

Universidad Nacional de San Martín
T A R A P O T O



Facultad de Ingeniería Agroindustrial

“Ensayos para la Extracción y Caracterización de Aceite
de Sacha Inchic (Plukenetia volubilis L.) en el
Departamento de San Martín”

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Liley Vela Saavedra

Tarapoto - Perú

1,995



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

"Ensayos para la Extracción y Caracterización de Aceite de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) en el Departamento de San Martín"

Tesis Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

LILEY VELA SAAVEDRA

Sustentada y Aprobada el 24 de Marzo de 1995,
por el siguiente Jurado:



Ing. Ricardo Castañeda Cabanillas
PRESIDENTE



Ing. Abner Obregón Lujerio
SECRETARIO



Ing. Anibal Quinteros García
MIEMBRO



Ing. Ernesto Santander Ruiz
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres EFRAIN y MARINA
con eterna gratitud por el
innegable y constante apoyo
que supieron brindarme durante
el transcurso de mi carrera
profesional.

A DENIS, con todo cariño por su
permanente apoyo en la culminación de
mi trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTO

- Al CONCEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA - CONCYTEC, por el financiamiento otorgado al presente trabajo de investigación.
- Al Ing. ERNESTO SANTANDER RUIZ, catedrático de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por su asesoramiento en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Blgo. CESAR VALLES PANDURO, catedrático de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín, por su apoyo con material bibliográfico así como también su constante aliento y orientación para la culminación de este trabajo.
- Al Dr. ROBERT GILMAN, de Johns Hopkins University, por su apoyo en lograr algunas determinaciones analíticas en la Universidad de Purdue - Estados Unidos.
- Al Ing. ENRIQUE TERLEIRA GARCIA, por su apoyo en la realización de los análisis de laboratorio.
- Al Ing. ABILIO DOMINGUEZ BALBOCEDA, por su colaboración al permitirme utilizar el equipo de prensa de su taller, lo cual posibilitó el desarrollo de este trabajo.
- A todas las personas que directa e indirectamente influenciaron para la culminación con éxito del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	13
I. INTRODUCCION.....	15
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	18
2.1. Materia Prima.....	18
2.1.1. Generalidades.....	18
2.1.2. Características Botánicas del Sacha inchic..	20
2.1.2.1. Concepto Etimológico.....	20
2.1.2.2. Descripción Botánica.....	20
2.1.2.3. Distribución.....	21
2.1.2.4. Aspectos Morfológicos y Agronómicos.....	21
2.1.2.5. Productividad, Usos y Valor Nutritivo.....	28
2.2. Procesamiento de Extracción de Aceite.....	36
2.2.1. Limpieza.....	36
2.2.2. Descascarado.....	36
2.2.3. Molienda o Trituración.....	38
2.2.4. Tratamiento Térmico.....	40
2.2.5. Extracción del Aceite.....	41
2.2.5.1. Extracción Mecánica o Prensado.....	41
2.2.5.2. Extracción por Solvente.....	43
2.3. Tecnología de Grasas y Aceites.....	45
2.3.1. Estructura y Composición.....	45
2.3.2. Clasificación de los Aceites y Grasas.....	49

2.3.2.1.	Según los Acidos Grasos que la Componen.....	49
2.3.2.2.	Según su Capacidad de Oxidación.....	51
2.3.2.3.	Según su Utilización Industrial.....	51
2.3.3.	Propiedades Físico-Químicas de los Aceites y Grasas.....	51
2.3.3.1.	Densidad o Peso Específico.....	51
2.3.3.2.	Viscosidad.....	52
2.3.3.3.	Indice de Refracción.....	52
2.3.3.4.	Punto de Fusión.....	52
2.3.3.5.	Punto de Congelación o Condensación.....	53
2.3.3.6.	Punto de Humo, Inflamación y Combustión.....	53
2.3.3.7.	Solubilidad.....	53
2.3.3.8.	Propiedades Espectrales de Color.....	53
2.3.3.9.	Indice de Acidez.....	54
2.3.3.10.	Indice de Iodo.....	55
2.3.3.11.	Indice de Peróxido.....	55
2.3.3.12.	Indice de Saponificación.....	56
2.3.3.13.	Materia Insaponificable.....	56
2.3.4.	Oxidación del Aceite.....	56
2.3.5.	Las Grasas y Aceites en la Alimentación Humana.....	58
2.3.6.	Sustancias Tóxicas en Aceites Vegetales.....	59
III. MATERIALES Y METODOS.....		61
3.1.	Lugar y Fecha de Ejecución.....	61
3.2.	Materiales.....	61
3.2.1.	Materia Prima e Insumos.....	61

3.2.2.	Equipos.....	61
3.2.3.	Materiales de Laboratorio.....	62
3.3.	Proceso de Extracción del Aceite.....	63
3.3.1.	Descripción del Diagrama de Flujo de Extracción del Aceite.....	63
3.3.2.	Ensayos del Proceso de Extracción del Aceite.....	65
3.4.	Métodos de Control.....	69
3.4.1.	En la Materia Prima.....	69
3.4.1.1.	Medidas Biométricas.....	69
3.4.1.2.	Análisis Proximal	70
3.4.2.	En el Aceite Crudo.....	71
3.4.2.1.	Análisis Físico-Químico.....	71
3.4.2.2.	Determinación de Acidos Grasos.....	73
3.4.2.3.	Determinación de la Digestibilidad Aparente.....	73
3.4.2.4.	Análisis Sensorial.....	75
3.4.3.	En la Torta.....	76
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	77
4.1.	Caracterización de la Materia Prima.....	77
4.1.1.	Procedencia.....	77
4.1.2.	Medidas Biométricas.....	77
4.1.3.	Análisis Proximal.....	79
4.2.	Ensayos del Proceso de Extracción del Aceite.....	80
4.2.1.	Ensayos Preliminares.....	80

4.2.1.1.	Influencia del Tipo de Molienda en la Extracción del Aceite.....	80
4.2.1.2.	Influencia de la Humedad en la Extracción del Aceite.....	82
4.2.1.3.	Influencia del Tiempo de Secado en la Extracción del Aceite.....	86
4.2.1.4.	Influencia de la Presión en la Extracción del Aceite.....	87
4.2.2.	Ensayos Finales.....	93
4.2.3.	Balance de Materia.....	93
4.3.	Análisis en el Aceite Crudo.....	97
4.3.1.	Análisis Físico-Químico.....	97
4.3.2.	Determinación de Acidos Grasos.....	103
4.3.3.	Digestibilidad Aparente del Aceite.....	104
4.3.4.	Análisis Sensorial - Prueba de Aceptabilidad.....	105
4.4.	Análisis Realizados en la Torta.....	109
4.4.1.	Análisis Proximal.....	109
4.4.2.	Digestibilidad de la proteína.....	110
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1.	Conclusiones.....	111
5.2.	Recomendaciones.....	112
VI.	BIBLIOGRAFIA.....	113
VII.	ANEXOS.....	118

INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
1	Componentes de la Almendra y Acidos Grasos del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) y otras Oleaginosas (%).....	30
2	Perfil de Aminoácidos de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.)	31
3	Contenido de Vitamina "A" en el Aceite y semilla de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.)....	32
4	Perfil de Acidos Grasos del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	33
5	Perfil de Aminoácidos de la Proteína de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.), comparado con otras Proteínas de Semillas Aceiteras.....	34
6	Perfil de Acidos Grasos del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.), comparado con el Aceite de otras Semillas.....	35
7	Porcentaje de Corteza y Pepita de Varias Semillas Oleaginosas y Contenido de Aceite de la Semilla Entera, Pepita y Corteza.....	39
8	Rendimientos Medios en Aceite obtenido por Procedimientos Comerciales a partir de las Semillas Oleaginosas más Comunes (porcentaje en aceite, a partir de semillas con humedad normal).....	44
9	Algunos Acidos Grasos que se encuentran en la Naturaleza.....	48

10	Composición y Características de Algunos Aceites y Grasas Crudas.....	50
11	Características y Medidas Biométricas de las Partes del Fruto y Semilla de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	77
12	Análisis Proximal de la Almendra de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	79
13	Tamaño de Partícula de Almendra de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) Obtenida en la molienda.....	80
14	Porcentaje de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función al tipo de Molienda	81
15	Porcentaje de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función al Contenido de Humedad	82
16	Porcentaje de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función al Tiempo de Secado	86
17	Porcentaje de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) a diferentes Presiones	88
18	ANVA de los Ensayos de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función a diferentes parámetros	90
19	Prueba de Tuckey de la Extracción del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función al tipo de Molienda	91

20	Prueba de Tuckey de la Extracción del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) en función al Contenido de Humedad	91
21	Prueba de Tuckey de la Extracción del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) a Diferentes Presiones	92
22	Rendimiento de Extracción por Prensado de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.)	93
23	Balance de Materia en el Proceso de extracción del Aceite de Sacha inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	95
24	Características Físico-Químicas del Aceite Crudo de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) ...	97
25	Perfil de Acidos Grasos del Aceite Crudo de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.)	103
26	Digestibilidad Aparente del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	104
27	ANVA del Análisis Sensorial del Aceite Crudo de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	106
28	Prueba de Tuckey del Análisis Sensorial del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	107
29	Análisis Proximal de la Torta de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	109
30	Digestibilidad Verdadera de Proteína de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	110

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
1	Planta de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis L.</u>).....	23
2	Fruto de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis L.</u>).....	24
3	Semillas y Almendras de Sacha inchic (<u>Plukenetia volubilis L.</u>).....	25
4	Obtención de Aceite a Partir de Semillas Oleaginosas.....	37
5	Diagrama de Flujo de Extracción de Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis L.</u>).....	66
6	Gráfica del Porcentaje de Extracción en función al Tamaño de Partícula.....	83
7	Gráfica del Porcentaje de Extracción en función al Contenido de Humedad.....	85
8	Gráfica del Porcentaje de Extracción en función a la Presión.....	89
9	Diagrama de Flujo Cuantitativo del Proceso de Extracción del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis L.</u>).....	94

INDICE DE ANEXOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
1	Composición Proximal de la Semilla y Torta de Algunos Productos Oleaginosos.....	119
2	Factores Esenciales de Composición y Calidad en Aceites Comestibles.....	120
3	Cromatograma del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.) por el Método de Cromatografía de Gases.....	121
4	Cálculos para el Análisis de Varianza (ANVA) del Atributo Color.....	122
5	Promedios Ordenados de la Evaluación Sensorial del Aceite de Sacha Inchic (<u>Plukenetia volubilis</u> L.).....	126
6	Formato de Evaluación Sensorial.....	127

R E S U M E N

La presente investigación busca generar una nueva alternativa de obtención de aceite, recuperando y valorando plantas nativas oleíferas que se producen en nuestra Región.

La materia prima utilizada para este trabajo de investigación, se recolectó en el Distrito de Shanao, provincia de Lamas.

Para la Extracción del Aceite se utilizó el método de prensado hidráulico.

El proceso de extracción se realizó de acuerdo al siguiente flujo: limpieza y selección, acondicionamiento, descascarado, molienda, secado y prensado.

Los parámetros óptimos encontrados, para obtener el mejor rendimiento de extracción son: molienda fina, con tamaño de partícula de 2.19 mm., humedad del 6% y secado de 60°C/1 hora.

Se realizó métodos de control en la materia prima, en el aceite crudo y en la torta.

En la materia prima, se determinó las medidas biométricas y el análisis químico proximal, encontrándose que la almendra de Sacha inchic contiene un 51% de aceite y un 27% de proteína.

En el aceite crudo, se determinó las características Físico-químicas, cromatográficas, biológicas y sensoriales.

Siendo una de las características fundamentales de este aceite, su elevada insaturación, ya que contiene 52% de ácido linolénico, que la hace muy sensible a la oxidación.

Sin embargo los resultados obtenidos, muestran su gran estabilidad y además buenas características para someterlo a un proceso de refinación.

En la torta se determinó el análisis químico proximal y digestibilidad de la proteína, encontrándose que tiene un 16% de aceite residual y un 98% de digestibilidad .

I. INTRODUCCION

El Sacha inchic (Plukenetia volubilis L.), es una planta que crece en forma silvestre y se encuentra ampliamente distribuido en la Amazonía Peruana y en el trópico Latinoamericano.

Comúnmente se le encuentra en bosques secundarios y como "maleza" en cultivos permanentes. Es una planta agronómicamente rústica, ya que crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio.

Los estudios sobre diversos usos y modalidades de cultivo del Sacha inchic son recientes, datan desde 1985 aproximadamente. En 1989 la Estación Experimental Agropecuaria "El Porvenir" del INIAA-Tarapoto, inicia un estudio de colección, caracterización y conservación de un germoplasma de Sacha inchic.

Investigaciones desde el punto de vista Agroindustrial son escasas, mucho más respecto a su procesamiento. Existiendo algunos avances en cuanto a determinaciones analíticas realizadas en Estados Unidos.

La situación de la Industria de aceites y grasas en nuestro país es crítica, fundamentalmente en el abastecimiento de materia prima.

El Perú es importador tradicional de aceites y grasas comestibles, es así que un 60% del aceite vegetal y compuesto que se consume en el Perú es de soya, prueba de ello y según la revista Agronoticias, en 1991 se ha importado 63,000 TM de este aceite.

Conscientes de esta situación y después de la confirmación del alto contenido de aceite de la semilla de Sacha inchic, se desarrolló el presente trabajo de investigación, referido al proceso de extracción y caracterización del aceite.

Considerando además que en el territorio Nacional y fundamentalmente en nuestra Región existen condiciones favorables para el desarrollo de cultivos oleaginosos anuales y perennes y teniendo en cuenta que la Industria Aceitera Nacional tiene una capacidad instalada para procesar el incremento de la producción de semillas y frutos oleaginosos.

La recuperación, valoración, potenciación y fomento del cultivo de plantas nativas oleíferas como el "Sacha inchic", se presenta como una alternativa viable para la obtención de aceite, creando así una nueva fuente probable de aceite comestible, con el consiguiente ahorro de divisas para el país.

La finalidad del presente trabajo de investigación es lograr los siguientes objetivos:

- Desarrollar una tecnología adecuada para la obtención de aceite de Sacha inchic (Plukenetia volubilis L.).
- Encontrar los parámetros adecuados de extracción con el fin de elevar el rendimiento del proceso.
- Caracterizar el aceite para determinar su calidad y uso.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Materia Prima

2.1.1. Generalidades

El Sacha inchic (Plukenetia volubilis L.), es una planta nativa, que fué descrita por primera vez en 1753 por Linneo.

Posteriormente se describe esta planta como oriunda del Bajo Huallaga, encontrándose distribuida casi en toda la zona de San Martín y posiblemente también en los Departamentos de Loreto (Yurimaguas), Huánuco (Tingo María) y Ucayali (Pucallpa). (Macbride, 1951).

En un viaje de recolección de plantas silvestres alimenticias, encuentran en la provincia de San Martín unas semillas que la denominaron "Sacha Inchic". (Antúnez de Mayolo, 1978).

Así mismo se identifica esta especie, ubicándolo como Plukenetia volubilis L. de la familia Euphorbiaceae. (Soukup, 1970).

El Sacha Inchic es una planta silvestre de amplia distribución en la Amazonía Peruana, de antiguo y actual uso alimentario por la población rural nativa y mestiza. Aunque no es todavía un cultivo de importancia, la semilla

recolectada de los bosques ha sido desde hace tiempo un componente de la dieta de los indígenas chancas y otros grupos tribales de la Región. (Valles, 1991).

Desde 1985, aproximadamente, se ha recolectado información sobre diversos usos y modalidades de cultivo del Sacha Inchic en áreas rurales de la Región San Martín.

El programa de investigación de recursos genéticos de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir" - INIAA-Tarapoto, ha considerado de importancia un estudio de colección, caracterización y conservación de un Germoplasma de oleaginosas nativas entre ellas el Sacha Inchic, considerando que la Selva Alta y Baja de la Amazonía Peruana cuenta con numerosas especies oleíferas nativas. (Estación Experimental el Porvenir, 1990).

Este estudio se inicia en 1989, habiéndose recolectado hasta la actualidad 41 accesiones de Sacha Inchic : 14 del departamento de San Martín (Bajo Mayo, Cumbaza, Shilcayo, Alto Mayo y Huallaga central), 25 del departamento de Loreto, uno de Brasil (Tabatinga) y uno de Colombia (Leticia).

De las evaluaciones de los parámetros de floración y fructificación se han observado ecotipos muy precoces, precoces y tardíos. Así mismo se han evaluado la resistencia a sequía, encontrándose ecotipos muy

suceptibles en la mayoría del departamento de San Martín, suceptibles y resistentes del departamento de Loreto (Estacion Experimental el Porvenir, 1990).

Siembras experimentales y observaciones de campo en nuestra Región señalan su potencial como plantación Agroindustrial alimentario por su corto período de inicio de cosecha, su producción perenne, crecimiento y desarrollo en suelos ácidos.

Constituye una alternativa para la reforestación económica y autosostenida de la selva alta y, cultivo de importancia para la obtención de aceite comestible y derivados proteicos para la alimentación humana y animal, especialmente en áreas rurales. (Valles, 1991).

2.1.2. Características Botánicas del Sacha Inchic

2.1.2.1. Concepto Etimológico.

Sacha Inchic, es un nombre vernacular, término quechua, que significa :

Sacha : Silvestre, monte.

Inchic: maní.

2.1.2.2. Descripción Botánica (Mac - Bride, 1951).

Reyno	Vegetal
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Orden	Euphorbiales

Familia	Euphorbiaceae
Género	Plukenetia
Especie	Volubilis.

2.1.2.3. Distribución.

El Sacha Inchic está distribuida en el trópico latinoamericano, desde el sur de México, Indias Occidentales, la Amazonía y el Acre en Bolivia.

