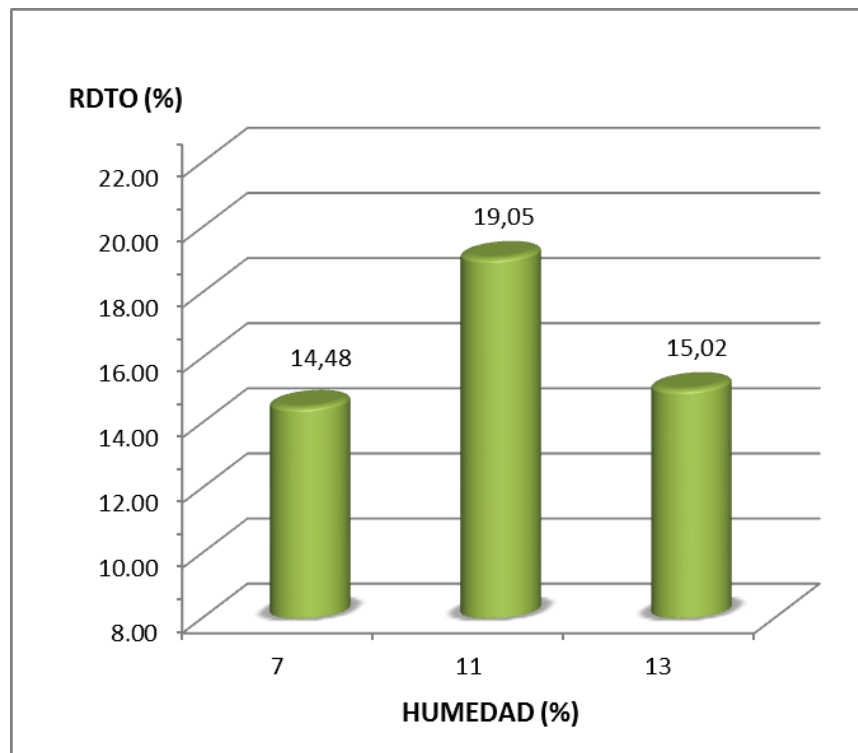


Figura 10 Promedios del rendimiento de aceite para tratamiento a 80°C (Tt 1).

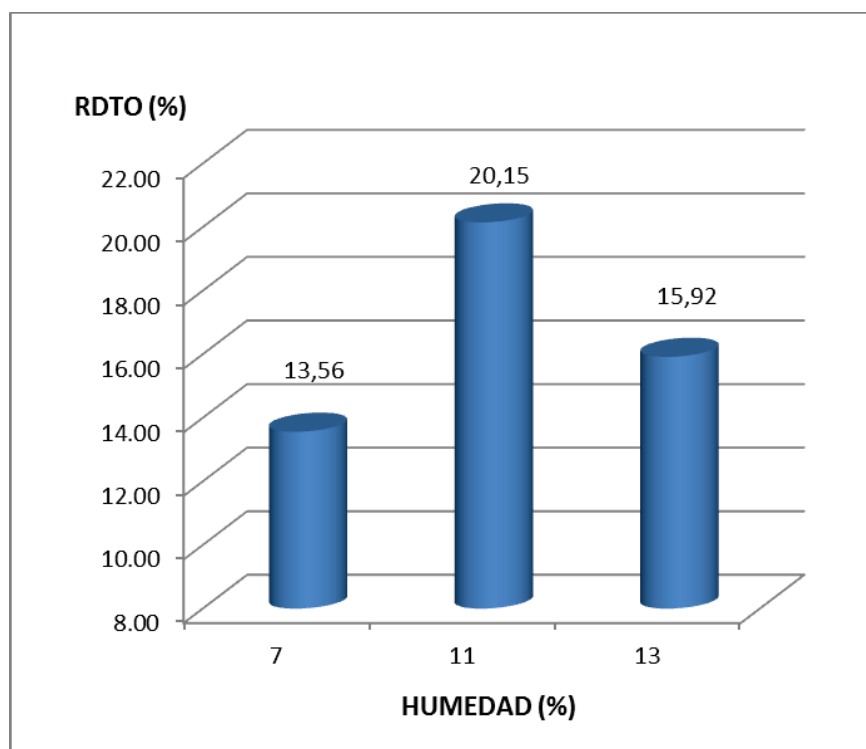


Figura 11 Promedios del rendimiento de aceite para tratamiento a 105°C (Tt 2).

Para el tratamiento térmico 1 (Tt 1) en el que se sometió las almendras a 80°C durante 30 minutos, el análisis estadístico de los resultados del rendimiento de aceite de la almendra de sapote mediante la prueba ANVA conforme al cuadro 5; muestra con un nivel de significancia del 5 por ciento que se rechaza la hipótesis nula. Es decir que con un nivel de confianza del 95 por ciento se observa que existe diferencia altamente significativa entre los rendimientos, siendo la extracción a humedad de 11 por ciento la que obtiene mayor rendimiento. El tratamiento térmico y el contenido de humedad de 11 por ciento otorgan la plasticidad adecuada a la almendra de las semillas durante el periodo de acondicionamiento.

Pudiéndose inferir además que a mayor temperatura se optimiza la coagulación de las proteínas en la semilla, agrupando el aceite disperso y haciendo a los sólidos de las semillas permeables al flujo de aceite: lo que resulta en un mayor rendimiento.

Cuadro 5 Análisis de varianza del rendimiento de aceite según el porcentaje de humedad para Tt 1 (80°C)

ANOVA unidireccional: 80 °C vs. H%					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
H%	2	62,45	31,23	14,51	0,001
Error	12	25,82	2,15		
Total	14	88,28			
S = 1,467					

Además según los intervalos de confianza de 95 por ciento para el rendimiento de aceite bajo Tt 1 (80°C), se observa en el anexo 2A que para los contenidos de humedad de 7 por ciento y 13 por ciento los rendimientos son menores y similares. Conforme se incrementa la humedad se dificulta el contacto eficiente entre el sólido y el solvente extractor.

Por otro lado la experiencia y la investigación experimental han establecido que una semilla oleaginosa con bajo contenido en agua, 1-2 por ciento, cede el aceite con mayor dificultad que cuando tiene una humedad mayor, por ejemplo, 10 por ciento en el caso de extracción de aceite por prensado (Bernardini, 1981).

Para el tratamiento térmico a 105°C (Tt 2) durante 30 minutos, el análisis estadístico de los resultado del rendimiento de aceite de la almendra de sapote mediante la prueba ANVA mostrada en el cuadro 6; demuestra que con un nivel de significancia de 5 por ciento se rechaza la hipótesis nula. Es decir que con un nivel de confianza de 95 por ciento se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Siendo la extracción a humedad de 11 por ciento la que obtiene mayor rendimiento.

Cuadro 6 Análisis de varianza del rendimiento de aceite según el porcentaje de humedad para Tt 2 (105°C)

ANOVA unidireccional: 105 °C vs. H%					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
H%	2	111,31	55,66	24,75	0,000
Error	12	26,99	2,25		
Total	14	138,30			
S = 1,500					

También según los intervalos de confianza de 95 por ciento para el rendimiento de aceite bajo Tt 2 (105°C), se observa en el anexo 2B, que para los contenidos de humedad de 7 por ciento y 13 por ciento los rendimientos son menores.