En nuestro País, se ha recolectado en Madre de Dios, Huánuco, Oxapampa, San Martín, Rodríguez de Mendoza, Ucayali (Pucallpa, Contamana y Requena), el Putumayo, Iquitos, Caballo Cocha y áreas del Estrecho.

Crece desde los 100 hasta 1500 m.s.n.m. y comúnmente se le encuentra en bordes de bosques secundarios (Purmas), en Cañabravales, sobre cercos vivos, alambradas y, como "maleza" en platanales y cultivos permanentes.

En San Martín se le encuentra en toda la cuenca del Huallaga hasta en Yurimaguas, en el Alto y Bajo Mayo, el Valle del Sisa y áreas de la cuenca de Lamas, Shanusi y Pongo del Cainarachi. (Valles, 1991).

2.1.2.4. Aspectos Morfológicos y Agronómicos.

El Sacha inchic es una planta voluble, semileñosa, perenne y trepadora que alcanza la altura de la planta soporte o tutor; sus hojas son alternas acorazonadas de 10 a 12 cm. de largo y 8 a 10 cm. de ancho. Las

nervaduras nacen en las bases y la nervadura central orientándose al ápice, tal como se observa en la Figura 1.

Las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos. En la base del racimo y lateralmente se encuentra una sola flor femenina.

Los frutos son cápsulas dehiscentes, usualmente están formados por cuatro cápsulas, algunos frutos presentan cinco o seis cápsulas. (Valles, 1991), tal como se observa en la Figura 2.

Dentro de las cápsulas se encuentran las semillas de color marrón oscuras, ovales de 1.5 a 2 cm. de diámetro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes, al abrirlas encontramos cotiledones a manera de almendras y cubiertas de una película blanquecina, tal como se observa en la Figura 3. En condiciones de medio ambiente y al aire libre, la semilla se conserva por más de 1 año.

La germinación se inicia a 2 semanas de la siembra y siempre que exista suficiente humedad. Una semana después aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía. Este período es el más adecuado para el transplante, que puede hacerse a raíz desnuda.

Siembras experimentales indican que es mejor usar tutores de "amasisa" (Erytrina sp.), prefiriendo ramas maduras de 1.5 m. de largo y 5 cm. de grosor. El distanciamiento

FIGURA 1: PLANTA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)



FIGURA 2: FRUTO DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

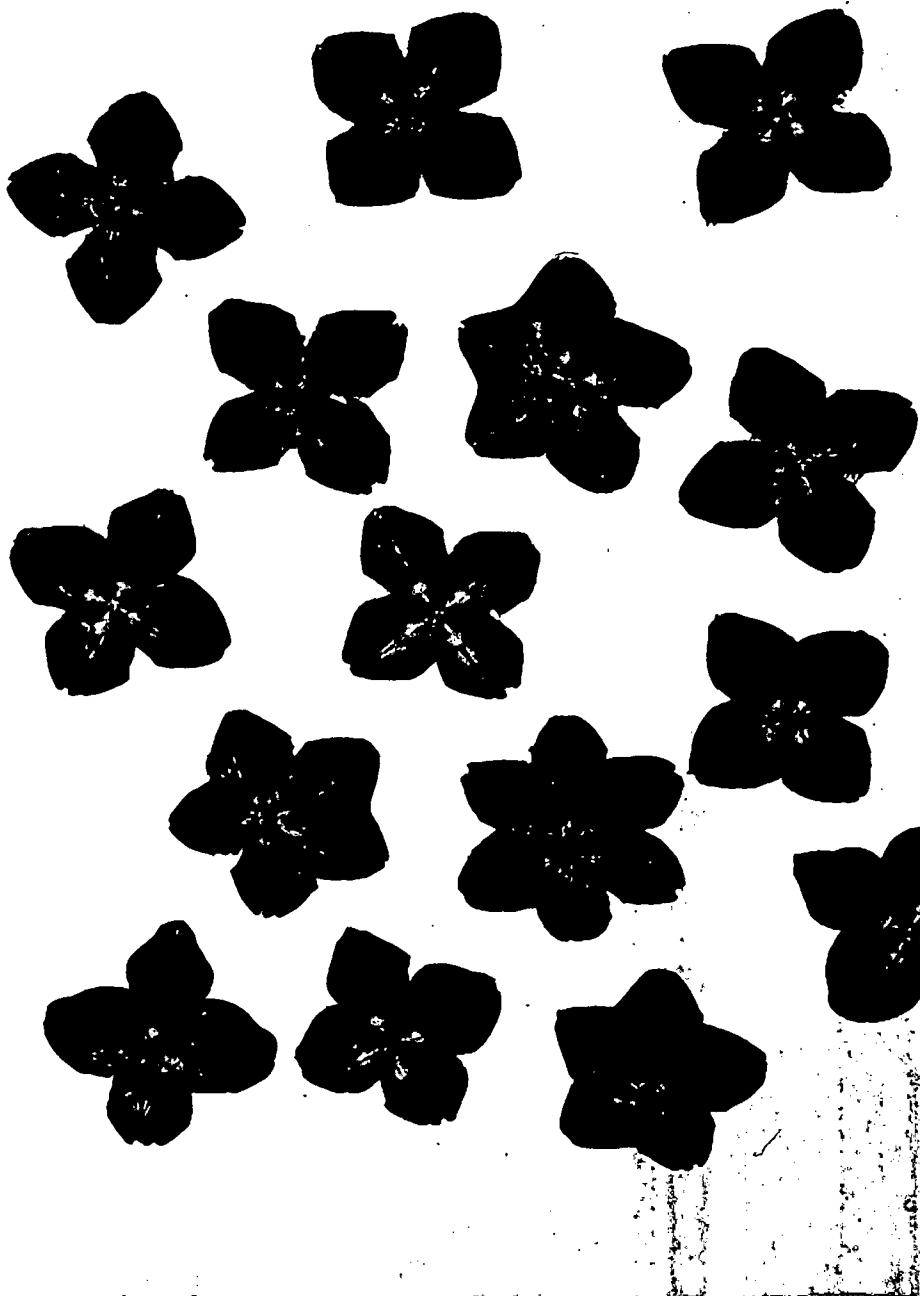
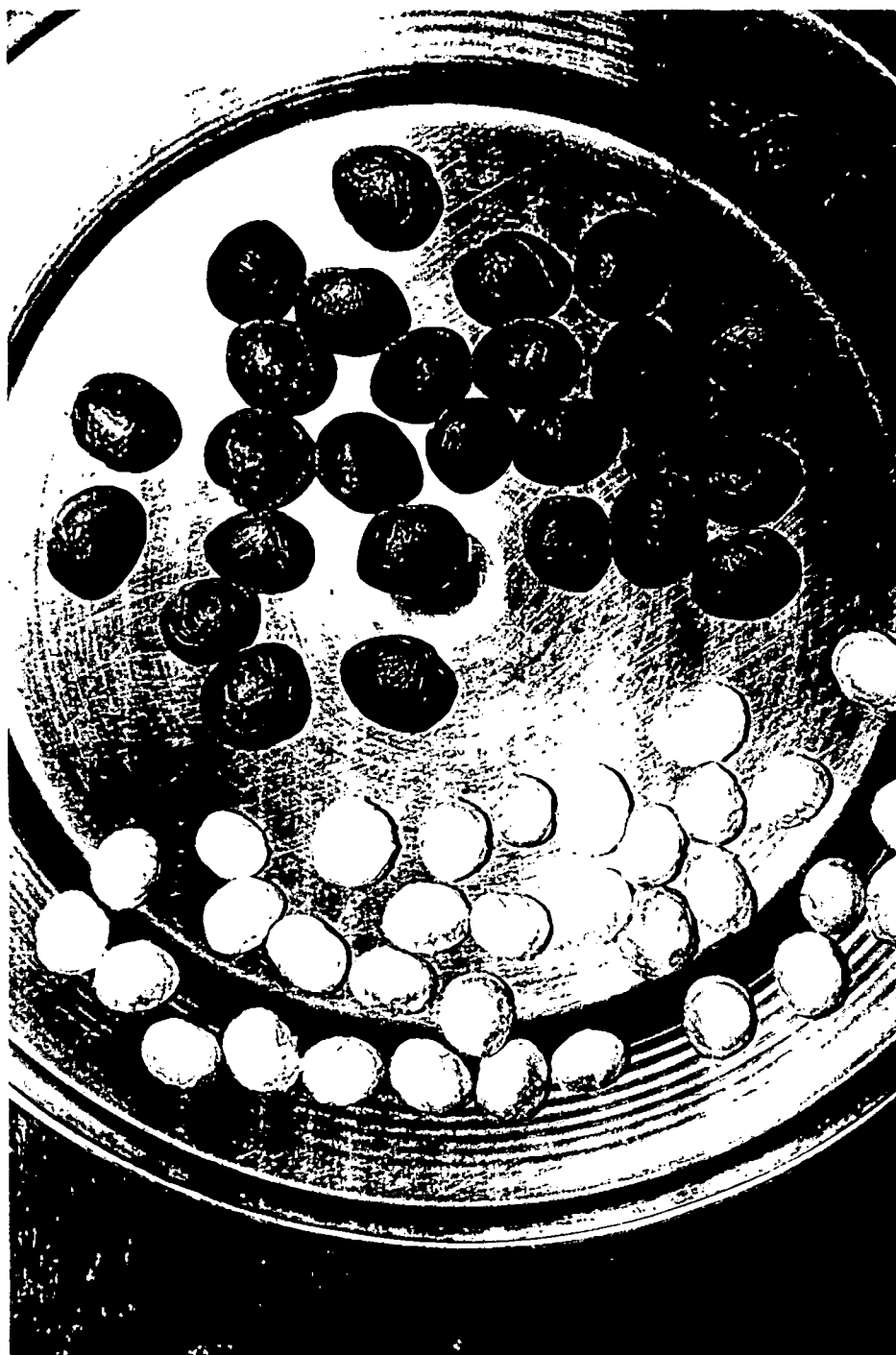


FIGURA 3: SEMILLAS Y ALMENDRAS DE SACHA INCHIC
(Plukenetia volubilis L.)



óptimo de siembra es de 3.0 m. entre plantas y 3.0 m. entre hileras. También puede sembrarse en tres bolillo 3.0 m. x 2.5 m. Los tutores se entierran hasta 20 a 30 cm.

Durante el crecimiento del tutor, es conveniente favorecer la formación de ramas laterales. Para el efecto se debe eliminar las ramas bajas hasta aproximadamente 15 cm. del extremo superior.

El Sacha inchic se siembra a 15 cm. del tutor. En siembra directa se coloca una semilla por golpe a 5 cm. de profundidad. A raíz desnuda se entierran a 10 cm. dejando el cuello de las plántulas a 3 cm. debajo de la superficie del suelo. (Valles, 1991).

Durante el período vegetativo del Sacha inchic es necesario promover la fructificación en la copa del tutor. Las ramas bajas y menores se eliminan. Por otro lado es necesario evitar que el tutor no sobrepase los 2 m. de altura para favorecer la cosecha.

La floración se inicia a cinco meses de germinación o trasplante. La fructificación comienza a los seis meses y la maduración y cosecha a partir de los diez meses.

La Floración y fructificación es continua durante todo el año.

La cosecha se estabiliza y es comercial a los 14 meses, se realiza en forma semanal y quincenal para evitar pérdidas por dehiscencia.

Las cápsulas se ponen al sol para lograr una dehiscencia beneficiosa. Se ha observado en cultivos de huertos especialmente en áreas rurales, plantas de hasta diez años y en producción.

En el mantenimiento de la plantación se realizan los deshierbos necesarios. La práctica del deshierbo es plateado, y a 25 cm. del tutor es eficiente y económico. Al inicio de la plantación, es posible sembrar cultivos herbáceos como la soya, maní, algodón y maíz por ejemplo.

Las hormigas constituyen ligeros problemas, especialmente al inicio de la plantación, el sabor dulce de las hojas tiernas atraen a estos insectos.

Se ha observado ataques tempranos del "nematode del nudo" (*Melodogyne* sp.), en suelos ácidos, franco arenosos, con más del 70% de arena. Las plantas atacadas se atrofian y presentan entre nudos cortos. La eliminación y reemplazo de las plantas atacadas es provechosa.

El Sacha inchic es una planta agronómicamente rústica. crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio. Prospera en "shapumbales" (*Pteridium aquilinum*) secos y húmedos y en "cashucshales" (*Impera brasiliensis*), por su agresividad constituye un problema serio en platanales, frutales, plantaciones permanentes y en

cocales; razón por la que es considerado una "maleza" y por lo tanto eliminada, inclusive con herbicidas sistémicos erradicantes. (Valles, 1991).

2.1.2.5. Productividad, Usos y Valor Nutritivo.

Siembras experimentales a campo limpio y en suelos franco arenosos, ácidos, lograron cosechas comerciales de 2.5 TM/Ha/año.

No se conoce todavía su respuesta a la fertilización, ni su rendimiento con otra modalidad de tutoraje, tampoco de la cobertura del suelo más adecuada.

El Sacha inchic es muy popular en la población nativa y mestiza de las áreas rurales de San Martín, es un sustituto del maní de donde proviene su nombre vernacular. Comúnmente la población rural lo consume tostado, cocido con sal, en confituras, saladitos y como ingredientes de diversos platos típicos (ají, sopas, mazamorras).

El tostado es el método tradicional de preparar el Sacha inchic, para usos alimenticios aparentemente para remover el sabor amargo de las semillas crudas.

En algunos lugares se obtiene aceite en forma artesanal para la alimentación y combustible de iluminación.

Actualmente se han realizado ensayos experimentales de obtención de galletas, panes y otros productos (manjar, quesillo, confitados, tostaditos, saladitos, etc.). (Valles, 1991).

Análisis proximales realizados, encontraron que la almendra contiene proteína, aceite y ácidos grasos similares o ligeramente superiores a diferentes oleaginosas de cultivo tradicional en nuestra zona, según se muestra en el Cuadro 1. (Hazen, 1980).

Aminogramas y perfiles de ácidos grasos efectuados, indican que posee un aceite de baja saturación con un alto contenido de Vitamina A y señala que contiene todos los aminoácidos esenciales por encima del mínimo necesario en los estándares nutricionales, según se observa en los Cuadros 2,3 y 4. (Hamaker, 1990).

Al Sacha inchic se le presenta ante la Comunidad Técnica Científica Internacional como "maní del inca" (Inca peanut), señalándolo como una alternativa para mejorar la dieta proteica del poblador de las áreas rurales de selva alta y de la amazonía en general, por su valor alimenticio similar o ligeramente superior a la quinua y kiwicha (Cereal Chemistry, 1992).

Así mismo se reportó los perfiles de aminoácidos y ácidos grasos del "Maní del Inca" comparado con otras semillas aceiteras, según se muestra en los Cuadros 5 y 6. (Hamaker, 1992).

Además se ha reportado la presencia de Alfa tocoferol y caroteno en el aceite (3.8-6.3 mg/100gr. y 0.08 mg./100gr. respectivamente) que puede influir en la estabilidad del aceite.

CUADRO 1: COMPONENTES DE LA ALMENDRA Y ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.) Y OTRAS OLEAGINOSAS (%).

Componentes	Sacha				
	Inchic	*Soya	Maní	Algodón	Girasol
Principales					
Humedad	4.2	11.7	7.3	8.1	4.8
Proteínas	33.3	28.2	23.4	32.9	24.0
Grasas	48.7	18.9	45.3	16.1	47.3
Carbohidratos	9.5*	35.7	19.5	36.7	3.8
Fibra	1.6	4.6	2.1	4.8	11.1
Cenizas	2.7	5.5	2.4	6.2	4.0
K cal	562.0	401.0	539.0	398.0	495.0
<u>Acidos Grasos:</u>					
Cáprico	--	--	--	--	--
Laúrico	--	--	--	--	--
Mirístico	--	0.3	--	--	--
Palmitico	3.9	12.6	6-9	20-23	3-6
Esteárico	3.3	3.4	3-6	1-3	1-3
Oleico	10.8	20.3	53-71	23-25	14-43
Linoleico	37.8	56-9	13-27	42-54	44-75
Indice de Iodo	192.0	120-143	82-106	108	125-140

FUENTE: Hazen, 1980; * Collazos, 1993.

CUADRO 2: PERFIL DE AMINOACIDOS DE SACHA INCHIC
(Plukenetia volubilis L.)

Aminoácidos	En 100 g.de harina (%)	En 100 g.Proteína (%)
Triptófano	0.77	2.88
Acido Aspártico	2.97	11.12
Treonina	1.16	4.34
Serina	1.70	6.37
Acido Glutámico	3.55	13.30
Prolina	1.30	4.83
Glicina	3.16	11.84
Alanina	0.95	3.56
Cisteína	0.67	2.51
Valina	1.07	4.01
Metionina	0.33	1.24
Isoleucina	1.33	4.98
Leucina	1.70	6.37
Tirosina	1.46	5.47
Fenilalanina	0.64	2.40
Histidina	0.70	2.62
Lisina	1.16	4.34
Arginina	1.48	5.54

FUENTE: HAMAKER, 1990.

CUADRO 3: CONTENIDO DE VITAMINA "A" EN EL ACEITE Y SEMILLA DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.)

Tratamiento	En 100 ml.de extracto de aceite (µg Retinol/g.)	En la semilla-Endospermo (µg Retinol/g)
Crudo	681	3.9
Sometido a estufa 30 min.	665	3.3
Sometido a estufa 60 min.	616	3.1
Frito	467	2.3

FUENTE: HAMAKER, 1990.

**CUADRO 4: PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SACHA INCHIC
(*Plukenetia volubilis* L.)**

C ₁₄ ⁻⁰	Acido Mirístico	0.1
C ₁₆ ⁻⁰	Acido Palmítico	4.46
C ₁₆ ⁻¹	Acido Palmitoleico	0.1
C ₁₇ ⁻⁰	Acido Margárico	0.1
C ₁₇ ⁻¹	Acido Margaroleico	0.1
C ₁₈ ⁻⁰	Acido Esteárico	3.23
C ₁₈ ⁻¹	Acido Oleico	9.61
C ₁₈ ⁻²	Acido Linoleico	36.84
C ₁₈ ⁻³	Acido Linolénico	45.15
C ₂₂ ⁻⁰	Acido Behénico	0.49
	Proteína	28 %
	Aceite	52 %

FUENTE: HANAKER, 1990.