Para ambos tratamientos térmicos (80°C y 105°C) se obtuvo mayor rendimiento de extracción de aceite a la humedad de 11 por ciento. Se comparó ambos tratamientos realizando el análisis estadístico mediante la prueba ANVA (cuadro 7) demuestra con un nivel de significancia de 5 por ciento que se acepta la hipótesis nula. Es decir que con un nivel de confianza del 95 por ciento se observa que no existe diferencia significativa entre los rendimientos. Siendo los rendimientos de extracción a humedad de 11 por ciento iguales para Tt 1 y Tt 2.

Cuadro 7 Análisis de varianza para el rendimiento de aceite a 11 por ciento de humedad, para Tt 1 (80°C) vs. Tt 2 (105°C).

ANOVA unidireccional: CH 11%, 80°C vs. 105°C					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
11%	1	2,99	2,99	0,71	0,423
Error	8	33,64	4,20		
Total	9	36,63			
S = 2,051					

Si bien no existe diferencia significativa entre Tt1 (80°C) y Tt2 (105°C), el segundo tratamiento térmico (105°C), en promedio rinde más que el primero (80°C) como podemos observar en el anexo 2C.

4.2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS

Los resultados del análisis físico – químico del aceite crudo extraído por solventes se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8 Características Físico - Químicas del aceite de almendra de semilla de sapote extraído por solventes.

CARACTERISTICA	PROMEDIO
Acidez (mg KOH/g aceite ó % ac. Oleico)	7,63
Índice de yodo	115,52
Índice de peróxido (meq oxígeno/ kg aceite)	9,68
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	210,84
Índice de refracción a 24°C	1,47
Densidad relativa a 24 °C	0,91

Ácido

El contenido de ácidos grasos libres fue de 7,6 por ciento (expresado como ácido oleico), valor que se encuentra por encima del estándar establecido por Codex-Stan (1998) para aceites prensados en frío y vírgenes (4 por ciento) pero por debajo del límite asignado a aceites de palma vírgenes (10 por ciento). Por lo tanto se le puede considerar como un aceite de alta acidez, susceptible a reacciones hidrolíticas, proceso que genera ácidos grasos libres en aceites y grasas por desdoblamiento de los triacilglicerolos que lo forman. Sin embargo los aceites crudos puede ser refinados, obteniendo valores de acidez menores a 0,6 por ciento, límite permitido por la Codex – Stan para aceites refinados comestibles.

Índice de yodo

Un valor de 116 en el índice de yodo indica que se trata de un aceite de propiedades semi – secantes (Martinenghi, 1971). Según la clasificación Bailey (1961) se puede ubicar a este aceite en el grupo oleico-linoleico por tener un índice de yodo similar a los característicos aceites de este grupo; por ejemplo, el aceite de soya (120-141) o el aceite de maíz (103-128).

El índice de yodo constituye una medida del grado de insaturación del aceite, característica muy importante que está relacionada con el punto de fusión del mismo, de tal manera que a mayor cantidad de insaturación el punto de fusión del aceite será menor.

Índice de saponificación

El valor hallado 210,8 se encuentra dentro de los intervalos considerados para la mayoría de aceites vegetales (Bernardini, 1986). Además sugiere su posible uso en la industria de jabones y cosméticos, en la cual se exige un valor mínimo de 185mgKOH/g según Lafont et al. (2011).

Se le puede comparar con el aceite de palma (195-205), de girasol (188-194) y otros de este grupo (Mehlenbacher, 1970).

Índice de peróxido

Se obtuvo el valor de 9,68 miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de aceite, considerado como bueno, ya que el nivel recomendable para materia prima en aceites destinados a consumo en alimentación, es de un mínimo de 1 miliequivalente y un máximo de 20 miliequivalentes de oxígeno/kg de aceite según Gracián (1977), y de un máximo de 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite según la norma Codex – Stan. El índice de peróxido, medida del contenido de oxígeno activo que determina el estado de oxidación o deterioro (rancidez) en que se encuentra el aceite.

Densidad relativa

La densidad relativa del aceite crudo es de 0,9139 g/mL (24°C) valor considerado dentro del rango de grasas comestibles establecidos para densidad de aceites vírgenes. Así, la CODEX establece para aceites vírgenes (aceite de oliva) un rango de densidad de 0,9 a 0,96 g/mL a 20°C; mientras que la FAO y OMS (Organización mundial de la salud) establecen un rango de 0,910-0,916 g/mL, para este mismo aceite. Principalmente se puede comparar con el aceite de palma (0,914 – 0,918), el aceite de maní (0,91 – 0,915) (Mehlenbacher, 1970).

Índice de Refracción

Se obtuvo un valor de 1,468, valor similar al del aceite de Castaña, Lino o Soja. Este índice de refracción guarda estrecha relación con el peso molecular medio y grado de insaturación del aceite, proporcionando información valiosa acerca de su composición o calidad.

Es muy útil con fines de identificación, comprobación de la pureza y observación del progreso de reacciones como la hidrogenación.

Kirschenbauer (1964), afirma que el índice de refracción está muy relacionado con el índice de Iodo. El índice de Iodo de un aceite procedente de una zona más templada tendrá un valor mayor y por lo tanto el índice de refracción también aumentará. En general los índices de refracción de las sustancias grasas oscilan entre 1,46 y 1,5 a más o menos 15 o 20 °C.

4.3 COMPOSICION DE ÁCIDOS GRASOS

En el cuadro 9, se presenta la composición en ácidos grasos del aceite crudo de la almendra de la semilla de sapote, obtenidos a partir de Cromatografía Gaseosa líquida (Anexo 1).

Cuadro 9 Composición de ácidos grasos del aceite crudo.

<i>Ácido Graso</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Ácido oleico	27,83
Ácido palmítico	18,52
Ácido esteárico	17,14
Ácido palmitoleico	8,03
Ácido linoleico	7,04
Ácido araquídico	4,36
Ácido erúcico	1,67

Se puede observar que el aceite contiene los ácidos grasos principales de un aceite comestible tales como el linoleico y oleico; es decir, que por la cantidad presente de estos dos ácidos grasos, se puede considerar a este aceite en el grupo de los “Oleico – Linoleico”, cuyas características principales deben ser la presencia de estos ácidos en cantidades mayores al 20 por ciento y que no exista linolénico ni otros más insaturados en cantidades significativas según lo señala Bailey (1961). Los aceites de este grupo son más útiles y aprovechables; no son suficientemente insaturados como para tener propiedades secantes, por lo que no se usan en pinturas o en la preparación de otras cubiertas; sin embargo, son excelentes aceites comestibles que, por no tener ácidos altamente insaturados, no poseen una marcada tendencia a la reversión del sabor.

En el cuadro 10 se comparan los valores obtenidos para el aceite de almendra de semilla de sapote con el de otros aceites vegetales comestibles, observándose elevado contenido de ácido oleico y palmítico, los más empleados en la industria de alimentos. Además el contenido de ácido esteárico muestra alto potencial del aceite para fabricación de jabones y cosméticos.

Cuadro 10 Composición de ácidos grasos de aceites vegetales comerciales.

Fuente: Bernardini, 1981

ÁCIDOS GRASOS DE ALGUNOS ACEITES VEGETALES (%)							
ACIDO GRASO	Algodón	Maní	Oliva	Soya	Palma	Tara	SAPOTE
MIRISTICO	0,5 – 1		0,1		2,5	3,07	
PALMITICO	22 – 36	9 -13	7 – 17	11 - 13	43	19,67	18,53
ESTEARICO	2 – 3	3 – 5	1 – 3	3,4 - 4-5	4	15,98	17,14
OLEICO	18 -24	46 – 65	65 – 85	19 - 25	42	18,58	27,83
LINOLEICO	46 – 54	17 – 32	4 -13	50 - 55	8	34,2	7,04
LINOLENICO			0,5 - 1-5	6 - 10	/	34,2	/
PALMITOLEICO					1	3,22	8,03

4.4 ANÁLISIS PROXIMAL

En la figura 12 se ilustra la composición proximal de la almendra de la semilla de Sapote.

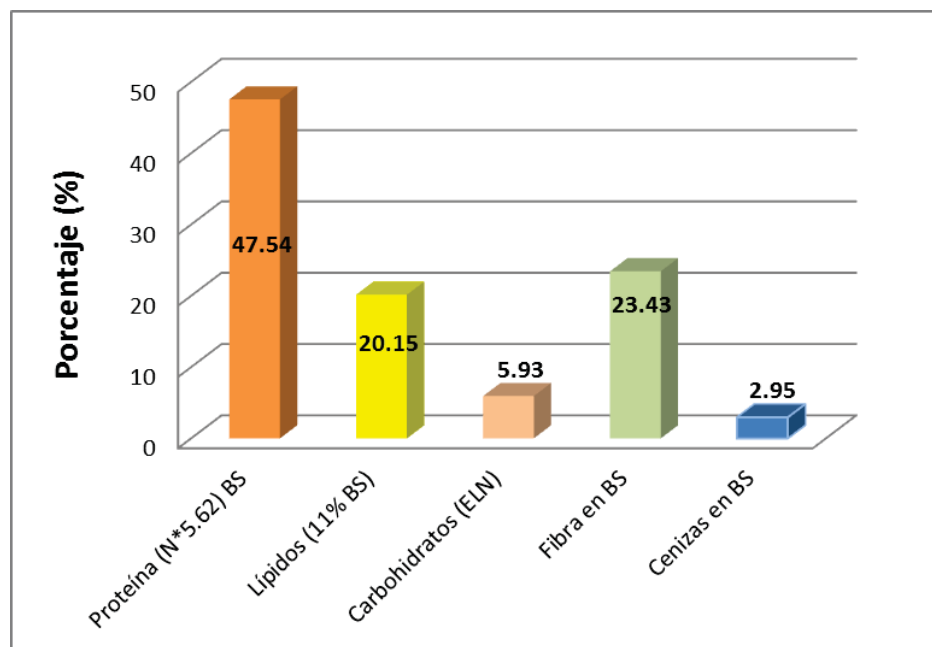


Figura 12 Contenido Proximal promedio de la almendra de semilla de sapote.

Proteínas

El contenido proteico hallado para la almendra de la semilla de sapote es de 47,54 por ciento, pudiendo compararse con otras semillas de origen forestal con contenidos similares de proteínas como es el caso de almendra de Tara con 45 por ciento y la torta de almendra de castaña con 49,72 por ciento.

Estos porcentajes son bastante altos en comparación con la cantidad de proteínas que tienen las harinas de trigo, cuyos valores según Simonds (1978) citado por Repo (1998), oscilan entre 10 y 15 por ciento. Al comparar la harina de torta de soya, cuyo contenido proteico es de 44,55 por ciento (Perez, 1998), se observa que los valores son muy similares.

Se puede estimar la cantidad de proteína disponible por Ha que ofrecen los bosques de Motupe. Dentro de la unidad de protección comunal de la localidad de Humedades, se puede encontrar hasta 40 árb/Ha de sapote. Considerando el bloque de estudio en el que el promedio es de 22 árb/Ha, con promedio de producción de frutos de 19 kg/árbol y un rendimiento de semillas del 36 por ciento, cuyo contenido de almendra en base seca es de 36 por ciento, obtenemos que por hectárea el bosque nos ofrece 54,17 kg de proteína bruta.

Fibras

La cantidad de fibra hallada para la almendra de sapote fue de 23,43 por ciento, valor ligeramente superior al encontrado por (Díaz, 1982) para la almendra de frutos de sapote proveniente del departamento de la libertad.

La cantidad de fibra cruda que se puede encontrar en especies silvestres va desde 3 hasta 30 por ciento según Gómez et al. 2006 citado por Galindo (2012), considerándolas una gran fuente de fibra dietética.

Cenizas

El contenido de cenizas hallado fue de 2,94 por ciento, que demuestran la presencia de una cantidad de sales o minerales menor en comparación con el valor 4,09 por ciento determinado por Díaz (1982) para la almendra de sapote proveniente de La Libertad, pudiéndose inferir que la zona de estudio escogida por Díaz presenta una mayor cantidad de minerales en el suelo.

Extracto libre de Nitrógeno

El valor de carbohidratos para la almendra de sapote fue de 5,93 por ciento, cantidad similar al 7,66 por ciento encontrada en la almendra de castaña, De Souza (1963). En semillas oleaginosas se espera un contenido bajo en carbohidratos pues la presencia de alto contenido de aceite está asociada con la presencia de una cantidad importante de proteínas.

Lípidos

El rendimiento obtenido en la extracción de aceite de la almendra de semilla de sapote fue de 20,14 por ciento, valor que resulta interesante para la extracción del aceite y procesamiento. La cantidad de lípidos encontrada en un fruto o semilla puede ser influenciada por el estado de madurez del fruto, el período de cosecha y por las condiciones de sitio (suelo, precipitaciones, temperatura, etc).

El contenido de aceite en la almendra de sapote es mayor al 15 por ciento encontrado en la semilla de Tara (*Caesalpinea spinosa*), sin embargo está muy por debajo del 65 por ciento encontrado en la almendra de Castaña (*Bertholletia excelsa*).

5. *CONCLUSIONES*

- El rendimiento de extracción de aceite a un contenido de 11 por ciento de humedad para la almendra es el que resulta más eficiente. Sin embargo no se encontraron diferencias entre los tratamientos térmicos de 80°C y 105°C.
- Por las características físico – químicas y composición en ácidos grasos se puede ubicar al aceite de almendra de sapote dentro del grupo “Oleico-linoleico”; aceites más utilizados para el consumo humano, ya que contiene básicamente ácido oleico, linoleico y otros saturados, no conteniendo cantidades significativas de otros más insaturados que provocan un rápido deterioro del aceite.
- El aceite de almendra de sapote contiene un total de 44,57 por ciento de ácidos grasos insaturados, cantidad que lo convierte en una fuente importante de ácidos grasos esenciales.
- El análisis Proximal de la torta resultante de la extracción de aceite se encontró excelentes cualidades nutricionales para la elaboración de productos alimenticios destinadas al consumo animal y/o humano.