CUADRO 5: PERFIL DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.) COMPARADO CON OTRAS PROTEINAS DE SEMILLAS ACEITERAS

Aminoácidos	Sacha Inchic	Soya	Maní	Algodón	Girasol	* FAO/WHO/DNU
Proteína Total %	27	28	23	33	24	
Esenciales						
Histidina	26	25	24	27	23	19
Isoleucina	50	45	34	33	43	28
Leucina	64	78	64	59	64	66
Lisina	43	64	35	44	36	58
Metionina	12	13	12	13	19	--
Cisteína	25	13	13	16	15	--
Metionina + Cisteína	37	26	25	29	34	25
Fenilalanina	24	49	50	52	45	--
Tirosina	55	31	39	29	19	--
Fenilalanina + Tirosina	79	80	89	81	64	63
Treonina	43	39	26	33	37	34
Triptófano	29	13	10	13	14	11
Valina	40	48	42	46	51	35
No esenciales						
Alanina	36	43	39	41	42	--
Arginina	55	72	112	112	80	--
Asparagina	111	117	114	94	93	--
Glutamina	133	187	183	200	218	--
Glicina	118	42	56	42	54	--
Prolina	48	55	44	38	45	--
Serina	64	51	48	44	43	--
TEAA	411	418	349	365	366	--
TAA	976	985	945	936	941	--
TEAA como % de TAA	42	42	37	39	39	--

FUENTE: HAMAKER, 1992.

- Los valores están indicados en mg/g de proteína.
- TEAA = Aminoácidos esenciales totales.
- TAA = Total de Aminoácidos.

* Niveles recomendados para niños de edad pre-escolar (de 2 a 5 años), según Consultora Conjunto de Expertos FAO/WHO 1990.

CUADRO 6: PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.) COMPARADO CON EL ACEITE DE OTRAS SEMILLAS.

Acidos Grasos	Sacha Inchic (%)	Soya *	Mani *	Algodón *	Girasol *
Aceite total	54	19	45	16	48
Saturados					
Mirístico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Palmitico	4.5	10.5	12.0	18.7	7.5
Esteárico	3.12	3.2	2.2	2.4	5.3
Insaturados					
Palmitoleico	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0
Oleico	9.6	22.3	41.3	18.7	29.3
Linoleico	36.8	54.5	36.8	57.5	57.9
Linolénico	45.2	8.3	0.0	0.5	0.0
Gadoleico	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0

FUENTE: HAMAKER, 1992.

* Los valores se tomaron de Bodwell y Hapkins (1985).

2.2. Procesamiento de Extracción de Aceite.

En la Figura 4, se muestra el flujo seguido para la obtención de aceite a partir de las semillas oleaginosas. Las etapas en el proceso de extracción del aceite son:

2.2.1. Limpieza

El sistema de extracción se inicia con un pretratamiento mecánico que tiene como primer paso de preparación de las semillas oleaginosas, la limpieza de éstas.

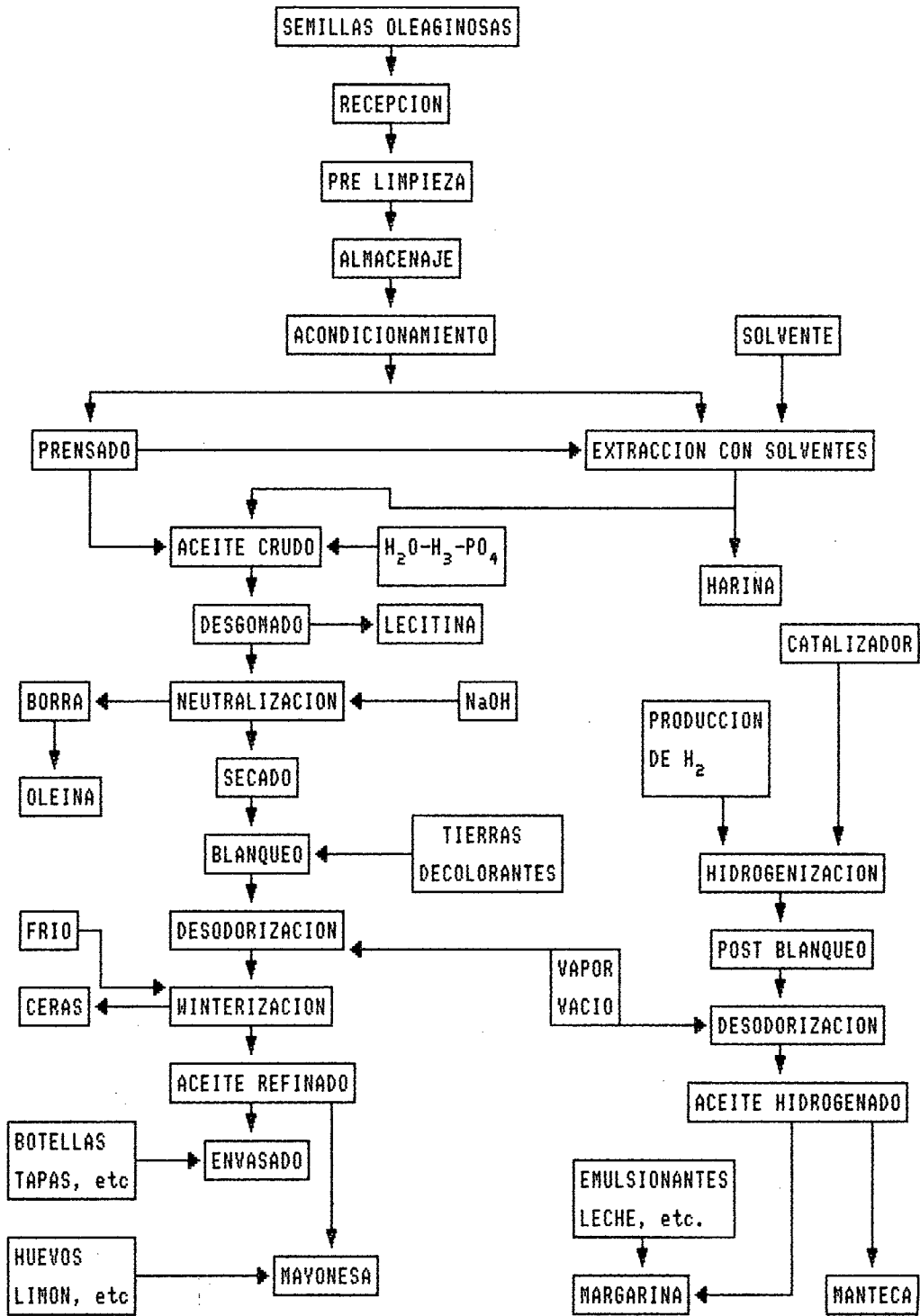
La limpieza se realiza para separar los productos extraños y se efectúa por medio de cribas planas o tambores rotatorios; se separan estacas, tallos, hojas y desechos al igual que la tierra y suciedades. (Universidad de Lima, 1986).

Todos estos elementos extraños deben separarse antes que las semillas o frutos pasen a ser procesados ya que se puede originar graves daños en las instalaciones y al mismo tiempo comunicar mal color y olor al aceite, disminuyendo su calidad. (Bernardini, 1981).

2.2.2. Descascarado

Antes de la extracción del aceite, las semillas deben descascarillarse, si es posible. La cascarilla no suele contener aceite; corrientemente no más del 1 % y sólo la linaza contiene un 22 % (Bailey, 1961).

FIGURA 4: OBTENCION DE ACEITE A PARTIR DE SEMILLAS DE OLEAGINOSAS



FUENTE: BERNARDINI, 1981.

El descascarado es una operación que tiene efectos positivos en la obtención del máximo rendimiento de aceite, ya que si las cascarillas no se separan de las semillas o se separan en forma incorrecta el rendimiento disminuye por absorción en la torta de cantidades apreciables de aceite. (Universidad de Lima, 1986).

En el Cuadro 7, se observa los datos comparativos en rendimiento de aceite entre las semillas sin descortezar, las semillas propiamente dichas y sus cortezas. (Bailey, 1961).

2.2.3. Molienda o trituración.

La trituración viene a ser la transformación de las semillas en partículas pequeñas lo cual facilita la extracción del aceite, ya sea por prensado mecánico o por la acción de disolvente. (Universidad de Lima, 1986).

Algunos estudios han demostrado que el aceite está contenido en una infinidad de células y la rotura de éstas se puede realizar sólo por una fuerte compresión sobre ellas. Dichos estudios han confirmado que aún después de una fuerte trituración y/o laminación de las semillas hay todavía células que no se rompen, de ahí la dificultad de poder extraer la totalidad del aceite presente en la semilla o fruto. (Bernardini, 1981).

CUADRO 7: PORCENTAJE DE CORTEZA Y PEPITA DE VARIAS SEMILLAS OLEAGINOSAS Y CONTENIDO DE ACEITE DE LA SEMILLA ENTERA, PEPITA Y CORTEZA

Semillas Oleaginosas	% de Pepita	% de Corteza	Porcentaje de Aceite en		
			Semilla Entera	Pepita	Corteza
<u>Descortezadas</u>					
<u>Normalmente</u>					
Palma	25	75	-	48	-
Bayas de cacao	88	12	50	-	-
Aceite de ricino	70 - 80	20 - 30	40 - 50	-	-
Algodón (sin hilazas)	62	38	19	30	1 - 2
Maní	75	25	38	50	0.5 - 1
Girasol	45 - 60	40 - 55	22 - 36	36 - 55	1 - 2
Kapok	60	40	20 - 25	40	-
Cártamo	50	50	28 - 33	55 - 65	1.5 - 2
<u>Normalmente no</u>					
<u>Descortezadas</u>					
Soya	93	7	18	-	0.6
Linaza	57	43	-	58	22
Perilla	68	32	34	-	-
Cáñamo	62	38	31	-	-
Colza	82	18	42	-	-
Mostaza	80	20	-	-	-

FUENTE: BAILEY, 1961.

Las semillas o frutos no se deben llevarse jamás a pulverización, ya que en el caso de extracción por prensado impedirá el drenaje, dificultando la filtración del aceite y en el caso de la extracción por solvente se tendrá el apelmazamiento de la masa que dificultaría la penetración del solvente. (Colom, 1945).

2.2.4. Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico aplicado a las semillas oleaginosas se suele denominar "cocción". (Bailey, 1961). Está universalmente comprobado que las semillas oleaginosas dan fácilmente su aceite por prensado mecánico, cuando han sido sometidos previamente a "cocción".

El objeto primario del proceso de cocción se puede resumir de la siguiente manera:

a) Coagulación de las proteínas de las semillas, agrupando el aceite disperso y haciendo a los sólidos de las semillas permeables al flujo del aceite.

b) Disminución de la afinidad del aceite para las superficies de los sólidos, para conseguir el máximo rendimiento en el proceso.

Otros efectos secundarios en el proceso son:

Secado de las semillas, para dar a la masa la plasticidad más apropiada a un prensado eficaz, insolubilización de los fosfátidos y otras impurezas indeseables, destrucción de

mohos y bacterias, aumento de la fluidez del aceite y eliminación de sustancias tóxicas, en el caso del algodón.

La humedad de las semillas es un factor que afecta, desde luego, a la afinidad entre el aceite y el resto de éstos pudiéndose controlar por medio de la cocción (Bernardini, 1981).

2.2.5. Extracción del Aceite

2.2.5.1. Extracción Mecánica o Prensado

El método de extracción por prensado es utilizado para semillas con elevado contenido graso, pudiéndose reducir el contenido hasta 4 o 6 %, presionando la materia triturada. (Magrane, 1944).

Los diversos métodos de prensado emplean presiones altas para separar el aceite de las materias primas que lo contienen. (Klingerberger, 1984).

La extracción por prensado puede ser de dos tipos:

2.2.5.1.1. Prensado Discontinuo o Hidráulico

Se basa en la aplicación de la presión sobre una masa de productos oleaginosos confinados en bolsas, telas, mallas u otros materiales adecuados. Los modelos de prensa utilizan un sistema hidráulico, razón por la cual el término hidráulico se suele emplear para designar el prensado discontinuo. (Universidad de Lima, 1986).

Hay dos tipos principales de prensas hidráulicas, que son:

- Prensa de Tipo Abierto

Las prensas abiertas emplean una presión alrededor de 280-320 Kg/cm² es decir, 3,000 - 4,000 lb/pulg² en el pistón, y una presión sobre la torta de 115 - 130 Kg/cm² es decir 1600 - 1800 lb/pulg². (Thieme, 1970).

- Prensa de Tipo Cerrado

Las prensas cerradas pueden trabajar a presiones superiores a las del tipo abierto, llegando hasta 450 kg/cm² o sea 6,000 lb/pulg², en el pistón y son especialmente apropiadas para semillas de alto contenido en aceite y poco material fibroso. (Thieme, 1970).

2.2.5.1.2. Prensado Continuo

Se basa en la utilización de Prensas de tornillo, de acción continua y automática. A causa de esta ventaja han sustituido en gran parte a las prensas hidráulicas y pueden considerarse el equipo ideal de extracción de aceite. (Thieme, 1970).

Estas prensas conocidos como "expeller", ahorran mucha mano de obra respecto a las hidráulicas y eliminan por completo el uso de telas filtrantes y el rendimiento, además es algo superior. Sin embargo su mayor inconveniente estriba en el gasto de energía relativamente alto.

Dentro de la jaula se desarrolla una presión de 1400 - 2800 Kg/cm² es decir 20,000 - 40,000 lb/pulg². Al final de todas las operaciones se suele hacer pasar el aceite por un filtro-prensa, para eliminar aquellas partículas que, por su tamaño pequeño, no han sido separadas por las rejillas y otros dispositivos de drenaje. (Bailey, 1961).

En el Cuadro 8, se muestran los rendimientos medios obtenidos por los métodos comerciales de extracción de las semillas Oleaginosas mas comunes.

2.2.5.2. Extracción por solvente

Constituye el método de extracción más eficiente de cualquier producto oleaginoso, es el que presenta más ventajas en el tratamiento de semillas u otro material con bajo contenido graso (Pardum-Kleve, 1982).

El producto ingresante con diversos porcentajes de grasa, 15-23 % cuando se trata de un proceso único, ó 5-10 % cuando es torta proveniente del prensado, se logra reducir su contenido de aceite hasta menos del 1 % (Bailey, 1961).



CUADRO 8: RENDIMIENTOS MEDIOS EN ACEITE OBTENIDO POR PROCEDIMIENTOS COMERCIALES A PARTIR DE LAS SEMILLAS OLEAGINOSAS MAS COMUNES (Porcentaje en aceite, a partir de semillas con humedad normal)

Babassú (semillas)	63	Maní	35
Ricino (granos)	45	Perilla (semillas)	37
Coco (copra)	63	Colza	35
Maíz (gérmenes)	45	Polvillo de arroz (*)	14
Algodón	16	Cártamo	28
Linaza	34	Ajonjolí	47
Cañamones	24	Soya (*)	18
Miraguano	20	Girasol	25
Oiticia	60	Té (semillas)	48
Palma (semilla)	45	Madera de china	35

FUENTE: BAILEY, 1961.

* Se han determinado los rendimientos por prensado mecánico, salvo con la soya y el polvillo de arroz, que se sometieron a extracción con solventes, los rendimientos se refieren a las semillas completas o con corteza, a menos que se especifique lo contrario.

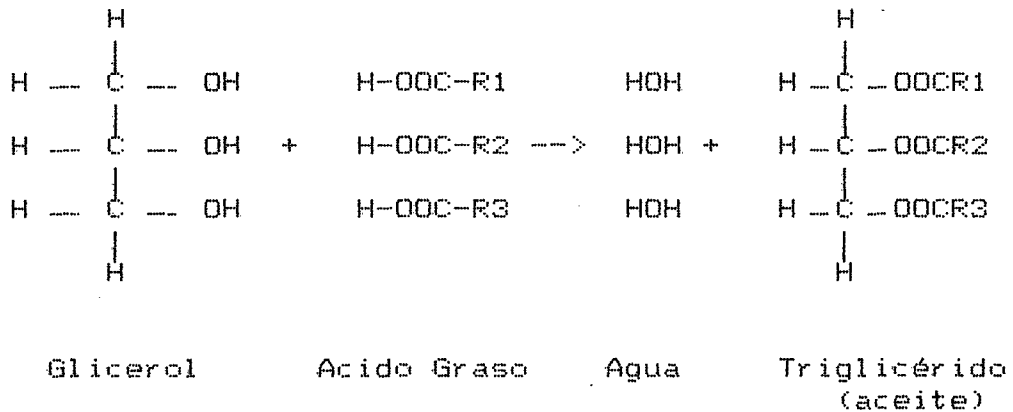
2.3. Tecnología de Grasas y Aceites.

2.3.1. Estructura y Composición.

Los aceites y grasas son sustancias de origen vegetal o animal, insolubles en agua, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina con los Acidos grasos, es decir triglicéridos.

En general el término grasa, se usa para referirnos a los materiales sólidos, o mas bien sólidos a la temperatura ordinaria; mientras que el término aceite se refiere a los que son líquidos en las mismas condiciones.

La estructura Química es:



Los Acidos Grasos, constituyen los sillares de construcción de varias clases de lípidos, son compuestos alifáticos, monobásicos, que constan casi invariablemente de un sólo grupo carboxilo situado en el extremo de la cadena lineal.

Se han aislado más de 70 ácidos grasos de diversas células y tejidos. Los ácidos grasos constituyen de 94 a 96 % del peso total de la moléculas que conforman el aceite (Bailey, 1961).