6. RECOMENDACIONES

- Al comparar el contenido de aceite en la semilla de sapote del presente trabajo con el realizado por Díaz en 1982, es pertinente considerar la procedencia del fruto, además tomar en cuenta que la fructificación tomada por Díaz se realizó en un año de eventualidad del fenómeno del niño, el cual incrementa considerablemente las precipitaciones en las zonas de estudio.
- Realizar estudios sobre la influencia del riego, podas e incremento de polinizadores (apicultura), con el objetivo de conseguir mayor fructificación y mejores rendimientos de aceite.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists, US).** 1998. Official Methods of Analysis. 16 ed. Washington, US.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists, Washington, US).** 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Washington, US.
- A.O.C.S. (American Oil Chemist's Society).** 1967. Official and tentative analytical methods. 3 ed. Chicago, US.
- Baudi, S. 2006.** Química de los alimentos. 4 ed. Mexico, MX, Pearson. 715 p.
- Bailey, AE. 1961.** Aceites y grasas industriales. Barcelona, ES. Reverté. 746 p.
- Beauregard, L. 1995.** Producción de Aceite de Soya de alta Calidad. Notas del Curso Internacional sobre Refinación de Aceites vegetales y su utilización en la Industria. Sonora. US. Universidad de Sonora. 26 p.
- Bernardini. 1981.** Tecnología de aceites y grasas. Madrid, ES, Alhambra. 499 p.
- Bussmann, RW; Sharon, D. 2007.** Plants of the four winds. The magic and medicinal flora of Peru. Trujillo, PE, Graficart. 539 p.
- Brack, A. 1999.** Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de la Casas. Cuzco, PE, PNUD. 550 p.
- Calderón, C. 1999.** Manejo Forestal en los Bosques secos - Tecnologías aplicadas. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 135 p.
- Calzada, J. 1993.** 143 Frutales nativos. Lima, PE, UNALM. 366 p.
- Casanave, M. 1980.** Extracción, Caracterización y Refinación de aceite de pulpa de Palta. Tesis (Ing. Industrias Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 155 p.
- Collazos, 1996.** Tablas peruanas de composición de alimentos. 7 ed. Lima, PE, MINSA. 86 p.
- Chasquibol, N. 1997.** Caracterización de los aceites crudo, neutro y decolorado de la pulpa y cascara de la fruta silvestre *Paraqueiba serices tulasne* «UMARI». Grasas y Aceites 48(1): 11-16.

- Che Piu, H; García, T. 2011.** Estudio REDD Perú: La Situación de REDD en el Perú. Lima, PE, DAR. 75 p.
- Codex Alimentarius FAO/OMS.** Depósito de documentos de la FAO. Análisis proximal FAO. Consultado 13 Enero de 2013. Disponible en: <http://www.codexalimentarius.net>
- De Souza, A. 1963.** Castaña do pará: Estudio botánico, químico y tecnológico. Estudios Técnicos 23: 1-69.
- Díaz, W. 1982.** Ensayo de extracción y caracterización del aceite del fruto del Sapote *Capparis angulata*. Tesis (Ing. Industrias alimentarias). Lima, PE, UNALM. 95 p.
- Espinoza, J. 1968.** La semilla de Tara: Fuente posible de alimentación. Ayacucho, PE, UNSCH. 48 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).** 2006. Datos de composición de alimentos Obtención, Gestión y Utilización. Eds. H Greenfield; DAT Southgate.
- Fennema, OR.1993.** Química de los alimentos. 1ra ed. Zaragoza, ES, Acribia. 1258 p.
- Galindo, I. 2012.** Análisis del fruto de *Capparis scabrida* H.B.K. (Sapote), en función de las características del árbol, proveniente de la comunidad San Julián de Motupe, Motupe, Lambayeque. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 131 p.
- Gallegos, S. 2003.** Diseño y desarrollo de kekitos elaborados a partir de torta de Castañas (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Tesis (Ing. de Industrias Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 232 p.
- Garaglio, G. 1950.** Tecnología de aceites vegetales. Mendoza, AR, UNCUYO. 355 p.
- García, D. 1998.** Composición química del mesocarpio y caracterización del aceite del Chopé (*Gustavia augusta* L.). Conocimiento 4(1): 99 - 112.
- Gonzales, A. 2011.** Evaluación de la estructura anatómica de las maderas de Sapote *Capparis scabrida* H.B.K. de la zona de Motupe – Lambayeque en relación con la producción de goma. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 104 p.

- Gonzales, H. 2010.** Información del Proyecto VLIR - Organización de Cadena Productiva de la goma de sapote (*Capparis scabrida*), en la comunidad Humedades, Motupe, Lambayeque. Lima, PE.
- Gracián, T. 1977.** La Calidad de la Industria de las Materias Grasas Comestibles. Lima, PE, ITINTEC. 45 p.
- Gutiérrez, T. 1953.** Contribución al estudio fitoquímico y bromatológico del fruto del *Capparis angulata*. Tesis (Ing. Químico).Trujillo, PE, UNT. 93 p.
- Herrera, C. 1978.** Tecnología de grasas y aceites. México, MX, UNA. 121 p.
- Herz, K. 2007.** “Análisis físico-químico de la goma exudada de la especie sapote (*Capparis scabrida* H.B.K.), proveniente de los bosques secos de Lambayeque”. Tesis (Ing Forestal). Lima, PE, UNALM. 195 p.
- Kirk, RS; Sawyer, R; Egan, H.1996.** Composición y análisis de alimentos de Pearson. 2 ed. Madrid, ES, Patria. 773 p.
- Kirschenbauer, HG. 1964.** Fats and Oil: An Outline of their Chemistry and Technology. Reinhold 1: 160-161.
- Kuklinski, C. 2003.** Nutrición y Bromatología. Barcelona, ES, Omega. 432 p.
- Lafont, J; Páez, M; Portacio, A. 2011.** Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale L*). Información Tecnológica 22(1): 51-58.
- Lawson, H. 1999.** Aceites y grasas alimentarios. Zaragoza, ES, Acribia. 333 p.
- León, AC. 1956.** Purificación de la goma de Sapote - *Capparis angulata*. Tesis (Ing. Químico). Trujillo, PE, UNT. 102 p.
- Lock, O. 1994.** Investigación fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales. Lima, PE, PUCP. 160 p.
- Madrid, A; Cenzano, I; Vicente JM. 1997.** Manual de aceites y grasas comestibles. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 340 p.
- Marcelo, JL; Pennington, RT; Reynel, C; Zevallos, P. 2010.** Guía ilustrada de la flora leñosa de los bosques estacionalmente secos de Jaén. PE, UNALM. 288 p.