Según su estructura química, los ácidos grasos pueden clasificarse en: Saturados e insaturados.

Los ácidos grasos en los que los átomos de carbono de su cadena están unidas a no menos de dos átomos de hidrógeno se llaman saturados.

Entre los más importantes se encuentran:

- Acido láurico
- Acido mirístico
- Acido palmítico
- Acido esteárico

Los ácidos grasos que contienen dobles enlaces se llaman no saturados o insaturados. El grado de insaturación de un aceite depende del número medio de dobles enlaces de sus ácidos grasos.

Entre los ácidos grasos más importantes se encuentran:

- Acido palmitoleico
- Acido oleico
- Acido linoleico
- Acido linolénico

En el Cuadro 9, se muestran los ácidos grasos más comunes que se encuentran en la naturaleza.

Pero los ácidos grasos también pueden clasificarse, según la función que cumplen en la nutrición en: Ácidos grasos esenciales y no esenciales.

Los ácidos palmitoleico y oleico no son esenciales en la alimentación, debido a que los tejidos pueden introducir una doble ligadura en el ácido graso saturado correspondiente, mejor dicho el organismo puede sintetizarlo. (Martín, 1984).

Los ácidos linoleico, α -linolénico y araquidónico son los únicos ácidos conocidos que son esenciales para la nutrición completa de muchas especies animales, por lo cual deben suministrarse en la dieta, en consecuencia se conocen como ácidos grasos esenciales en la nutrición. (Martín, 1984).

La descripción más completa de los síntomas de deficiencia de ácidos grasos esenciales, se ha obtenido en estudios con ratas jóvenes. También han observado algunos de estos síntomas en seres humanos, como son, una piel de aspecto anormal, dificultad de regeneración de tejidos, aumento de la susceptibilidad a las infecciones.

CUADRO 9: ALGUNOS ACIDOS GRASOS QUE SE ENCUENTRAN EN LA NATURALEZA

Atomos de Carbono	Estructura	Nombre Sistemático	Nombre Trivial
Acidos Grasos Saturados			
12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	n-Dodecanoico	Acido Láurico
14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	n-Tetradecanoico	Mirístico
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	n-Hexadecanoico	Palmitico
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	n-Octadecanoico	Estearico
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	n-Eicosanoico	Araquídico
24	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	n-Tetracosanoico	Lignocérico
Acidos Grasos Insaturados			
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		Palmitoleico
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		Oleico
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		Linoleico
18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		Linolénico
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$		Araquidónico

FUENTE: UNIVERSIDAD DE LIMA, 1986.

Los ácidos grasos esenciales en la nutrición (AGE), son necesarias para las funciones normales de todos los tejidos, así como también del cerebro y la retina.

A causa del papel posiblemente específico de esta familia de ácidos grasos en tejidos especializados, el ácido α -linolénico debería considerarse un elemento esencial de la dieta, pero son necesarias más investigaciones para aclarar el papel de la familia del ácido α -linolénico en la nutrición humana (FAO, 1980).

2.3.2. Clasificación de los Aceites y Grasas

Hay diversos criterios para la clasificación de las grasas, ya sea por su origen vegetal o animal, naturaleza química de los glicéridos, característica físico-química bien de las grasas o bien de los correspondientes ácidos grasos.

2.3.2.1. Según los ácidos grasos que la componen.

Se dividen en dos grupos:

- Grasas saturadas
- Grasas insaturadas

En el Cuadro 10, se observa la composición de ácidos grasos y las características físico-químicas de los principales aceites.

CUADRO 10:

COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE ALGUNOS ACEITES Y GRASAS CRUDAS

COMPOSICION	PRODUCTOS									
	Algodón	Oliva	Palma	Grasol	Maní	Soya	Ajonjolí	Mafz	Colza	Linaza
<u>Composición en ácidos grasos</u>										
Láurico	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mirístico	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmítico	18,7000	12,80	40,60	7,50	10,20	12,60	8,20	14,20	4,40	0,00
Eteárico	2,4000	0,00	7,30	5,30	3,10	3,40	4,70	0,00	3,50	0,00
Palmitoleico	0,6000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Oleico	18,7000	74,00	40,00	29,30	56,00	20,30	45,00	34,80	24,00	20,00
Linoleico	57,5000	13,20	11,30	57,90	26,00	56,90	40,40	51,00	15,00	24,10
Linoléico	0,5000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	8,70	47,40
Otros ácidos (Erúico)	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,30	0,00
<u>Características</u>										
Índice de yodo	110,0000	88,00	54,00	136,00	100,00	135,00	110,00	128,00	95,00	180,00
Índice de saponificación	190,0000	196,00	205,00	194,00	195,00	190,00	190,00	193,00	180,00	189,00
Índice de acidez (% Ac. Oleico)	5,0000	5,00	5,00	2,30	4,00	5,00	4,00	3,00	6,00	4,00
Índice de refracción (40°C)	1,4679	1,46	1,46	1,47	1,46	1,47	1,47	1,47	1,47	1,48
Densidad (25°C)	0,9170	0,91	0,90	0,92	0,91	0,92	0,92	0,92	0,91	0,93
Material insaponificable (menor)	1,5000	1,40	1,00	1,50	1,00	1,50	1,80	2,00	1,50	1,50
Índice de peróxido (Meq/Kg)	31,9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FUENTE:

BAILEY, 1961; CAMARENA, 1981; INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION, 1993; MEHLEMBACHER, 1970

2.3.2.2. Según su capacidad de oxidación

	<u>Indice de Yodo</u>
No secante	Menor de 100
Semisecante	100 - 140
Secante	Mayor de 140

2.3.2.3. Según su utilización industrial.

Desde el punto de vista de su utilización industrial tiene la siguiente clasificación:

- Grupo de las grasa de leche
- Grupo del ácido láurico
- Grupo de las mantecas vegetales
- Grupo de las grasa animales
- Grupo de los ácidos oleico-linoleico
- Grupo del ácido erúsico
- Grupo de ácidos grasos conjugados
- Grupo de los hidroácidos. (Bailey, 1961).

2.3.3. Propiedades Físico-Químicas de los Aceites y Grasas.

2.3.3.1. Densidad o peso específico

Se entiende por densidad o peso específico, la relación entre el peso de una sustancia y el peso de un volumen igual de agua. (Camarena, 1981).

Este tipo de análisis resulta de gran utilidad para detectar adulteraciones, pues la no conformidad del peso específico indica adulteración aún cuando la conformidad no confirma en ningún caso la pureza del aceite. (Universidad de Lima, 1986).

2.3.3.2. Viscosidad

La viscosidad de los aceites disminuye ligeramente con un aumento de su grado de insaturación; por otra parte, los que contienen ácidos grasos de bajo peso molecular son algo menos viscosos que aquellos cuyo grado de saturación es equivalente, pero contienen solamente ácidos de elevado peso molecular. (Bailey, 1961).

2.3.3.3. Índice de Refracción

Este índice señala la refracción que experimenta un rayo luminoso al pasar por una sustancia grasa, lo cual también depende de la composición de la misma. (Universidad de Lima, 1986).

El índice de refracción de las grasas es un dato de gran interés, por la estrecha relación que tienen con el peso molecular medio, con el grado de insaturación. Es una característica muy útil para clasificar rápidamente aceites de identidad desconocida o para observar los progresos de una hidrogenación catalítica. (Bailey, 1961).

2.3.3.4. Punto de fusión

Es el grado de temperatura bajo el cual un cuerpo aparece por primera vez en forma líquida, completamente claro y transparente. (Universidad de Lima, 1986).

2.3.3.5. Punto de congelación o condensación.

El punto de condensación determina la temperatura bajo el cual el aceite se cristaliza. (Universidad de Lima, 1986).

2.3.3.6. Punto de Humo, Inflamación y Combustión.

Los puntos de humo, inflamación y combustión de una sustancia grasa son la medida de su estabilidad térmica cuando se calientan en contacto con el aire.

Cuando una grasa se sobrecalienta, el glicerol que se acumula debido a la hidrólisis se descompone y la grasa suelta un gas azul que es el aldehído insaturado o acroleína. (Charley, 1987).

2.3.3.7. Solubilidad.

La solubilidad se funda en la propiedad por la cual un cuerpo sólido o líquido se disuelve en otro líquido, denominado disolvente, por la cual el término se refiere a la mayor o menor facilidad con que un cuerpo se disuelve en un líquido apropiado.

2.3.3.8. Propiedades Espectrales de color.

El color está dado por la presencia de pigmentos solubles en grasa tales como carotenoides, clorofila y en algunos casos productos de la descomposición de proteínas, hidratos de carbono o de la oxidación y polimerización de los ácidos grasos.

El color de los aceites es uno de los factores admitidos para determinar su valor, puesto que los aceites oscuros necesitan costosos tratamientos para transformarlos en productos con color claro aceptable, a parte de que la intensidad del color puede ser un índice de mala calidad. (Bailey, 1961).

El procedimiento Lovibond es probablemente el de más amplia difusión en el mundo. El tintómetro Lovibond consta de un estuche de bakelita que contiene una serie de bastidores también de bakelita en los que van alojados los vidrios coloreados Lovibonds, de determinados índices de color.

La muestra y los vidrios se ven simultáneamente a través de un monocular, y el porta objetos se manipula de forma que los vidrios den la misma tonalidad que la muestra. (Mehlembacher, 1970).

2.3.3.9. Índice de Acidez.

La acidez de un aceite o grasa es el porcentaje de ácidos grasos libres presentes en el mismo, expresado en función del ácido oleico. (Universidad de Lima, 1986).

La acidez de las grasas y aceites es consecuencia de su degradación por hidrólisis que origina grupos carboxilos libres de los ácidos grasos liberados.

Con ciertas limitaciones la acidez también es una medida de la rancidez, dado que los ácidos de cadena corta liberados

como quedan, imparten un olor rancio característico. (Camarena, 1981).

Hay que indicar que el índice de acidez se utiliza mas que nada por su caracter cualitativo, pues através de ella se mide la acidez de una grasa. (Cheftel, 1976).

2.3.3.10. Índice de Iodo

El grado de insaturación de los ácidos grasos en una grasa o aceite, se puede expresar en forma cuantitativa en términos del índice de Iodo de la grasa.

Este se refiere al número de gramos de Iodo absorbido por 100 gr. de grasa. Ya que el iodo reacciona en los sitios de insaturación de manera muy parecida a la del hidrógeno en la hidrogenación. Cuanto más alto sea el índice de Iodo, mayor será el grado de insaturación de la grasa. (Potter, 1973).

3.3.3.11. Índice de Peróxido

El grado de oxidación que haya tenido una grasa o aceite, se puede expresar en términos del índice de peróxido. (Potter, 1973).

Viene a ser la medida de su contenido de oxígeno activo, expresado en términos de miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa. (Bailey, 1961).

El índice de peróxido es considerado aceptable mientras el aceite se encuentra en el periodo inicial de oxidación, llamado periodo de inducción. El índice de peróxido de una grasa tiende a aumentar conforme se deteriora la grasa. (Bailey, 1961).

2.3.3.12. Índice de Saponificación

El índice de saponificación es el número de miligramos de hidróxido de potasio requerido para saponificar o sea convertir en jabón, un gramo de grasa.

El índice de saponificación aumenta y disminuye en sentido inverso con el peso molecular medio.

El índice de saponificación y el índice de iodo guardan estrecha relación para juzgar la calidad de una grasa. (Bailey, 1961).

2.3.3.13. Materia Insaponificable

Está constituido por esteroides, hidrocarburos, pigmentos, alcoholes alifáticos, ceras y en general por las sustancias no saponificables por los álcalis, insolubles en agua y solubles en éter de petróleo. (Camarena, 1981).

2.3.4. Oxidación del Aceite

El primer paso en la oxidación de una grasa, es la adición de oxígeno al enlace doble de la cadena de un ácido graso para formar compuestos inestables que se designan generalmente con el nombre de peróxidos.

El ritmo de absorción del oxígeno, se acelera marcadamente por el calor y por la exposición de la grasa a la acción de la luz particularmente la ultravioleta.

La oxidación de una grasa o aceite tiene tres fases distintas. Durante la fase inicial, o período de inducción, la oxidación se efectúa a un ritmo lento y uniforme. En esta fase, los peróxidos formados parecen ser relativamente estables, de tal forma que su concentración aumenta, mas o menos paralelamente a la absorción de oxígeno por la grasa.

Una vez alcanzado un grado de oxidación crítico, la oxidación entra en una segunda fase, caracterizado por un ritmo rápidamente acelerado y es el punto en que la grasa comienza a tener olor rancio. Si se prosigue la oxidación, hasta una fase avanzada, el índice de peróxido alcanzará un máximo y luego comienza a descomponerse, reaccionando entre sí o con otros productos de la oxidación para formar los compuestos causantes de la rancidez con modificación del olor y sabor.

El agudo y desagradable olor a rancio, se cree que es debido principalmente a la presencia de aldehídos de peso molecular medio, ácidos de bajo peso molecular, hidroácidos, cetoácidos. (Bailey, 1961).

2.3.5. Las Grasas y Aceites en la Alimentación Humana

Las grasas son las principales fuentes de energía de la dieta, pues son los productos alimenticios más concentrados, suministrando unas 9 kcal. de energía por gramo, en comparación con las 4 kcal. suministradas por las proteínas y carbohidratos. Ciertos ácidos grasos componentes de las grasas son aparentemente no sintetizables por el organismo; en especial algunos ácidos grasos insaturados, imprescindibles para la formación de muchos tipos de células por el cual deben ser ingeridos en la dieta.

En experimentos con ratas de laboratorio se ha demostrado que la exclusión de las grasas en la dieta conduce a una enfermedad carencial caracterizada por la presencia de escamas en la piel, pérdida de peso, lesiones del riñón y finalmente, la muerte.

Los síntomas más serios de la deficiencia de grasas no se presentan en el hombre; sin embargo la carencia de los llamados ácidos grasos esenciales se ha asociado definitivamente con ciertas formas de eczema.

Es significativo, que cuatro de los diferentes grupos de vitaminas, la A,D,E y K son más solubles en la grasa que en el agua y, por esto, están invariablemente asociados con las materias alimenticias grasas. Además de las vitaminas liposolubles, las grasas o ciertos ácidos grasos se han

señalado como agentes que desempeñan un papel accesorio en el metabolismo de la tiamina y lactosa.

En lo que respecta a la digestibilidad de las grasas, se ha demostrado que no existen diferencias significativas entre las diversas grasas y aceites, excepto en el caso de las que tienen puntos de fusión considerablemente más altos que la temperatura del cuerpo (50°C o más), que son menos digeridas que las de punto de fusión más bajo.

Hay que incidir particularmente en el hecho de que es el punto de fusión de las grasas y no de los glicéridos componentes o sus ácidos grasos, lo que determina la digestibilidad de una grasa o aceite. (Universidad de Lima, 1986).

2.3.6. Sustancias Tóxicas en Aceites Vegetales

Las concentraciones residuales de ácidos grasos ciclopropénicos, específicamente el ácido malválico y estercúlico, en el aceite de algodón completamente refinado son suficientemente reducidas para que no se aprecien efectos nocivos en el hombre.

Se han investigado aceites refinados de maní, coco, soya y arenque y se ha encontrado que no contienen sustancias nitrogenadas que se consideran alergénicas.

Se ha demostrado que las grasas oxidadas son tóxicas, pero el aceite de soya, cuyo valor peroxidico alcanza 100, no produce efectos tóxicos obvios cuando se suministra a ratas hasta un 20% energético en la dieta.

Durante los tratamientos normales no se llega a valores peroxidicos de este nivel. Es decir, que a pesar de que la peroxidación constituye en potencia un peligro que hay que evitar, no es probable en este caso. Además, la desodorización destruye los peróxidos y, de todos modos, las grasas que contienen incluso diez miliequivalentes de peróxido por gramo son ingustables para la mayoría de los consumidores. (FAO, 1980).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar y Fecha de Ejecución

El presente trabajo de investigación sobre Extracción y Caracterización del Aceite de Sacha Inchic (Plukenetia Volubilis L.) se ejecutó en el Laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos de la FIAI-UNSM, y en los Laboratorios del Instituto Nacional de Nutrición, Alimentación y Control de Calidad en Lima, con una duración aproximada de 6 meses (Marzo a Agosto).

3.2. Materiales

3.2.1. Materia Prima e Insumos

- Semilla de Sacha Inchic ("Plukenetia, Volubilis L.)
- Reactivos químicos.

3.2.2. Equipos.

- Molino : Marca Corona
- Prensa hidráulica : Marca "Victoria"; capacidad 40 TM; Presión 4,000 Lb/pulg² .
- Tamizador Vibratorio : Marca "Soiltest-CL-305 A-2"; Potencia 1/4 HP; RPM 230.
- Mufla : Marca "Thermoline-1500 Furnace; T° Max. 1500 °C.
- Estufa Universal Automática : Marca "Mettert-MOD. V-40; T° Max. 250 °C.
- Aparato Microkjeldahl: Marca "JP-Selecta; Voltios 220.

- Equipo Digestor Kjeldhhal : Marca "Buchi-425";
Capacidad 4 muestras (4 balones de digestión).
- Bomba de Vacío : Marca "General Electric"; Presión
760mm.Hg; Voltios 115; HP 1/4.
- Analizador de Humedad : Marca "IR-100"; T° análisis
105-130°C.
- Balanza Analítica Digital : Marca "Memck Sartorius
MOD.1604"; Capacidad 100 gr.
- Balanza de precisión : Marca "Owalabor n° 5459;
Capacidad 1 kg.
- Refractómetro Abbe : Marca "Bush y Lomb MOD.3L n°
0921564.
- Cocinas Eléctricas : Marca "Fisher Termix.Hot Plate
Model 200M; T° max. 600°C.
- Mallas : Marca "Soiltest. US Estandar Testing Sieve;
Serie ASTM M.E-11.
- Extractor Soxhlet : Marca "Pyrex 24/50, 45/50.
- Viscosímetro Capilar Cannon-Fenske : Marca "ASTM - IB"

3.2.3. Materiales de Laboratorio

- Matraz de erlenmeyer
- Buretas
- Pipetas
- Probetas
- Tubos de ensayo
- Fiolas
- Vaguetas
- Vaso de precipitado

- Placas petri
- Balones
- Cápsula de porcelana
- Espátula
- Filtros
- Papel filtro
- Desecador
- Soporte universal
- Termómetros
- Gradillas

3.3. Proceso de Extracción del Aceite.

3.3.1. Descripción del Diagrama de flujo de Extracción del Aceite.

- Limpieza y Selección

Se realizó manualmente, consiguiéndose separar las materias extrañas (hojas, palillos, y tierra)etc. Así mismo algunas semillas que presentaron daños físicos, obteniéndose semillas de buen tamaño y buena calidad.

- Acondicionamiento

Esta operación consiste en exponer a la semilla a un secado al sol, con el fin de disminuir la cantidad de humedad del producto y facilitar el descascarado.

- Descascarado

Se realizó en forma manual con la ayuda de una pequeña piedra o de un alicate, por no existir un equipo apropiado para dicha operación.

- Molienda

Se realizó en un molino de discos (molino corona) del laboratorio de Análisis y composición de los alimentos de la FIAI, la finalidad de esta operación es aumentar la superficie de contacto para facilitar la extracción.

Para determinar el grado de finura adecuado y lograr un mejor rendimiento de extracción, se zarandó la molienda en un tamizador del laboratorio de suelos de la UNSM-tarapoto.

Se colocó la almendra triturada sobre el tamiz de mayor apertura de malla, por debajo de este tamiz se colocaron los restantes en orden decreciente por tamaño de malla y luego se agitó mecánicamente en el tamizador durante 5 minutos.

- Secado

Las almendras trituradas, se sometieron a secado en una estufa, a diferentes temperaturas de 60, 80, 100°C y diferentes tiempos de 1 y 2hr, calentándose el producto antes de la extracción para conseguir coagular las proteínas liberando el aceite, disminuir el contenido de humedad, así como también inactivar las enzimas presentes.

- Extracción por Prensado

Esta operación se realizó utilizando una prensa Hidráulica, la cual tiene una presión máxima de trabajo de 4,000 Lb/pulg².

Esta prensa Hidráulica es utilizada para trabajos de mecánica, pero, para emplearla en la extracción del Aceite se tuvo que acondicionarla utilizando para ello un cilindro alimentador y una placa fija donde se recogió el aceite a través de canales.

El peso de la muestra en cada ensayo fue de 300gr.

La temperatura obtenida durante el tratamiento térmico no se pudo mantener debido a que ambos equipos estaban distantes uno del otro. El aceite extraído se recogió en una probeta calibrada con el fin de calcular el rendimiento de extracción del aceite.

En la Figura 5, se observa el diagrama de flujo de extracción del Aceite de Sacha Inchic.

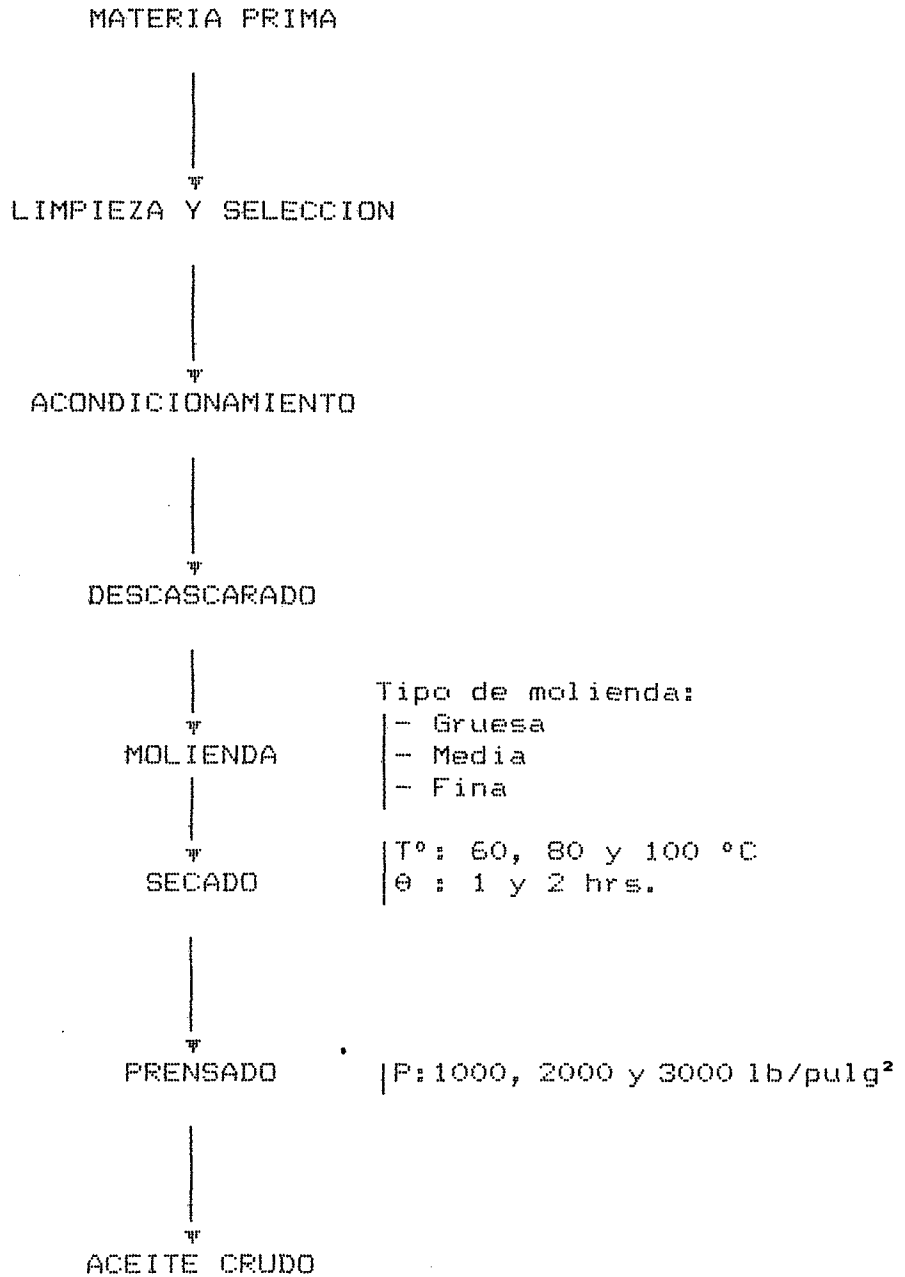
3.3.2. Ensayos del Proceso de Extracción del Aceite

En primer lugar se realizó los ensayos preliminares, con la finalidad de encontrar los parámetros más adecuados de Extracción.

Por cada Ensayo se realizó 4 repeticiones, con el fin de determinar un promedio de su rendimiento.

En todos los ensayos se utilizó 300gr. de muestra en forma de almendra molida, con una presión de 3,000Lb/pulg².

FIGURA 5: DIAGRAMA DE FLUJO DE EXTRACCION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)



Los Ensayos realizados son:

- Influencia del Tipo de Molienda en la extracción del Aceite.

Se ha considerado en el presente estudio tres tipos de molienda, que han sido denominadas: molienda gruesa, media y fina.

Las características de cada una de ellas han sido definidas mediante análisis granulométrico, para lo cual se utilizó 4 tamices de denominación ASTM, 10, 8, 4 Y 1/4 pulgadas.

Para la Extracción del aceite según el tipo de molienda, se trabajó con la muestra almacenada después del secado natural, cuya Humedad fué de 6.5%.

- Influencia de la Humedad en la Extracción del Aceite.

Para este ensayo se trabajó con una muestra de molienda fina, utilizando cuatro porcentajes de Humedades: 9, 6.5, 3 y 2 %.

La Humedad de 9 % se obtuvo de semillas con un tiempo corto de cosecha, sin haber sido secadas al sol.

La humedad del 6.5 % se obtuvo cuando se sometió a la semilla a un secado al sol por un tiempo de 48 horas aproximadamente.

La Humedad del 3 % se obtuvo sometiendo a la almendra molida a un secado en estufa a temperatura de 80°C por una hora.

La Humedad del 2 % se obtuvo sometiendo a la almendra molida a un secado en estufa a una temperatura de 100°C por una hora.

- Influencia de Tiempo de Secado en la Extracción del Aceite.

Para este ensayo se utilizó una muestra de Molienda fina, con una Humedad del 6.5 % y una temperatura de secado de 60°C, con dos tiempos diferentes de 1 y 2 horas respectivamente.

- Influencia de la Presión en la Extracción del Aceite.

Los ensayos anteriores se trabajó manteniendo la Presión constante.

En este ensayo se hizo variar la Presión, se tomó presiones promedios desde 1000, 2000 y 3000 Lb/pulg² respectivamente y la muestra utilizada fué la que obtuvo los mejores parámetros de extracción, es decir, molienda fina, secado de 60°C/1hr y Humedad del 6 %.

Seguidamente se realizó los ensayos finales utilizando los parámetros más adecuados de Extracción obtenidos en los Ensayos Preliminares como son: Molienda fina, Secado de 60°C/1hr, Humedad del 6 % y Presión de 3,000 Lb/pulg².

Finalmente, para los ensayos de extracción de aceite se aplicó un diseño completamente al azar (D.C.A.) por cada parámetro variado y para el análisis de significancia se aplicó la prueba de Tuckey.

3.4. Métodos de Control.

3.4.1. En la Materia Prima

3.4.1.1. Medidas Biométricas

- Diámetro y Peso

Se tomó muestras representativas de las semillas y se procedió a medir el diámetro con un micrómetro o pié de rey.

Lo mismo con la utilización de una balanza analítica, se procedió a obtener el peso promedio de la semillas.

- Determinación de las Partes del Fruto.

Se procedió a descascarar en primer lugar el fruto, seguidamente la semilla y pesar esto en forma separada, luego por diferencias de peso de la muestra total, se lleva a porcentaje cada una de las fracciones del fruto.

- Determinación de Impurezas y Semillas deterioradas.

El método consiste en muestrear al azar un lote de semillas y realizar una limpieza eliminando todas las impurezas que pudiera tener (hojas, palos, tierra, etc) y

también las semillas deterioradas, pesarlas y por diferencia de peso se calcula la cantidad de impurezas y semillas deterioradas, que luego son expresadas en porcentaje.

3.4.1.2. Análisis Proximal

- Determinación de Humedad.

Este Análisis se determinó por el método de la estufa, (A.O.C.S., 1989).

- Determinación de Grasa.

Este Análisis se determinó por el método de Soxhlet, (A.O.C.S., 1989).

- Determinación de Proteína Total.

Este Análisis se determinó por el método Microkjeldahl, (A.O.C.S., 1989).

- Determinación de Fibra.

Se determinó por el método de hidrólisis ácida y alcalina. (A.O.C.S., 1989).

- Determinación de Ceniza.

Este análisis se realizó por incineración de la muestra en una muflla. (A.O.C.S., 1989).

3.4.2. En el Aceite Crudo.

El Aceite crudo obtenido del prensado de la almendra de Sacha inchic, se sometió a Análisis Físico-Químico, Cromatográfico, Biológico y Sensorial.

La muestra utilizada para estos Análisis fué la que obtuvo el mayor rendimiento en el proceso de Extracción por prensado, es decir la muestra del ensayo final.

3.4.2.1. Análisis Físico-Químico

Se realizó los más importantes análisis físico-químicos, con la finalidad de caracterizar el aceite y determinar su calidad.

Para ello se trabajó con dos tipos de muestra :

La muestra 1, con cinco días de Extracción, envasado en envase de vidrio transparente y expuesto a medio ambiente.

La Muestra 2, almacenada por un tiempo de 30 días, en envase de vidrio transparente y expuesto a medio ambiente.

Los Análisis físico-químicos son:

- Índice de Acidez.

Se utilizó el método por titulación. (A.O.C.S., 1989).

- Índice de Iodo.

Se utilizó el método de Wij's. (A.O.C.S., 1989).

- Índice de Peróxido.

Se utilizó el método de Titulación. (A.O.C.S., 1989).

- Índice de Saponificación.

Se utilizó el método de titulación. (A.O.C.S., 1989).

- Índice de Refracción.

Se utilizó el método de Refractómetro Abbé. (A.O.C.S., 1989).

- Densidad.

Se utilizó el método de Picnómetro. (A.O.C.S., 1989).

- Humedad.

Se utilizó el método de destilación. (A.O.C.S., 1989).

- Punto de Humo.

Se sometió 50 ml. de aceite a sobrecalentamiento. En el momento que el aceite empezó a desprender un gas azul, se midió la temperatura alcanzada.

- Prueba de Resistencia al Frio.

La presente prueba sirve para medir la resistencia de la muestra a la cristalización. (ITINTEC, 1977).

Se colocó 125 ml. de aceite en una botella transparente con cierre hermético. Se introduce en la nevera de la refrigeradora a 0°C.

Periódicamente se observó si es que en el interior de la botella se ha formado alguna nubosidad (turbidez) que indica el final de la prueba. Se controló el tiempo en la que aparece la nubosidad.

- Viscosidad.

Se utilizó el método de flujo capilar. (A.O.C.S., 1989).

3.4.2.2. Determinación de Acidos Grasos.

Se utilizó el método de cromatografía de gases. (A.O.C.S., 1989).

La muestra utilizada para este análisis fué almacenada aproximadamente por 60 días, en envase de vidrio opaco herméticamente cerrado y a temperatura ambiente.

Esta determinación se realizó en la Universidad de Purdue - Estados Unidos.

3.4.2.3. Determinación de la Digestibilidad Aparente.

La muestra utilizada para este análisis, fue almacenada por 25 días, en envase de vidrio transparente herméticamente cerrado y a temperatura ambiente.

Se utilizó el método biológico, para ello los animales sujetos a experimento son ratas procedentes de Alemania de la raza Sprague Dawley Albino.

Estos animales que ingresaron al ensayo fueron machos recién destetados de 21 días de vida y con un peso promedio de 50-70 gr. Se consideraron 4 animales por cada ensayo,

haciendo un total de 16 animales. La sala de experimentación estuvo permanentemente a una T° de 23-25°C y con una HR DE 80 %.

El ensayo duró 15 días, teniendo tres periodos : Adaptación, preliminar y balance.

El período de adaptación, consistió en alimentar a los 16 animales con una dieta de crianza (dieta normal o habitual), por 5 días. La alimentación es libre, osea no se pesa la cantidad de alimento proporcionado.

El período preliminar, se dió previo ayuno de 5 hrs.; consistió en separar a los animales en cuatro grupos de cuatro animales cada uno, proporcionándolos la dieta, tal como sigue :

Caseína + 10 % aceite vegetal

Caseína + 15 % aceite vegetal

Caseína + 10 % aceite sacha inchic

Caseína + 15 % aceite sacha inchic

Este período duró también 5 días y se fué tomando datos del consumo de alimento.

Período de balance, se suministró previo ayuno de 5 hrs.; consistió en colocar a los animales en las jaulas metabólicas, las que tienen dispositivos especiales para recepcionar las heces sin mezclarse con la orina del animal.

Se recolectó las heces durante 5 días y se determinó su contenido de aceite por método químico, finalmente se realizó los cálculos:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{\text{Aceite ingerido} - \text{Aceite fecal}}{\text{Aceite ingerido}} \times 100$$

3.4.2.4. Análisis Sensorial

El aceite crudo obtenido del prensado, se sometió a una evaluación sensorial mediante un panel semientrenado, conformado por 10 panelistas. La escala adoptada para la calificación fue la siguiente:

Excelente	: 5
Muy bueno	: 4
Bueno	: 3
Regular	: 2
Malo	: 1

Se utilizó para la evaluación, cuatro muestras con diferentes tratamientos, las cuales detallamos:

- Tratamiento 1 -- Aceite almacenado por un mes en envase de vidrio opaco expuesto a la luz.
- Tratamiento 2 -- Aceite almacenado por un mes en envase de vidrio transparente, bajo oscuridad.

Tratamiento 3 -- Aceite almacenado por un mes en envase de vidrio transparente expuesto a la luz.

Tratamiento 4 -- Aceite con un día de extracción.

Para el análisis sensorial se aplicó un diseño en bloque completamente al azar (D.B.C.A) por cada atributo y para el análisis de significancia se aplicó la prueba de Tuckey.

3.4.3. En la torta

Después del prensado de las almendras, se efectuó un análisis proximal de la torta resultante, con el fin de determinar fundamentalmente el contenido de aceite residual.

La muestra utilizada fué aquella que obtuvo el mayor rendimiento de extracción de aceite en los diferentes tratamientos realizados.

Además se determinó la digestibilidad de la proteína de la Harina de Sacha Inchic.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de la Materia Prima

4.1.1. Procedencia

Los frutos y semillas de Sacha inchic fueron obtenidas de la zona del Alto Mayo específicamente del Distrito de Shanao. Las semillas fueron secadas al sol y luego almacenadas en sacos.

Todavía no existe un estudio sobre variedades de esta semilla, por esta razón se trabajó con una muestra según procedencia.

4.1.2. Medidas Biométricas

En el Cuadro 11, se observa los resultados de las medidas biométricas del fruto de Sacha inchic.

CUADRO 11: CARACTERISTICAS Y MEDIDAS BIOMETRICAS DE LAS PARTES DEL FRUTO Y SEMILLA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Características y Componentes	Cantidades
Corteza del fruto	48.00%
Semilla	52.00%
Cáscara	34.00%
Almendra	66.00%
Diámetro de semilla (Unidad)	1.82 cm.
Peso de semilla (Unidad)	1.10 gr.
Impurezas	0.50%
Semillas deterioradas	2.00%

Como podemos observar en Cuadro 11, el fruto de Sacha inchic está constituido por la corteza o cáscara primaria en un 48% y la semilla en una proporción de 52%. Las semillas según la procedencia o ecotipo varían de 4 a 6 por fruto.