- Martinenghi, GB. 1970.** Química y tecnología de los aceites, grasas y derivados. Barcelona, ES, Científica Médica. 452 p.
- Martinenghi, GB. 1971.** Physical Refining of Fats and Oils. Milan, IT, Corbella.
- Martínez, M. 2010.** Extracción y caracterización de aceite de Nuez (*Juglans regia L.*): Influencia del cultivar y factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis (Ph.D). Córdoba, AR, UNC. 246 p.
- Mehlenbacher, VC. 1970.** Análisis de Grasas y Aceites. Enciclopedia Química Industrial. Tomo 6. Ediciones Urno. Bilbao. ES.
- Mostacero, J; F. Mejía; Gamarra, O. 2002.** Taxonomía de las Fanerógamas útiles del Perú. Vol.I. Edit. Normas Legales SAC. CONCYTEC. Trujillo, Perú.
- Nawar, WW; Fennema, OR.1998.** Química de los alimentos: Lípidos. 2a ed. Zaragoza, ES, Acribia. 1258 p.
- Pearson, D. 1981.** Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Zaragoza, ES, Acribia. 331 p.
- PERÚ EN CIFRAS, PE. 2014.** Instituto Nacional de Estadística e Informática (en línea). Lima, PE. Consultado 05 de Febrero de 2014. Disponible en <http://www.inei.gob.pe>
- Primo, E. 1997.** Química de los alimentos. Madrid, ES, Síntesis. 464 p.
- Repo, R. 1998.** Introducción a la Ciencia y Tecnología de cereales Andinos. Lima, PE, UNALM. 137 p.
- Rossel, L. 1983.** El aguaje como ejemplo en la determinación de la utilización industrial de una especie vegetal. Iquitos, PE, IIAP. 35 p.
- Rodríguez, E; Bussmann, R; Arroyo, SJ; López, SE; Briceño, J. 2007.** *Capparis scabrida* (Capparaceae) una especie del Perú y Ecuador que necesita planes de conservación urgente (en línea). Arnaldoa 14(2). Consultado 10 ene.2013. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/215384954/Arnaldoa-Capparis-Scabrida-a-Species-From-Peru-and-Ecuador>
- Saavedra, H. 1998.** Extracción y Caracterización de aceite de Castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Tesis (Ingeniero de Industrias Alimentarias). Lima, PE, UNALM. 135 p.

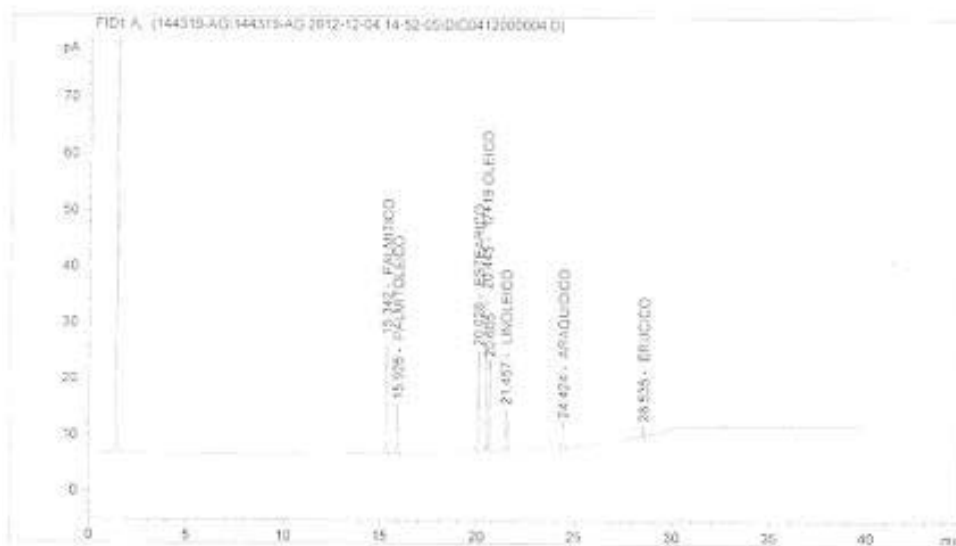
- Salhuana, J. 1973.** Explotación y comercialización de la castaña en Madre de Dios. Lima, PE, MINA. 70 p.
- Trejejo, G. 2003.** Avances de la investigación en frutos oleaginosos de la Amazonía peruana: Estudio del aceite de ungurahui (*Jessenia bataua*). CONCYTEC- UNAP (1): 59 -71.
- UIQPA (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).** 1964. 5ta ed., Londres, UK.
- Verónica, F. 2013.** Diseño del proceso: Pre tratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna (en línea). Tesis Ph.D. La Plata, AR, UNLP. Consultado 16 dic. 2013. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26889>
- Vavpot, V. 1999.** El Prensado Mecánico. Mendoza, AR, Amalevi. 254 p.

ANEXO 1

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE DE ALMENDRA DE SAPOTE

```

Acq. Operator   : JULISSA/MICHAEL                      Seq. Line = 4
Acq. Instrument : IMASDA-00-6850W                      Injection : Vial 3
Injection Date  : 04-Dec-12, 12:18:55                 Inj Volume : 1 ul
Acq. Method     : C:\Chem32\1\DATA\144319-AG\144319-AG 2012-12-04 14-52-05\AC1100
GRAB00-.M
Last changed    : 04/12/2012 02:52:09 p.m. by JULISSA/MICHAEL
Analysis Method : C:\CHEM32\1\DATA\144319-AG\144319-AG 2012-12-04 14-52-05\AC1100
GRAB00-.M
Last changed    : 04/12/2012 07:18:30 p.m. by JULISSA/MICHAEL
(modified after loading)
Method Info     : AC1100-GRAB00
    
```



Area Percent Report

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : Tuesday, 04 de December de 2012 07:18:30 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
    
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	1.713		0.0000	0.00000	0.00000	CAPROICO
2	2.132		0.0000	0.00000	0.00000	CAPRILICO
3	3.371		0.0000	0.00000	0.00000	CAPRICO
4	4.498		0.0000	0.00000	0.00000	UNDECANOICO

Peak #	Retention Time (min)	Width (min)	Area (µA*s)	Area %	Name
5	8.175	0.0000	0.00000	0.00000	LAURICO
6	8.239	0.0000	0.00000	0.00000	TRIDECANOICO
7	10.534	0.0000	0.00000	0.00000	MIRISTICO
8	11.392	0.0000	0.00000	0.00000	MIRISTOLEICO
9	12.929	0.0000	0.00000	0.00000	PENTADECANOICO
10	13.800	0.0000	0.00000	0.00000	PENTADECENOICO
11	14.343 BB	0.0505	66.96397	10.51523	PALMITICO
12	15.526 BB	0.0531	29.05164	4.53265	PALMITOLEICO
13	17.713	0.0000	0.00000	0.00000	HEPTADECANOICO
14	18.286	0.0000	0.00000	0.00000	HEPTADECENOICO
15	20.028 BB	0.0540	61.99352	11.14094	ESTEARICO
16	20.445 BV	0.0557	100.64989	21.82921	17+18 OLEICO
17	20.605 VB	0.0545	55.75552	15.41616	?
18	21.457 BB	0.0540	25.46453	7.04083	LINOLEICO
19	21.562	0.0000	0.00000	0.00000	LINOLELADICO
20	22.122	0.0000	0.00000	0.00000	OMEGA LINOLENICO
21	23.871	0.0000	0.00000	0.00000	LINOLENICO
22	24.424 DD	0.0545	15.75122	4.35514	ARAQUIDICO
23	24.829	0.0000	0.00000	0.00000	ICOSENOICO
24	25.815	0.0000	0.00000	0.00000	ICOSADIENICO
25	26.318	0.0000	0.00000	0.00000	ICOSATRIENICO (OMEGA 6)
26	26.521	0.0000	0.00000	0.00000	ICOSATRIENICO (OMEGA 3)
27	26.829	0.0000	0.00000	0.00000	HEICOSANOICO
28	27.159	0.0000	0.00000	0.00000	HELENICO
29	28.165	0.0000	0.00000	0.00000	ETICOSAPENTANOICO
30	28.535 BB	0.0538	6.02892	1.88974	FRUCTICO
31	28.947	0.0000	0.00000	0.00000	DODCADIENICO
32	29.596	0.0000	0.00000	0.00000	TRICOSANOICO
33	30.503	0.0000	0.00000	0.00000	LIGNOCERICO
34	32.701	0.0000	0.00000	0.00000	NERVONICO
35	33.135	0.0000	0.00000	0.00000	DODCANEENOICO