La cáscara secundaria y la almendra, representan el 34 y 66% de la semilla respectivamente, pero expresándolo en función al fruto, la cáscara representa el 17.68% y la almendra el 34.32% por lo tanto entre corteza y cáscara hacen una proporción de 65.68%.

Con este resultado, podemos comparar al Sacha inchic con semillas como el murmura que tiene el 60% de corteza, con el tucum con un 70% y con el fruto de palma con un 75% (Bailey, 1961).

En cuanto al contenido de impurezas y semillas deterioradas los valores encontrados se pueden considerar dentro de los rangos aceptables, ya que por ejemplo la buena calidad de las semillas de ajonjolí se dan en rangos de 2% de impurezas y 5% de semillas deterioradas (Camarena, 1981) y de semillas de aguaje en los rangos de 1.3 y 1.2% de impurezas y semillas deterioradas respectivamente (Moreno, 1988).

Cabe indicar que estos valores dependerán de una serie de factores como: tiempo de almacenamiento, época de cosecha, ataques de plagas, etc. (Jamieson, 1974).

4.1.3. Análisis Proximal

En el Cuadro 12, se observa los resultados del análisis proximal efectuado en la almendra de Sacha inchic.

CUADRO 12: ANALISIS PROXIMAL DE LA ALMENDRA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Componentes	Contenido (%)
Humedad	6.50
Grasa	51.59
Proteína	26.70
Ceniza	2.60
Fibra	3.44
Carbohidrato	9.17

En los resultados del Cuadro 12, se aprecia que el Sacha inchic contiene un elevado porcentaje de aceite y proteína, similar o superior a diferentes productos oleaginosos de mayor cultivo en el país.

Su composición química en general se aproxima bastante a la composición del maní y del girasol, como se puede observar en el Anexo 1 (Camarena, 1981).

Los valores encontrados en el presente trabajo respecto al contenido de aceite y proteína, están dentro de los valores reportados en los Cuadros 4, 5 y 6 (Hamaker, 1990 y 1992), lo que asegura la confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.2. Ensayos del Proceso de Extracción del Aceite

4.2.1. Ensayos Preliminares

4.2.1.1. Influencia del Tipo de Molienda en la Extracción del Aceite

En el Cuadro 13, se observa los diferentes tamaños de partícula de la almendra de Sacha inchic, obtenida en la molienda.

CUADRO 13: TAMAÑO DE PARTICULA DE ALMENDRA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) OBTENIDA EN LA MOLIENDA

Tipo de Molienda	Nº de Malla (denominación ASTM)		Diámetro de malla (mm)		Diámetro Promedio (mm)
	Atravieza	Retenida	Atravieza	Retenida	
Gruesa	1/4"	4	6.35	4.76	5.555
Media	4	8	4.76	2.38	3.570
Fina	8	10	2.38	2.00	2.190

Del Cuadro 13, podemos comentar que los tres tamaños de partículas empleadas para la extracción del aceite, se tomó en función a obtener tamaños intermedios, es decir ni partículas tan grandes ni muy pequeñas, ya que a ambos extremos se obtienen menores rendimientos de extracción con el método de prensado hidráulico (Colom, 1945).

En el caso de partículas de tamaño menor a 2.19 mm. no se consideró para la extracción, ya que a partículas muy finas la pérdida de muestra durante el prensado hidráulico es considerable, influyendo negativamente en el rendimiento de extracción.

En el Cuadro 14, se observa los resultados de la extracción del aceite según tipo de molienda.

CUADRO 14: PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia Volubilis L.) EN FUNCION AL TIPO DE MOLIENDA

Nº de Observaciones	Tipo de Molienda		
	Gruesa	Media	Fina
1	27.91	35.66	36.59
2	31.01	35.66	36.59
3	30.39	35.35	36.28
4	31.01	36.28	36.90
Promedio	30.08	35.74	36.59

De los resultados obtenidos según el Cuadro 14, se observa que el tipo de molienda más adecuada es la molienda fina que posee tamaños de partículas de 2.19 mm., por ser las que obtuvo el mayor porcentaje de extracción de aceite, con esto se demuestra que la trituración de las semillas rompen grandes cantidades de células oleaginosas, permitiendo la extracción de mayores fracciones de aceite (Bailey, 1961).

Se puede apreciar que las partículas de la molienda media y fina, tienen un porcentaje de extracción similar, siendo la diferencia solamente de 0.85% entre los dos. No ocurriendo esto con las partículas gruesas que tienen una diferencia de 6.51% respecto a las anteriores, significando esto que a partículas más gruesas los rendimientos de extracción disminuyen, tal como se observa en la Figura 6.

4.2.1.2. Influencia de la Humedad en la Extracción del Aceite.

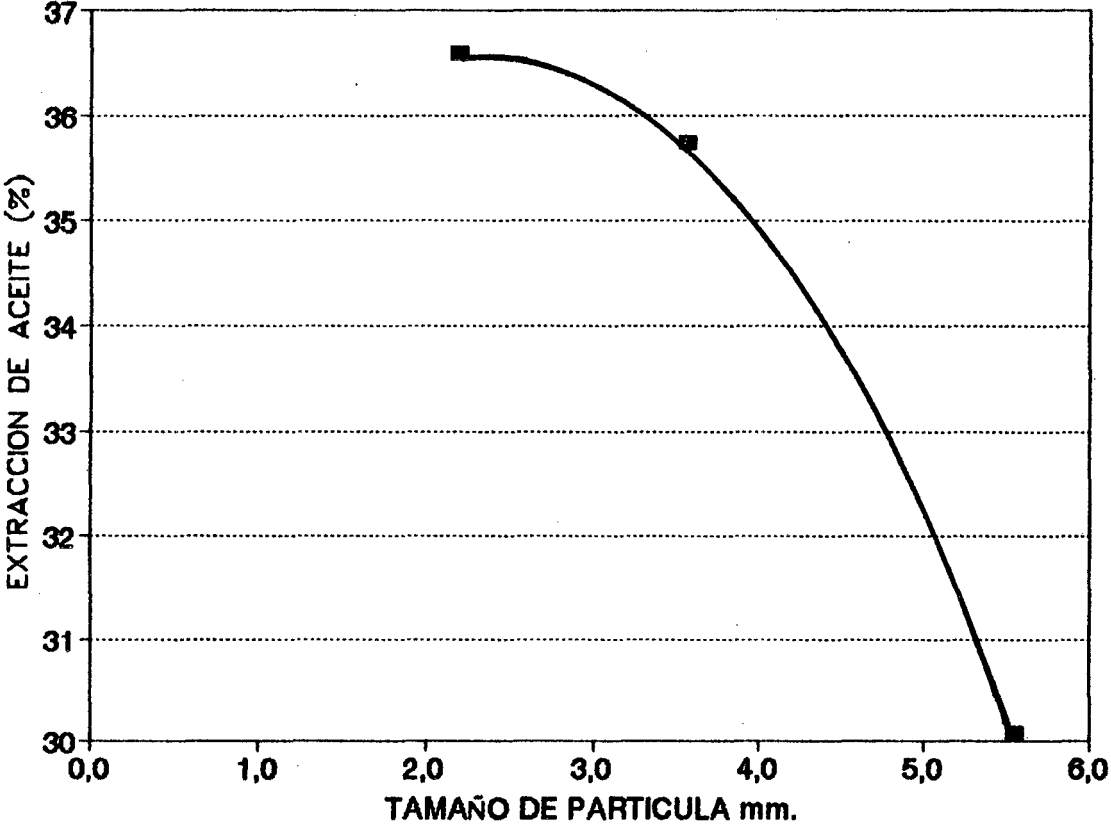
Los resultados se observan en el Cuadro 15.

CUADRO 15: PORCENTAJE DE EXTRACION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.) EN FUNCION AL CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº de Observaciones	Humedad (%)		
	9.0	6.5	3.0
1	34.73	36.59	34.11
2	33.42	36.59	33.49
3	35.04	36.28	34.42
4	34.78	36.90	33.49
Promedio	34.73	36.59	33.88

De los resultados del Cuadro 15, podemos observar que el mayor porcentaje de extracción de aceite se logró con la humedad de 6.5%, significando que ésta es la humedad óptima promedio de extracción del aceite de sachá inchic.

FIGURA 6: GRAFICA DEL PORCENTAJE DE EXTRACCION EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULA



La humedad óptima de las semillas varían ampliamente según las distintas clases de éstas y el método de prensado que se emplee, así por ejemplo, la humedad recomendable para las habas de soya es de 2-3%, para el algodón de 5-8%, para las semillas de uva de 10% y semillas de girasol de 11.5% (Bailey, 1961; Núñez, 1982).

Con la humedad de 9% se obtuvo porcentajes de extracción un poco menor a la anterior, pero la pérdida de muestra por los orificios del cilindro fué considerable.

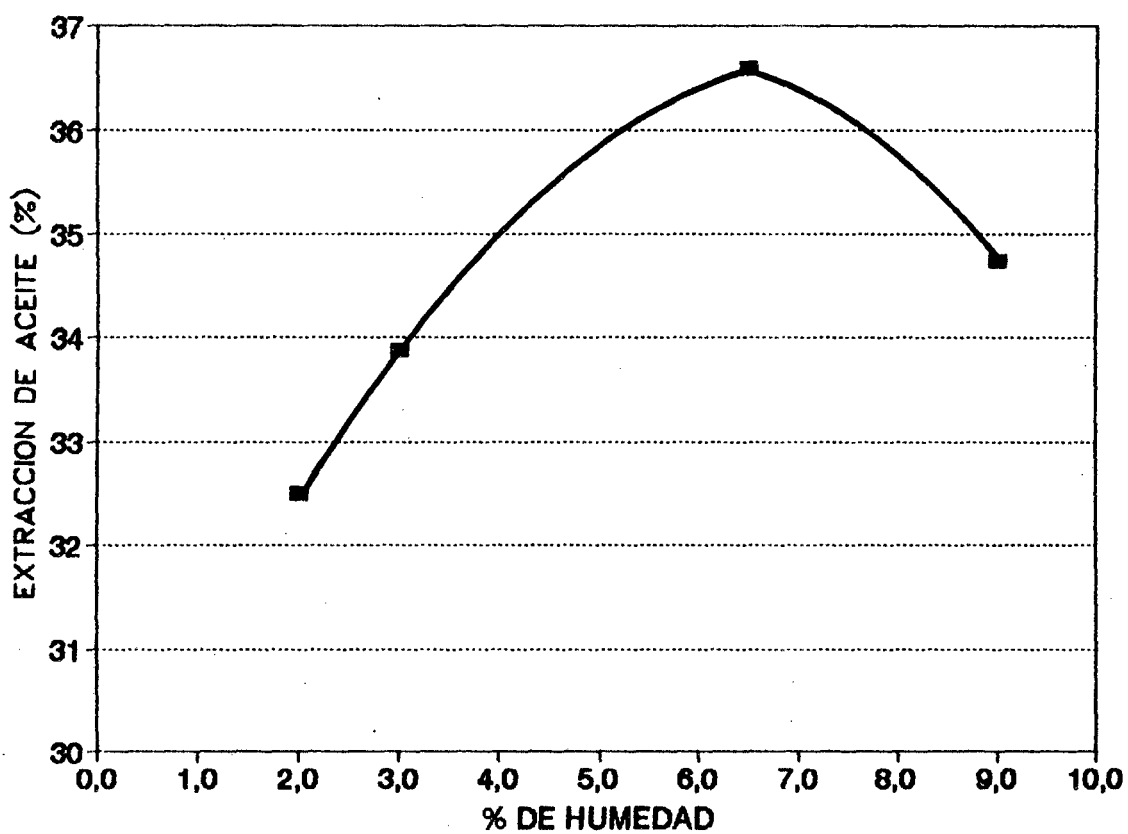
La disminución del porcentaje de extracción puede darse debido que el agua presente en mayor proporción puede encontrarse en estado de "Unión" a la superficie de la semilla dificultando el drenaje del aceite (Bailey, 1961)

Con la humedad del 3% se obtuvo el menor porcentaje de extracción, esto se debe que a humedades inferiores al 5% no hay plasticidad en la torta y ésta se deforma fácilmente lo que repercute negativamente en el rendimiento del aceite (Universidad de Lima, 1986).

Si bien es cierto el porcentaje de extracción de aceite disminuye a humedad de 3%, pero se logra un prensado rápido y fácil, sin pérdida de muestra y se obtiene un aceite libre de impurezas y bien fluido.

En la Figura 7, se observa la tendencia de los resultados promedios del Cuadro 15.

FIGURA 7: GRAFICA DEL PORCENTAJE DE EXTRACCION EN FUNCION AL CONTENIDO DE HUMEDAD



4.2.1.3. Influencia del Tiempo de Secado en la Extracción del Aceite.

Los resultados se observan en el Cuadro 16.

CUADRO 16: PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) EN FUNCION AL TIEMPO DE SECADO.

Nº De Observaciones	Tiempo de Secado (hr)	
	1	2
1	37.21	37.21
2	36.84	36.65
3	37.21	36.28
4	36.84	36.84
Promedio	37.03	36.75

En primer lugar cabe indicar que, con el secado de 60°C por una hora se obtuvo una muestra con una humedad de 6% y con el secado por dos horas, la humedad alcanzada fué de 5.8%.

Del Cuadro 16, se puede mencionar que los porcentajes de extracción de aceite obtenido utilizando dos tiempos diferentes, son muy parecidos, ya que para el tiempo de una hora, es superior respecto al otro en sólo 0,28%. En ambos ensayos no existe pérdidas significativas de muestra, además de esto, en el ensayo de 60°C por dos horas la extracción se hace más fácil, ya que la mayor parte del aceite se obtiene a 1,000 lb/pulg² de presión.

Comparando con los ensayos anteriores, podemos mencionar que con éste último tratamiento se logró el mayor porcentaje de extracción del aceite y con ello se comprueba que el calentamiento origina la coagulación de las proteínas agrupando el aceite disperso y facilitando la extracción. (Bailey, 1961).

La utilización de la temperatura de 60°C, se realizó en vista que en los ensayos de influencia de la humedad en la extracción se trabajó con temperaturas mayores es decir de 80 y 100°C obteniéndose bajos rendimientos de extracción.

Además con la temperatura de 60°C se logra mantener la estabilidad del anti-oxidante natural (Tocoferol), ya que ésta es bastante estable al calor inclusive a temperaturas mayores (Espasa - Calpe, 1979), también se logra impedir la desnaturalización de la proteína (Cheftel, 1976), así como ésta temperatura nos permite destruir sistemas de enzimas prooxidantes que aceleran la reacción de oxidación perjudicando la calidad del aceite (Jamieson, 1974).

4.2.1.4. Influencia de la Presión en la Extracción del Aceite.

Los resultados se observan en el Cuadro 17.

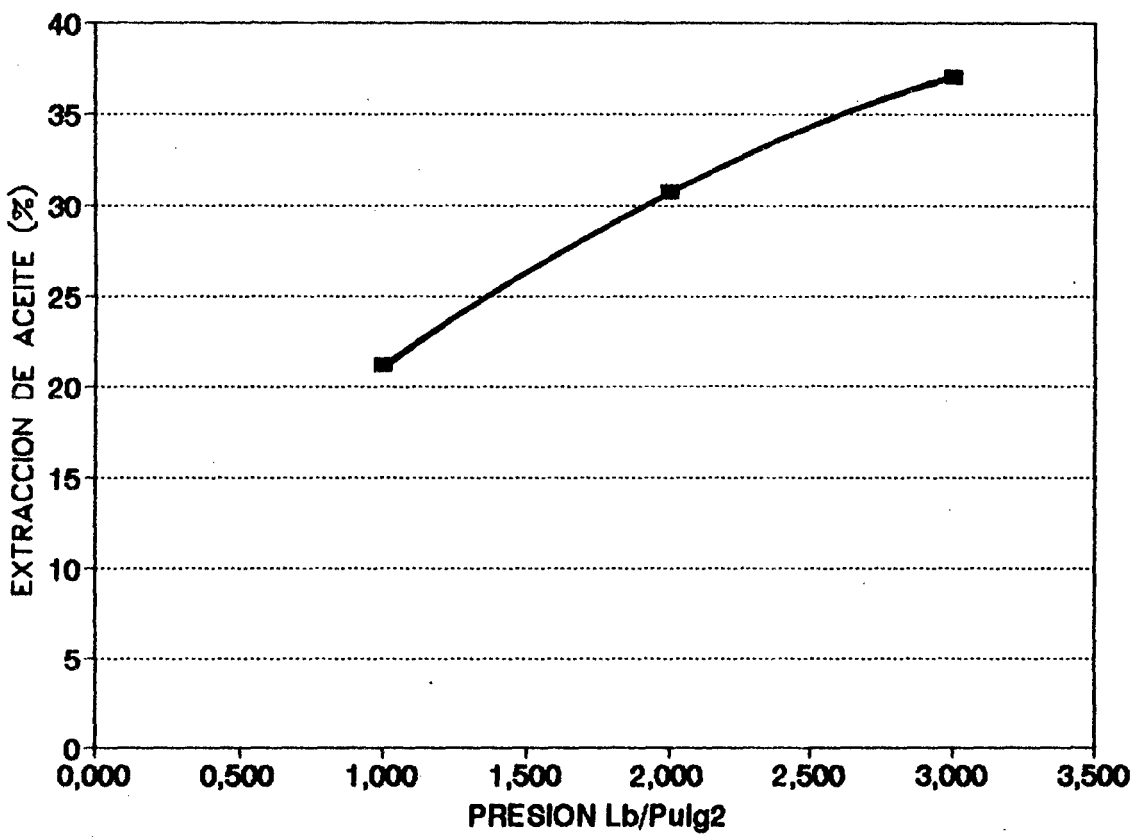
CUADRO 17: PORCENTAJE DE EXTRACCION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) A DIFERENTES PRESIONES.

Nº de Observaciones	Presión (Lb/pulg ²)		
	Hasta 1,000	Hasta 2,000	Hasta 3,000
1	20.47	29.77	37.21
2	22.33	30.70	36.84
3	20.47	30.70	36.65
4	21.40	31.63	37.21
Promedio	21.17	30.70	37.00

Este ensayo se realizó con la finalidad de conocer el porcentaje de extracción que se puede obtener a una presión determinada con un tipo de prensa hidráulica.

Del Cuadro 17, podemos comentar que a 1,000 lb/pulg² de presión se extrae más de la mitad del aceite total lo que representa el 57.22%. Si incrementamos la presión a 2,000 lb/pulg² se obtiene un rendimiento adicional de extracción de 25.76% y finalmente el sobrante de aceite que representa el 17% se obtiene a 3,000 lb/pulg² de presión. En la Figura 8, se observa la tendencia de los resultados promedios del Cuadro 17.

FIGURA 8: GRAFICA DEL PORCENTAJE DE EXTRACCION EN FUNCION A LA PRESION



En el Cuadro 18, se observa los resultados del análisis de varianza de los ensayos de extracción, en función al tipo de molienda, humedad, secado y presión.

En los Cuadros 19, 20 y 21, se observa los resultados de la Prueba de Tuckey, para los análisis de varianza con resultados significativos.

CUADRO 18: ANVA DE LOS ENSAYOS DE EXTRACCION DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) EN FUNCION A DIFERENTES PARAMETROS

PARAMETROSde EXTRACCION	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft (0.05)	Sig.
Tipo de Molienda	Media	1					
	Tratamiento	2	100.5	50.08	63.39	5.71	S.
	Error	9	7.19	0.79			
Humedad	Media	1					
	Tratamiento	2	15.36	7.68	69.81	5.71	S.
	Error	9	1.03	0.11			
Secado	Media	1					
	Tratamiento	1	0.16	0.16	1.61	8.81	N.S.
	Error	6	0.59	0.09			
Presión	Media	1					
	Tratamiento	2	506.97	253.49	528.00	5.71	S.
	Error	9	4.34	0.48			

Del Cuadro 18, podemos observar que se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a los parámetros: Tipo de molienda, Humedad y Presión.

CUADRO 19: PRUEBA DE TUCKEY DE LA EXTRACCION DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) EN FUNCION AL TIPO DE MOLIENDA

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS ORDENADOS	PRUEBA DE TUCKEY	
		COMPARACIONES DE TRATAMIENTOS	SIGNIFICANCIA
T ₃	36.59	T ₁ - T ₂	*
T ₂	35.74	T ₁ - T ₃	*
T ₁	30.08	T ₂ - T ₃	N.S.

T₁: Molienda gruesa, T₂: Molienda media, T₃: Molienda fina.

CUADRO 20: PRUEBA DE TUCKEY DE LA EXTRACCION DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) EN FUNCION AL CONTENIDO DE HUMEDAD

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS ORDENADOS	PRUEBA DE TUCKEY	
		COMPARACIONES DE TRATAMIENTOS	SIGNIFICANCIA
T ₂	36.59	T ₁ - T ₂	*
T ₁	34.74	T ₁ - T ₃	*
T ₃	33.88	T ₂ - T ₃	*

T₁: Humedad de 9%; T₂: Humedad de 6.5%, T₃: Humedad de 3%.

CUADRO 21: PRUEBA DE TUCKEY DE LA EXTRACCION DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) A DIFERENTES PRESIONES

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS ORDENADOS	PRUEBA DE TUCKEY	
		COMPARACIONES DE TRATAMIENTOS	SIGNIFICANCIA
T ₃	36.98	T ₁ - T ₂	*
T ₂	30.70	T ₁ - T ₃	*
T ₁	21.17	T ₂ - T ₃	*

T₁: P=1000 Lb/pulg²; T₂: P=2000 Lb/pulg²; T₃: P=3000 Lb/pulg²

En el Cuadro 19, podemos constatar que la diferencia significativa es con respecto a T₁, que corresponde a la molienda gruesa, significando que con este tipo de molienda, se obtuvo el porcentaje más bajo de extracción.

En el Cuadro 20, podemos observar que la diferencia significativa se da entre todos los tratamientos, quiere decir que a diferentes porcentajes de humedades, la extracción de aceite varía significativamente.

En el Cuadro 21, también observamos que la diferencia significativa se da entre todos los tratamientos, significando esto que a diferentes presiones aplicadas la extracción de aceite varía significativamente.

4.2.2. Ensayos finales

Los resultados se expresan en volumen, peso y porcentaje, según se observa en el Cuadro 22.

CUADRO 22: RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN POR PRENSADO DE ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.).

Nº de Observaciones	Rendimiento de extracción		
	(ml)	(gr)	(%)
1	120.00	111.64	37.21
2	120.00	111.64	37.21
3	120.00	111.64	37.21
4	119.80	111.45	37.15
Promedio	119.95	111.59	37.20

Los resultados nos indican, que el porcentaje promedio neto de extracción de aceite fué de 37.20%.

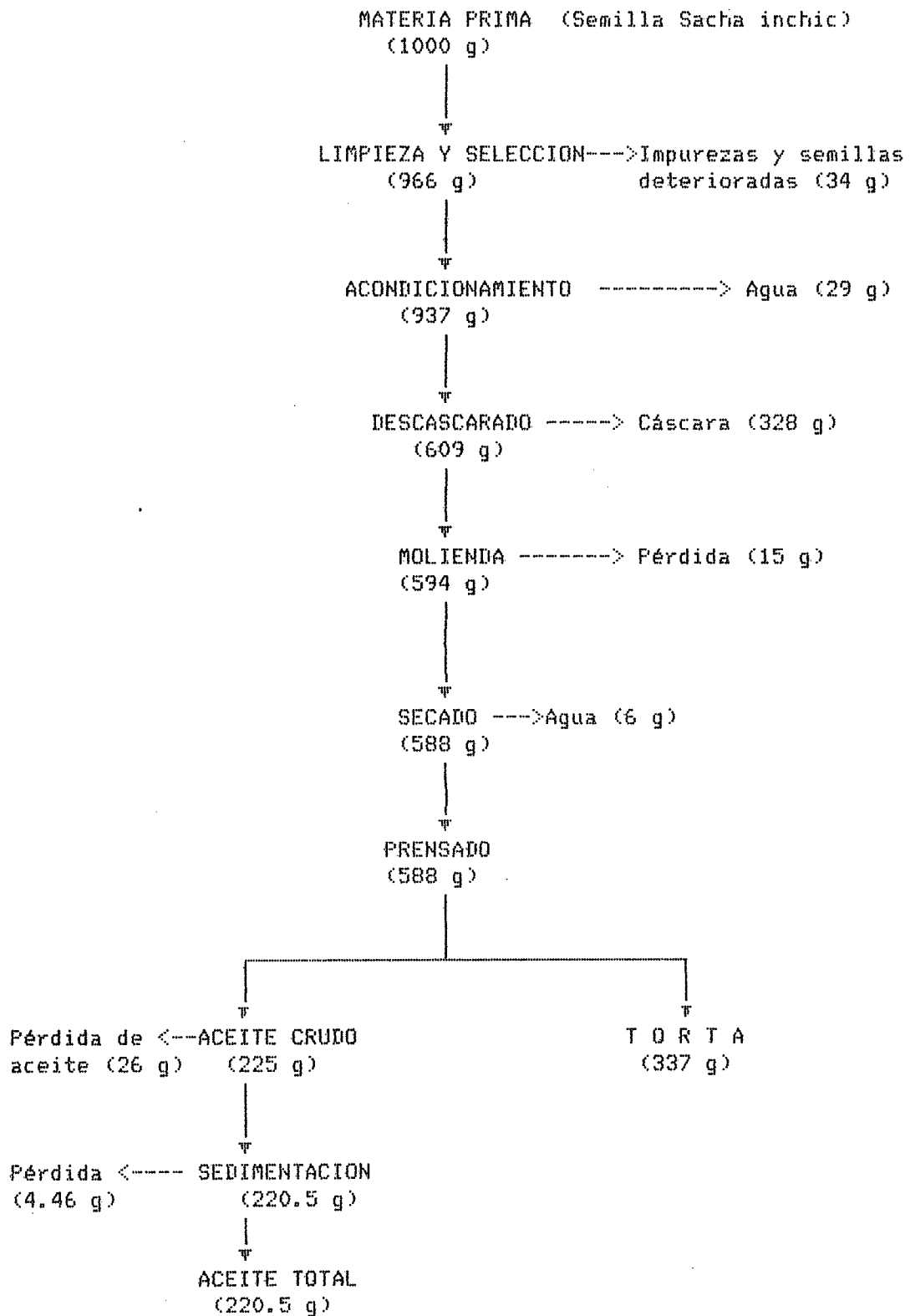
Es decir que de 300 gr. de muestra que ingresan al prensado se obtienen 112 gr. de aceite que en volumen significa 120 ml.

Con esto podemos concluir que para lograr el máximo porcentaje de extracción del aceite de Sacha inchic por el método de prensado hidráulico, se utilizó una muestra con molienda fina, humedad del 6%, secado de 60°C por una hora y una presión de 3,000 lb/pulg².

4.2.3. Balance de Materia

En la Figura 9, se observa el Diagrama de Flujo cuantitativo del Proceso de Extracción del Aceite de Sacha inchic.

FIGURA 9: DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.)



En el Cuadro 23, se observa el Balance de Materia durante el procesamiento de extracción de aceite de Sacha inchic.

CUADRO 23: BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Operaciones	Gramos de Materia			Rendimiento (%)
	Prima que:			
	Entran	Salen	Siguen	
Materia Prima	1,000	1,000	1,000	100.0
Limpieza y Selec.	1,000	34	966	96.6
Acondicionamiento	966	29	937	93.7
Descascarado	937	328	609	60.9
Molienda	609	15	594	59.4
Secado	594	6	588	58.8
Prensado	588	363	225	22.5
Sedimentado	225	4.46	220.5	22.05

De la Figura 9 y el Cuadro 23, se puede comentar lo siguiente:

El rendimiento del proceso de extracción de aceite y obtención de la torta fue de 22 y 33% respectivamente. Esto significa que de 1,000 gr. de semilla que ingresó al proceso, se obtuvo 220 gr. de aceite sedimentado y 337 gr. de torta, con un contenido de aceite residual de 54 gr. que corresponde al 16% de su peso.

Este resultado está dentro del Estándar de rendimiento de extracción de aceite para los productos oleaginosos más comunes de la Región, tales como: coco, con un 28%; algodón, con 19% y palma con 23% (Coronado, 1991; Luna, 1991).

Así mismo cabe mencionar que se logró una eficiencia de prensado de 74%, considerando la cantidad total de aceite que contiene la muestra que es de 305.0 g. aproximadamente, el resto de aceite se pierde en la propia operación que es de 9% y en la torta un 16%. A efectos de comparación, en extracciones mecánicas con prensas de tipo continuo se logra eficiencias de 90-96% con un aceite residual en torta de 4-5% (Bailey, 1961).

La muestra de aceite crudo obtenido se almacenó por espacio de 30 días, pudiéndose observar al final del mismo una cantidad de sedimento que representa impurezas precipitadas en una cantidad de 4.46 g. equivalente al 2% del aceite crudo.

Los parámetros utilizados en las operaciones de proceso, son los mismos del ensayo final.

4.3. Análisis en el Aceite Crudo

4.3.1. Análisis Físico - Químico

Los resultados se observan en el Cuadro 24

CUADRO 24: CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS DEL ACEITE CRUDO DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Características	Contenido	
	Muestra 1	Muestra 2
Indice de Acidez % (oleico)	1.75	1.67
Indice de Iodo	165.00	158.00
Indice de Peróxido (Meq/Kg)	0.00	7.50
Indice de Saponificación	171.89	107.91
Indice de Refraccion - 40°C	1.4781	1.4781
Densidad - 20°C (g/ml)	0.9303	0.9295
Humedad y Materia Volátil (%)	0.04	0.04
Viscosidad (Cp)	40.00	38.00
Cold - test (min)	--	20.00
Punto de Humo (°C)	170.00	175.00

M₁ : Muestra sin almacenar (fresca)

M₂ : Muestra almacenada por 30 días.

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION, ALIMENTACION Y CONTROL DE CALIDAD, 1994.

De estos resultados podemos comentar lo siguiente:

- La acidez de 1.67% expresado como ácido oleico, está considerado dentro del rango permisible para ser industrializado. Un aceite crudo con índice de acidez mayor al 5% representan mayores gastos en la refinación. (Bailey, 1961).

- El índice de Iodo encontrado fue de 158, valor que es inferior al índice de Iodo reportado en el Cuadro 1 (Hazen, 1980).

Este valor bajo de índice de Iodo encontrado, considerando su alta insaturación, se deberá a que no todos los ácidos grasos insaturados tienen la misma reactividad frente al halógeno. Cuando los dobles enlaces están conjugados reaccionan más lentamente que cuando no lo están y por lo tanto en este caso el índice de Iodo no representa el verdadero grado de insaturación del aceite (Bailey, 1961).

- El índice de peróxido encontrado en la muestra almacenada fue de 7.50 Meq/Kg., valor que está dentro del rango aceptable, ya que el nivel recomendado para el consumo humano es de 1 - 20 Meq/Kg (ITINTEC, 1977).

- El índice de saponificación fue de 108, valor que se aproxima al índice de saponificación del aceite de algodón que está en el rango de 106-198, pero bajo, si comparamos con los aceites de maní, girasol, palma y linaza que es de 195, 194, 205 y 189 respectivamente (Bailey, 1961).

La importancia de esta determinación reside en la relación existente con la longitud de la cadena de los ácidos grasos, por lo tanto nos dará también una relación con el punto de fusión, ya que al aumentar la longitud de la cadena aumenta el punto de fusión (Bailey, 1961).

Además esta relacionado con la capacidad de un aceite para formar jabones, es decir a mayor índice de saponificación mayor producción de jabón (Bailey, 1961), significando que el Sacha inchic por tener menor índice de saponificación no es un aceite muy recomendable para elaboración de jabones.

- El índice de refracción encontrado de 1.4781 es comparable con el índice de refracción del aceite de linaza que es de 1.4784 (Bailey, 1961). El índice de refracción de un aceite aumenta con la longitud de la cadena hidrocarbonada y con el grado de insaturación (Bailey, 1961), y por lo tanto como el aceite de Sacha inchic es bastante insaturado y tiene ácidos grasos de cadena larga en mayor proporción, entonces el índice de refracción es más elevado.

El resultado encontrado está dentro del rango óptimo para ser un aceite comestible según se observa en el Anexo 2 (FAO/OMS, 1986), ya que los índices de refracción anormalmente elevados se dan en aceites parcialmente oxidados o polimerizados (Bailey, 1961).

- La densidad de 0.9295 g/ml. encontrado a 20°C, es comparable con las densidades del aceite de linaza y soya que es de 0.9360 y 0.9210 g/ml. respectivamente.

La densidad se eleva con el aumento del grado de insaturación, de allí que los aceites menos insaturados tienen densidades más bajas (Bailey, 1961).

- La humedad del aceite crudo obtenido es de 0.04%, lo cual le sitúa dentro del estándar recomendado para aceites comestibles que es del 1% (ITINTEC, 1967).

A mayor porcentaje de humedad se produce con mayor facilidad la reacción de hidrólisis con la consiguiente formación de ácidos grasos libres que perjudican la estabilidad del aceite (Bailey, 1961).

- La viscosidad encontrada fue de 38 Cp., un poco inferior al aceite crudo de maní que es de 40 Cp. (Bailey, 1961), superando a los aceites refinados de algodón, soya, girasol y linaza, que es de 36, 29, 33, 29 Cp. respectivamente (Fennema, 1982; Muller, 1977).

La viscosidad de los aceites disminuye ligeramente con un aumento de su grado de insaturación, de allí que el aceite de Sacha inchi que es más insaturado que el de maní tiene menor viscosidad que éste.

- La prueba de resistencia al frío o Cold-test, fue de 20 min., la cual no satisface las normas que indican 5 horas a 0°C (ITINTEC, 1977).

- El punto de humo encontrado fue de 175°C, el mismo que depende de su contenido en ácidos grasos libres. El resultado obtenido es comparable con el punto de humo del aceite crudo de maní que es de 150°C, con una acidez de 4% (Bailey, 1961), y como el Sacha inchi posee una menor acidez entonces el punto de humo se incrementa.

Comparando los resultados obtenidos entre la Muestra 1 y la Muestra 2, podemos constatar que las características que han tenido gran variabilidad en sus resultados son: el índice de Iodo, el índice de peróxido, el índice de saponificación y minimamente el índice de acidez.

- En cuanto a la acidez, esta disminuyó en la muestra almacenada, cuando lo más común es que la acidez se incremente o se mantenga, como se da en el caso de la acidez del aceite crudo de algodón que su valor no aumentó durante 5 meses de almacenamiento (Bailey, 1961).

Este fenómeno dado en el aceite de Sacha inchi, puede darse debido a que la relación de hidrólisis que es la causa de la formación de ácidos grasos libres, es considerada una reacción reversible (Bailey, 1961).

- En cuanto al índice de Iodo, también disminuyó en la muestra almacenada, esto se debe al proceso de oxidación que sufre el aceite con la consiguiente disminución de los ácidos grasos insaturados (Colom, 1945).