Totals : 361.66928

9 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Invalid calibration curve, (PALMITICO)
Warning : Invalid calibration curve, (PALMITOLEICO)
Warning : Invalid calibration curve, (ESTEARICO)
Warning : Invalid calibration curve, (17+18 OLEICO)
Warning : Invalid calibration curve, (LINOLEICO)
Warning : Invalid calibration curve, (ARAQUIDICO)
Warning : Invalid calibration curve, (FRUCTICO)

ANEXO 2

PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS RENDIMIENTOS A DIFERENTES HUMEDADES

- A. Promedio y desviación estándar para los rendimientos a diferentes humedades en el tratamiento térmico 1 (80°C)

H (%)	N	Media	Desv.Est.
7	5	14,478	0,614
11	5	19,054	2,108
13	5	15,025	1,279

- B. Promedio y desviación estándar para los rendimientos a diferentes humedades en el tratamiento térmico 2 (105°C).

H (%)	N	Media	Desv.Est.
7	5	13,564	0,995
11	5	20,148	1,992
13	5	15,920	1,338

- C. Promedio y desviación estándar para los rendimientos a 11% de humedad para los 2 tratamientos térmicos.

Rdto%	N	Media	Desv.Est.
80°C	5	19,054	2,108
105°C	5	20,148	1,992

ANEXO 3

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CENIZAS

CENIZAS ALMENDRA					
Muestra	W mp	W crisol	W crisol + mp incinerada	cenizas (%)	BS (g)
M1	5,0762	36,785	36,8876	3,1227	3,2856
M2	2,5135	33,9318	33,9809	3,0181	1,6269
M3	5,0746	32,7146	32,8197	3,1998	3,2845
M4	1,5341	34,0069	34,0366	2,9911	0,9929
M5	1,5376	36,7842	36,8111	2,7029	0,9952
M6	1,5335	32,7191	32,7453	2,6396	0,9926
X				2,9457	

ANEXO 4

ANÁLISIS DE HUMEDAD

HUMEDAD ALMENDRA	
Muestra	HBS (%)
1	54,8
2	54,66
3	54,76
4	54,66
5	55,08
6	55,063
7	55,466
8	54,479
9	54,013
10	52,574
X	54,56

ANEXO 5

CONTENIDO PROTEÍNICÓ

PROTEÍNAS ALMENDRA		
Muestra	W muestra bs (g)	% Proteína bs (N*6.25)
1	0,2525	55,099
2	0,2511	49,1338
3	0,251	52,2908
4	0,2522	53,7767
5	0,2508	54,0769
X	0,25152	52,8754

ANEXO 6

CONTENIDO DE FIBRAS

FIBRAS ALMENDRA						
Muestra	MPd(g)	Wcrisol + muestra	W crisol post incineración	W fibra	% FCsyd	%Fc en BS
1	2,5	37,3827	36,6758	0,7069	28,276	22,579
2	2,5	37,6946	36,9187	0,7759	31,036	24,783
3	2,5	37,4928	36,7321	0,7607	30,428	24,297
4	2,5	36,9134	36,193	0,7204	28,816	23,010
5	2,5	38,6684	37,9642	0,7042	28,168	22,493
X	2,5	37,6304	36,89676	0,73362	29,3448	23,432

ANEXO 7

ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS

SAPONIFICACIÓN				
Muestra	W (g)	Gasto B (ml)	Gasto A (ml)	Índice
1	3,011	17,1	0,6	184,773
2	3,0068	16,9	0,8	232,118
3	3,0036	17,1	0,4	235,7847
4	3,0071	17,033	0,60	190,67
X	3,007	17,033	0,60	210,836

ÁCIDEZ			
Muestra	W (g)	Gasto NaOH 0,1N (ml)	Índice
1	5,0003	13,6	7,670
2	5,0094	13,4	7,543
3	5,0003	13,6	7,670
X	5,003	13,533	7,628

ÍNDICE DE IODO	
Muestra	valor
1	96,6972
2	122,966
3	121,974
4	120,456
X	115,523

DENSIDAD DE ACEITE DE ALMENDRA	
Muestra	D
1	0,91383
2	0,91476
3	0,91334
X	0,91398

ÍNDICE REFRACCIÓN	
θ	1,468
θ	1,4675
θ	1,4681
x	1,4679

ANEXO 8

NORMA DEL CODEX PARA ACEITES VEGETALES ESPECIFICADOS CODEX

STAN 210-1999

El Apéndice de esta norma tiene como finalidad la aplicación voluntaria por los socios comerciales y no por los gobiernos.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma se aplica a los aceites vegetales comestibles que se indican en la Sección 2.1, presentados en forma idónea para el consumo humano.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Definición del producto

(Nota: los sinónimos se indican entre paréntesis, inmediatamente después del nombre del aceite).

2.1.1 El **aceite de maní** (aceite de cacahuete) se obtiene del maní (semillas de *A rachis hypogaea* L.).

2.1.2 El **aceite de babasú** se obtiene de la nuez del fruto de diversas variedades de la palma (*Orbignya spp.*).

2.1.3 El **aceite de coco** se obtiene de la nuez del coco (*Cocos nucifera* L.).

2.1.4 El **aceite de semilla de algodón** se obtiene de las semillas de diversas especies cultivadas de *Gossypium spp.*

2.1.5 El **aceite de pepitas** de uva se obtiene de las pepitas de uva (*Vitis vinifera* L.).

2.1.6 El **aceite de maíz** se obtiene del germen de maíz (embriones de *Zea mays* L.).

2.1.7 El **aceite de semilla de mostaza** se obtiene de las semillas de mostaza blanca (*Sinapis alba* L. o *Brassica hirta* Moench), de mostaza parda y amarilla (*Brassica juncea* (L.) Czernajew y Cossen) y de mostaza negra (*Brassica nigra* (L.) Koch).

2.1.8 El **aceite de almendra de palma** se obtiene de la almendra del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

2.1.9 La **oleína de almendra de palma** es la fracción líquida derivada de la fraccionación del aceite de almendra de palma (descrita anteriormente).

2.1.10 La **estearina de almendra de palma** es la fracción sólida derivada de la fraccionación del aceite de almendra de palma (descrita anteriormente).

2.1.11 El **aceite de palma** se obtiene del mesocarpio carnoso del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

- 2.1.12 La **oleína de palma** es la fracción líquida, obtenida del fraccionamiento del aceite de palma (descrito anteriormente).
- 2.1.13 La **estearina de palma** es la fracción con punto de fusión elevado obtenida del fraccionamiento del aceite de palma (descrito anteriormente).
- 2.1.14 La **Super-oleína de palma** es la fracción líquida obtenida del fraccionamiento del aceite de palma (descrito anteriormente) producido por un proceso de cristalización controlado específicamente para obtener un índice de yodo de 60 o más.
- 2.1.15 El **aceite de colza** (aceite de semilla de colza, aceite de semilla de nabina o navilla) se obtiene de las semillas de las especies *Brassica napus L.*, *Brassica campestris L.*, *Brassica juncea L.* y *Brassicatournefortii Gouan.*
- 2.1.16 El **aceite de colza de bajo contenido de ácido erúxico** (aceite de nabina o de navilla y aceite de semillas de colza de bajo contenido de ácido erúxico; aceite canola se obtiene de variedades de semillas oleaginosas de bajo contenido de ácido erúxico de las especies *Brassica napus L.*, *Brassica campestris L.*, y *Brassica juncea L.*
- 2.1.17 El **aceite de salvado de arroz** (aceite de arroz) es derivado del salvado de arroz (*Oryza sativa L.*).
- 2.1.18 El **aceite de cártamo** (aceite de alazor, aceite de semillas de cártamo,) se obtiene de las semillas de cártamo (semillas de *Carthamus tinctorius L.*)
- 2.1.19 El **aceite de cártamo de alto contenido de ácido oleico** (aceite de alazor, aceite de semillas de cártamo) se obtiene de las semillas de variedades de cártamo con un alto contenido de ácido oleico (semillas de *Carthamus tinctorius L.*).
- 2.1.20 El **aceite de sésamo** (aceite de semillas de sésamo, aceite de *ajonjolí*) se obtiene de las semillas de sésamo (semillas de *Sesamum indicum L.*).
- 2.1.21 El **aceite de soja** (aceite de semilla de soja) se obtiene de las semillas de soja (semillas de *Glycinemax (L.) Merr.*)
- 2.1.22 El **aceite de girasol** (aceite de semillas de girasol) se obtiene de las semillas de girasol (semillas de *Helianthus annuus L.*).
- 2.1.23 El **aceite de girasol de alto contenido de ácido oleico** (aceite de semillas de girasol) se obtiene de las semillas de variedades de girasol con un alto contenido de ácido oleico (semillas de *Helianthus annuus L.*).
- 2.1.24 El **aceite de girasol de contenido medio de ácido oleico** (aceite de semillas de girasol) se obtiene de las semillas de girasol con un contenido medio de ácido oleico (semillas de *Helianthus annuus L.*).

Adoptado 1999. Revisión 2001, 2003, 2009 Enmiendas 2005, 2011.

2.2 Otras definiciones

- 2.2.1 Los **aceites vegetales comestibles** son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite.
- 2.2.2 Los **aceites vírgenes** se obtienen, sin modificar el aceite, por procedimientos mecánicos y por aplicación únicamente de calor. Podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente.
- 2.2.3 Los **aceites prensados en frío** se obtienen por procedimientos mecánicos únicamente, sin la aplicación de calor. Podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente.

OTROS FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN

El presente texto está destinado a su aplicación voluntaria por los socios comerciales y no por los gobiernos.

1. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

1.1 El **color, olor y sabor** de cada producto deberán ser característicos del producto designado, quedará exento de olores y sabores extraños o rancios.

	<u>Dosis máxima</u>
1.2 Materia volátil a 105 °C	0,2% m/m
1.3 Impurezas insoluble	0,05% m/m
1.4 Contenido de jabón	0,005% m/m
1.5 Hierro (Fe):	
Aceites refinados	1,5 mg/kg
Aceites vírgenes	5,0 mg/kg
Oleína de almendra de palma cruda	5,0 mg/kg
Esterina de almendra de palma cruda	7,0 mg/kg
1.6 Cobre (Cu):	
Aceites refinados	0,1 mg/kg
Aceites vírgenes	0,4 mg/kg

1.7 Índice de ácido:

Aceites refinados	0,6 mg de KOH/g de aceite
Aceites prensados en frío y vírgenes	4,0 mg de KOH/g de aceite
Aceites de palma vírgenes	10,0 mg de KOH/g de aceite

1.8 Índice de peróxido:

Aceites refinados	hasta 10 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite
Aceites prensados en frío y vírgenes	hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite

ANEXO 9

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE CENIZAS SEGÚN AOAC

4.1.10

AOAC Official Method 942.05 Ash of Animal Feed

Final Action

Weigh 2 g sample into porcelain crucible and place in temperature controlled furnace preheated to 600°. Hold at this temperature 2 h. Transfer crucible directly to desiccator, cool, and weigh immediately, reporting % ash to first decimal place.

References: JAOAC **25**, 857(1942); **26**, 220(1943).

ANEXO 10

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FIBRA CRUDA

Subchapter 6 FIBER

4.6.01

AOAC Official Method 962.09 Fiber (Crude) in Animal Feed

Ceramic Fiber Filter Method

First Action 1962

Final Action 1971

Revised First Action 1982

AOCS-AOAC Method

A. Principle

Crude fiber is loss on ignition of dried residue remaining after digestion of sample with 1.25% H_2SO_4 and 1.25% NaOH solutions under specific conditions. Method is applicable to grains, meals, flours, feeds, and fiber-bearing material from which fat can be extracted to leave workable residue.

B. Reagents

(a) *Sulfuric acid solution.*— $0.255 \pm 0.005N$. 1.25 g H_2SO_4 /100 mL. Concentration must be checked by titration.

(b) *Sodium hydroxide solution.*— $0.313 \pm 0.005N$. 1.25 g NaOH/100 mL, free, or nearly so, from Na_2CO_3 . Concentration must be checked by titration.

(c) *Prepared ceramic fiber.*—Place 60 g ceramic fiber (Cerafiber, 8 lb/cu ft, E.J. Bartell Co., 700 Powell Ave. S.W., Renton, WA 98055) in blender, add 800 mL H_2O , and blend 1 min at low speed.

Determine blank by treating ca 2 g (dry weight) of prepared ceramic fiber with acid and alkali as in determination. Correct crude fiber results for any blank, which should be negligible (ca 2 mg).

(d) *Alcohol.*—95% or reagent alcohol, methanol, or isopropanol.

(e) *Antifoam.*—Dow Corning Corp. Antifoam A compound diluted 1 + 4 with mineral spirits or petroleum ether, or H_2O -diluted Antifoam B Emulsion (1 + 4). Do not use Antifoam Spray.

(f) *Bumping chips or granules.*—Broken Alundum crucibles or equivalent granules (RR Alundum 90 mesh, Norton Co., 1 New Bond St, Worcester, MA 01606) are satisfactory.

C. Apparatus

(a) *Digestion apparatus.*—With condenser to fit 600 mL beaker, and hot plate adjustable to temperature that will bring 200 mL H_2O at 25° to rolling boil in 15 ± 2 min. (Available from Labconco Corp., 8811 Prospect Ave, Kansas City, MO 64132.)

(b) *Ashing dishes.*—Silica, Vitreosil 70×16 mm; or porcelain, Coors Ceramics Co., 600 9th St, Golden, CO 80401, No. 60230, or equivalent.

(c) *Desiccator.*—With efficient desiccant such as 4–8 mesh Drierite ($CaCl_2$ is not satisfactory).

(d) *Filtering device.*—With No. 200 type 304 or 316 stainless steel screen (W.S. Tyler Inc., 8570 Tyler Blvd., Mentor, OH 44060), easily washed free of digested residue. Either Oklahoma State filter screen (see Figure 962.09A; available from Labconco Corp.) or modified California plastic Büchner (see Figure 962.09B; consists of 2 piece polypropylene plastic funnel manufactured by Nalge Co., 75 Panorama Creek Dr, PO Box 20365, Rochester, NY 14602, Cat. No. 4280-0700, 70 mm [without No. 200 screen], or equivalent [also available from Labconco Corp.]. Seal screen to filtering surface of funnel, using small-tip soldering iron).

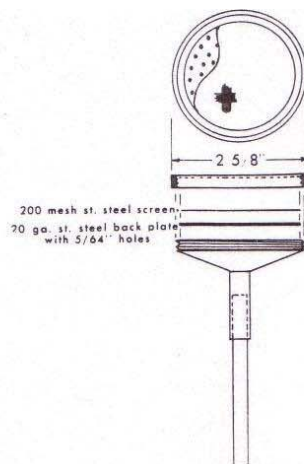


Figure 962.09A—Oklahoma State filter screen

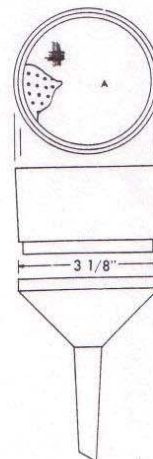


Figure 962.09B—Modified California State Büchner funnel, 2-piece polypropylene plastic, covered with 200-mesh screen, A, heat-sealed to edge of filtering surface

(e) *Suction filter.*—To accommodate filtering devices. Attach suction flask to trap in line with aspirator or other source of vacuum with valve to break vacuum.

(f) *Liquid preheater.*—For preheating H_2O , 1.25% H_2SO_4 , and 1.25% NaOH solutions to bp of H_2O . Convenient system, shown in Figure 962.09C, consists of sheet Cu tank with 3 coils of $3/8$ " (10 mm) od Cu tubing, 12.5' (3.8 m) long. Solder inlets and outlets where

tubing passes through tank walls. Connect to reflux condenser and fill with H₂O. Keep H₂O boiling with two 750 watt thermostatically controlled hot plates. Use Tygon for inlet leads to reservoirs of H₂O, acid, and alkali; use gum rubber tubing for outlets. Capacity of preheater is adequate for 60 analyses in 8 h.

D. Preparation of Sample

Reduce sample (riffle is suitable) to 100 g and place portion in sealed container for H₂O determination. Immediately determine H₂O. Grind remainder to uniform fineness. (Weber mill [Sargent-Welch Scientific Co. S-60870] with screen 0.033–0.040" [No. 18 or 20], Micro mill [Hosokawa Micron Powder Systems, Inc., 10 Chatham Rd, Summit, NJ 07901] with screen 1/25–1/16" [No. 18–No. 12], and Wiley mill with 1 mm [No. 18] screen give comparable fineness.) Since most materials lose moisture during grinding, determine H₂O on ground sample at same time sample is taken for crude fiber determination.

E. Determination

Extract 2 g ground material with ether or petroleum ether (initial boiling temperature, 35–38°; dry-flask end point, 52–60°; ≥95% distilling <54°, and ≤60% distilling <40°; specific gravity at 60°F, 0.630–0.660; evaporation residue ≤0.002% by weight). If fat is <1%, extraction may be omitted. Transfer to 600 mL beaker, avoiding fiber contamination from paper or brush. Add ca 1.5–2.0 g dry weight of prepared ceramic fiber, 200 mL boiling 1.25% H₂SO₄, and 1 drop diluted antifoam. (Excess antifoam may give high results; use only if necessary to control foaming.) Bumping chips or granules may also be added. Place beaker on digestion apparatus with preadjusted hot plate and boil exactly 30 min, rotating beaker periodically to keep solids from adhering to sides. Remove beaker, and filter as in (a) or (b).

(a) *Using Oklahoma filter screen.*—Turn on suction and insert screen (precoated with ceramic fiber if extremely fine materials are analyzed) into beaker, keeping face of screen just under surface of liquid until all liquid is removed. Without breaking suction or raising filter, add 50–75 mL boiling H₂O. After wash is removed, repeat with three 50 mL washings. (Work rapidly to keep mat from becoming

dry.) Remove filter from beaker and drain all H₂O from line by raising above trap level. Return mat and residue to beaker by breaking suction and blowing back. Add 200 mL boiling 1.25% NaOH and boil exactly 30 min. Remove beaker, and filter as above. Without breaking suction, wash with 25 mL boiling 1.25% H₂SO₄ and three 50 mL portions boiling H₂O. Drain free of excess H₂O by raising filter. Lower filter into beaker and wash with 25 mL alcohol. Drain line, break suction, and remove mat by blowing back through filter screen into ashing dish. Proceed as in (c).

(b) *Using California Büchner.*—Filter contents of beaker through Büchner (precoated with ceramic fiber if extremely fine materials are being analyzed), rinse beaker with 50–75 mL boiling H₂O, and wash through Büchner. Repeat with three 50 mL portions H₂O, and suck dry. Remove mat and residue by snapping bottom of Büchner against top while covering stem with thumb or forefinger and replace in beaker. Add 200 mL boiling 1.25% NaOH and boil exactly 30 min. Remove beaker, and filter as above. Wash with 25 mL boiling 1.25% H₂SO₄, three 50 mL portions H₂O, and 25 mL alcohol. Remove mat and residue; transfer to ashing dish.

(c) *Treatment of residue.*—Dry mat and residue 2 h at 130 ± 2°. Cool in desiccator and weigh. Ignite 30 min at 600 ± 15°. Cool in desiccator and reweigh.

$$\begin{aligned} \text{\% Crude fiber in ground sample} &= C \\ &= (\text{Loss in weight on ignition} - \text{loss in weight} \\ &\quad \text{of ceramic fiber blank}) \times 100/\text{weight sample} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{\% Crude fiber on desired moisture basis} &= C \\ &\times (100 - \text{\% moisture desired}) / (100 - \text{\% moisture in ground sample}) \end{aligned}$$

Report results to 0.1%.

References: JAOAC 42, 222(1959); 43, 335(1960); 44, 567(1961); 45, 578(1962); 65, 265(1982).

4.6.02