- En cuanto al índice de peróxido, que es el valor que nos dá el grado de oxidación de un aceite, notamos que en la muestra fresca, no existe todavía la presencia de peróxidos, esto puede darse debido a que durante las fases iniciales de la reacción, materias o sustancias presentes en la grasa en cantidades diminutas como son los antioxidantes naturales (Tocoferol) compiten con ésta última para apoderarse del oxígeno disponible y de este modo impedir que el aceite incremente su índice de peróxido (Jamieson, 1974).

En la muestra almacenada el índice de peróxido se incrementó en 7.5 Meq/Kg. como sabemos la primera fase de oxidación de un aceite se llama período de "inducción", que es un proceso de oxidación lento, en el cual el valor del peróxido fluctúa alrededor de 7.0 Meq/Kg. (Mehlembacher, 1970).

Lo que nos lleva a afirmar que a los 30 días de almacenamiento, el aceite de Sacha inchi se encuentra finalizando su primera fase de oxidación, lo cual nos indica una buena estabilidad.

- En cuanto al índice de saponificación, se aprecia una disminución notable en la muestra almacenada, esto puede darse debido al proceso de oxidación que sufre el aceite, disminuyendo la materia grasa saponificable.

4.3.2. Determinación de Acidos Grasos

Los resultados se observan en el Cuadro 25.

CUADRO 25: PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE CRUDO DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.)

ACIDOS GRASOS	% SATURADOS	% DE INSATURADOS			TOTAL
		Monoenos	Dienos	Trienos	
Palmitico	3.60				3.60
Esteárico	2.86				2.86
Oleico		8.54			8.54
Linoleico			32.46		32.46
Linolénico				52.34	52.34
TOTAL	6.46	8.54	32.46	52.34	99.80

FUENTE: WATKINS, 1994.

Como podemos apreciar en el Cuadro 25, la composición de los ácidos grasos del aceite, contiene un notable predominio de ácidos grasos insaturados que es de 93.34 % con respecto a los ácidos grasos saturados que es de 6.46%.

Entre los insaturados, el mayor representado es el linolénico con 52.34%, que es el principal componente en aceites de uso industrial como el de linaza y perilla (Bailey, 1961).

A continuación se ubica el ácido linoléico con 32.46%, y oléico con 8.5% que son los más ampliamente distribuidos entre los aceites tanto animal como vegetal (Bailey, 1961).

Estos resultados obtenidos se aproximan a los reportados en el Cuadro 6 (Hamaker, 1992).

Su alto contenido de ácidos grasos insaturados y fundamentalmente el linolénico, hace que el aceite sea muy sensible a la oxidación y por lo tanto a variaciones en el sabor y olor, resultando un aceite más recomendable para uso industrial, pero sometiendo a un proceso de refinación se puede lograr la estabilidad del aceite y de esta forma darle uso comestible (Bailey, 1961).

4.3.3. Digestibilidad Aparente del Aceite

Los resultados se observan en el Cuadro 26.

CUADRO 26: ~~D~~IGESTIBILIDAD APARENTE DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Dieta Experimental	Valor Absoluto Digestibilidad (%)
Caseína + 10% de Aceite vegetal, comercial.	88.0
Caseína + 10% de Aceite Sacha inchic.	93.7
Caseína + 15% de Aceite vegetal, comercial.	91.6
Caseína + 15% de Aceite Sacha inchic.	96.4

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION, ALIMENTACION Y CONTROL DE CALIDAD, 1994.

La digestibilidad, es un análisis que se realiza con la finalidad de comprobar la capacidad del organismo para absorber un determinado alimento. En ese sentido es una medida de la calidad biológica de un producto alimenticio, como en este caso del aceite.

Según el Cuadro 26, los resultados muestran que el aceite de Sacha inchic, tiene una buena digestibilidad.

Si comparamos con la digestibilidad del aceite vegetal comercial, que sirvió como muestra testigo en este análisis, nos podemos dar cuenta que el aceite de Sacha inchic, tiene una digestibilidad más alta, a pesar de ser un aceite crudo.

Este resultado nos puede dar un indicador de la buena calidad del aceite y así mismo la no presencia de sustancias tóxicas producidas ya sea por oxidación del aceite o por sustancias extrañas, ya que la digestibilidad se ve afectada por la presencia de factores antifisiológicos en un determinado alimento (FAO/OMS, 1989).

4.3.4. Análisis Sensorial - Prueba de Aceptabilidad

En los Cuadros 27 y 28, se observan los resultados del análisis de varianza y la prueba de Tuckey.

CUADRO 27: ANVA DEL ANALISIS SENSORIAL DEL ACEITE CRUDO DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

ATRIBUTO	F.V.	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft (0.05)	Sig.
Color	Tratamiento	3	27.27	9.09	17.48	3.66	S.
	Bloques	9	3.12	0.35	0.67		
	Error	27	13.98	0.52			
Aroma	Tratamiento	3	2.6	0.87	1.81	3.66	N.S.
	Bloques	9	10.5	1.17	2.44		
	Error	27	12.9	0.48			
Sabor	Tratamiento	3	1.1	0.37	0.44	3.66	N.S.
	Bloques	9	1.05	0.12	0.14		
	Error	27	22.65	0.84			
Viscosidad o Consistencia	Tratamiento	3	1.1	0.37	0.47	3.66	N.S.
	Bloques	9	5.75	0.64	0.82		
	Error	27	21.12	0.78			
Apariencia General	Tratamiento	3	20.5	6.83	7.94	3.66	S.
	Bloques	9	9.05	1.00	1.16		
	Error	27	23.25	0.86			

CUADRO 28: PRUEBA DE TUCKEY DEL ANALISIS SENSORIAL DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

ATRIBUTO	TRATAMIENTO	PROMEDIOS ORDENADOS	PRUEBA DE TUCKEY	
			COMPARACION DE TRATAMIENTOS	SIG.
COLOR	T ₂	3.7	T ₁ - T ₂	N.S.
	T ₁	3.6	T ₁ - T ₃	N.S.
	T ₃	3.5	T ₁ - T ₄	*
	T ₄	1.7	T ₂ - T ₃	N.S.
			T ₂ - T ₄	*
			T ₃ - T ₄	*
APARIEN- CIA GENERAL	T ₂	3.9	T ₁ - T ₂	N.S.
	T ₁	3.7	T ₁ - T ₃	N.S.
	T ₃	3.6	T ₁ - T ₄	*
	T ₄	2.1	T ₂ - T ₃	N.S.
			T ₂ - T ₄	*
			T ₃ - T ₄	*

Del Cuadro 27, podemos observar que se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a los atributos color y apariencia general.

En cuanto a bloques no se encontró diferencia significativa, esto quiere decir que existe homogeneidad en las observaciones realizadas por los panelistas.

En el Cuadro 28, podemos constatar que la diferencia significativa, es con respecto al tratamiento T₄ que corresponde a la muestra fresca recién extraída.

Si analizamos los promedios ordenados obtenidos, como se observa en el Anexo 5, podemos decir que la mejor aceptación tiene el tratamiento T₂ que corresponde a la muestra almacenada por un mes en envase de vidrio transparente bajo oscuridad.

Esto confirma que la ausencia de luz y por lo tanto del calor, mantiene la estabilidad del aceite, ya que en presencia de ellas la reacción oxidativa se ve acelerada (Desrosier, 1963).

Además la vitamina E presente en el aceite, al no ser expuesto a la luz, mantiene su poder antioxidante, ya que esta vitamina se destruye por los rayos ultravioletas presentes en la luz (Braverman, 1967).

En términos generales podemos concluir que de acuerdo a la calificación lograda, la calidad del aceite crudo es bastante aceptable.

4.4. Análisis Realizado en la Torta

4.4.1. Análisis Proximal

En el Cuadro 29, se observa los resultados de estos análisis.

CUADRO 29: ANALISIS PROXIMAL DE LA TORTA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Componentes	Contenido (%)
Humedad	12.50
Grasa	16.00
Proteína	44.26
Ceniza	4.91
Fibra	7.33
Carbohidratos	15.00

Como se puede apreciar en el Cuadro 29, el aceite residual en la torta es elevado, esto depende del tipo de prensa utilizada en la extracción, significando que las prensas hidráulicas no son muy eficientes.

Se tiene una alta concentración de proteína en torta que la hace un producto de alto valor nutritivo, similar a otras tortas de oleaginosas como se observa en el Anexo 1 (Camarena, 1981).

4.4.2. Digestibilidad de la Proteína

En el Cuadro 30, se observa la digestibilidad de la proteína realizada en una muestra de harina de Sacha inchic.

CUADRO 30: DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE PROTEINA DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.)

Dieta Experimental	Valor Absoluto	Digestibilidad (%)
Harina Sacha inchic	92.24	98
Caseína (Control)	94.42	100

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION, ALIMENTACION Y CONTROL DE CALIDAD, 1994.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. El rendimiento del proceso de extracción de aceite de Sacha inchic, obtenido por prensado hidráulico, es de 22%; el máximo rendimiento de extracción de aceite neto, de 37% y la eficiencia neta de extracción, de 75%.
2. Los parámetros óptimos para obtener el mayor rendimiento de extracción de aceite de Sacha inchic son: tamaño de partícula de 2.19 mm., humedad de 6% y secado de 60°C/1 hora.
3. Las características físico-químicas del aceite crudo de Sacha inchic, están dentro del rango permisible para ser industrializado.
4. Durante un almacenado de 30 días, el aceite mantiene buenas características físico-químicas y sensoriales.
5. El ácido graso predominante en el aceite de Sacha inchic, es el ácido linolénico en proporción de 52%.
6. Debido a su elevado contenido de ácidos grasos insaturados y fundamentalmente el linolénico, se puede considerarlo como un aceite industrial.

7. La digestibilidad aparente del aceite crudo obtenido, es de 96%, superior a la digestibilidad de un aceite comercial.

8. Según la prueba de aceptabilidad del aceite crudo, el tratamiento que mejor comportamiento tiene es la muestra almacenada en un envase de vidrio transparente en ausencia de luz por un tiempo de 30 días.

9. Para determinar su uso comestible, el aceite de Sacha inchi necesita refinar y purificar.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar con los estudios agronómicos, conducentes a buscar métodos adecuados de siembra, mantenimiento, control fitosanitario, estado varietal y prácticas en post-cosecha de la semilla de Sacha inchi.

2. Se recomienda realizar trabajos en refinación del aceite crudo, con la finalidad de ser utilizado como un aceite de consumo humano o industrial.

3. Realizar estudios similares al presente trabajo en otras líneas tecnológicas por investigar.

4. Elaborar un proyecto técnico económico para la instalación de una planta procesadora de esta oleaginosa en la Región San Martín.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. AGRONOTICIAS; 1991; Revista para el Desarrollo, de Circulación Nacional; Edición Nº 134; Lima - Perú; 5 p.
2. ANTUNEZ, M.S.; 1978, Plantas Alimentarias en el Perú- Folleto, Lima-Perú, 120 p.
3. A.O.C.S.; 1989, Official and Tentative Methods of The American Chemist Society, Estados Unidos, 466 p.
4. BAILEY, A. E.; 1961, Aceites y Grasas Industriales, Ed. Reverté, España, 4-13, 18-32, 59-82, 425-448 p.
5. BERNARDINI, E.; 1981, Tecnología de Aceites y Grasas, Ed. Alhambra, España, 460-490, 499 p.
6. BRAVERMAN, J.B.S.; 1967, Introducción a la Bioquímica de los Alimentos, Ed. Omega, España, 352 p.
7. CAMARENA, M. F.; MONTALVO, R.; 1981, Diagnóstico, aceites y grasas, cultivo del maní, ajonjolí, girasol, Lima-Perú, 10, 12 p.
8. CEREAL CHEMISTRY; 1992, Revista Científica especializada, Estados Unidos, 461-463 p.
9. COLOM, V. R.; Aceites y grasas, su extracción por disolvente y su refinación industrial, España.
10. COLLAZOS, Ch.; 1993, La composición de Alimentos de Mayor consumo en el Perú, 6ta Ed. Lima - Perú. 40-60p.

11. CORONADO, M.J.; 1991, Extracción del Aceite de Coco. Extracción y Refinación del aceite de Semilla de Algodón, Informe de Prácticas Pre-Profesionales, 25 p.
12. CHARLEY, H.; 1987, Tecnología de Alimentos, Ed. Limusa, México, 330 p.
13. CHEFTEL, J. C.; Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos, volumen I, Ed. Acribia, España, 218 p.
14. DESROSIER, W.N.; 1963, Conservación de los Alimentos Ed. Continental, México, 359 p.
15. ESTACION EXPERIMENTAL EL PORVENIR; 1990, Memoria Anual, Tarapoto-Perú, 18 p.
16. ESPASA CALPE; 1979, Enciclopedia Universal Ilustrada, Edit. Espasa-Calpe S.A.-Madrid; Tomo LXIX, 554,555 p.
17. FAO; 1980, Las Grasas y Aceites en la Nutrición Humana, Informe de una consulta de expertos, Italia, 23-26, 55, 56 p.
18. FAO/OMS; 1989, Evaluación de la Calidad de las Proteínas. Informe de una consulta de Expertos, Estados Unidos, 27 p.
19. FAO/OMS; 1980, Normas Alimentarias. Comisión del CODEX Alimentario, Estados Unidos.
20. FENNEMA, O.I.; 1982, Introducción a la Ciencia de los Alimentos, Ed. Reverté-España, 120 p.

21. HAMAKER, B.R.; 1990, Perfiles de Aminoácidos y Acidos Grasos del "Maní del Inca", (Plukenetia volubilis L.), Universidad Arkansas, Estados Unidos.
22. HAZEN Y DUCLOS; 1980, Guidelines For The Establishment and operation of vegetable oil factories, Cornell, Estados Unidos, 116 p.
23. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION, ALIMENTACION Y CONTROL DE CALIDAD; 1994, Certificado de Análisis de calidad N° 634-94; análisis químico Inf. N° 458-94-DQ.; análisis biológico N° 001, 002-94 DIFE.
24. ITINTEC; 1977, Normas Técnicas en aceites y grasas, Lima-Perú.
25. JAMIESON, M.; 1974, Manejo de los Alimentos, Edit. Pax-México, 117, 118 y 119 p.
26. KLINGERBERGER, R.P.; 1984, El Pre-Tratamiento de la Refinación Física del Aceite de Palma, Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Molina-Perú, 41-43 p.
27. LUNA, D. L.; 1991, Extracción y Refinación de Aceite de Palma, Informe de Prácticas Preprofesionales, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, 28,29 p.
28. MAC - BRIDE, J.F.; 1951, Euphorbiaceae. In Flora of Perú. Botical series vol. 13, part. III. Field Museum of natural History, 115-118 p.

29. MAGRANE; 1944, Progresos en la Química de los Aceites, Grasas y Derivados Industriales, Ed. Escalpe, España, 173 p.
30. MARTIN, D. W.; RODWELL, V. W.; MAYES, P. A.; 1984, Bioquímica de Harper, 9a. Edic., Edit. Manual Moderno S.A., México, 213 p.
31. MEHLEMBACHER, V. C.; 1970, Análisis de grasas y aceites, Ed. Urmo, España, 637 p.
32. MORENO, S.G.; 1988, Estudio Tecnológico Competitivo de Extracción, Refinación y Caracterización de Aceites de Aguaje (Mauritia flexuosa) y Ungurahui (Jessenia batava), Tesis de Ingeniero Industrias Alimentarias, Tingo María-Perú, 50 p.
33. MULLER, H. G.; 1977, Introducción a la Recología de los Alimentos, Ed. Acribia, España, 72 p.
34. NUÑEZ, S. C.; 1982, Estudio Técnico de la Extracción y Refinación del Aceite de la Semilla del Girasol, Tesis de Ingeniero Industrias Alimentarias, Molina-Perú, 95, 96 p.
35. OSTLE, B.; 1986, Estadística Aplicada, Ed. Limusa, México, 312-314 p.
36. PARDUN-KLEVE; 1982, Informe Experimental sobre 50 años de la Tecnología de los aceites y grasas vegetales, Revista, Seijen Anstrich Mittel, 8-15, 99p.
37. POTTER, N.; 1973, La Ciencia de los Alimentos, Ed. Edutex, México, 504 p.

38. SOUKUP, J.; 1970, Vocabulario de los nombres vulgares de la Flora Peruana, Imp. Colegio Salesiano, Lima-Perú.
39. THIEME, J.G.; 1970, La Industria del Aceite de Coco. Dirección de Servicios Agrícolas-FAO, Roma, 101-105 p.
40. UNIVERSIDAD DE LIMA; 1986, Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Aceites y Grasas, Ed. Centro de Investigación de la Producción Industrial, Lima-Perú, 22-35, del 55-58 p.
41. VALLES, C.R.; Potencial Agro Alimentario Industrial de Sacha Inchic para la Selva Alta, Tarapoto - San Martín, 1, 2, 3 p.
42. WATKINS, B.; 1994, Perfil de Acidos Grasos de Sacha Inchic, Departamento de Ciencias de Alimentos, Universidad Purdue-Estados Unidos.

VII. ANEXOS

A N E X O 1

CUADRO 31: COMPOSICION PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE ALGUNOS PRODUCTOS OLEAGINOSOS

COMPOSICION	PRODUCTOS			
	Algodón	Maní	Ajonjolí	Girasol
<u>Composición de la Semilla</u>				
Humedad	6.90	7.00	5.00	4.00
Grasa	29.60	50.00	52.77	50.00
Proteína	30.30	28.00	23.10	27.00
Fibra	-.-	3.00	-.-	3.00
Ceniza	6.90	2.00	-.-	4.00
Carbohidrato	-.-	10.00	-.-	12.00
<u>Composición de la Torta</u>				
Humedad	7.80	-.-	6.24	7.50
Grasa	7.40	-.-	4.42	10.03
Proteína	44.80	-.-	46.80	37.00
Fibra	-.-	-.-	-.-	16.53
Ceniza	5.00	-.-	-.-	7.55
Carbohidrato	-.-	-.-	-.-	21.14

FUENTE: CAMARENA, 1981.

A N E X O 2

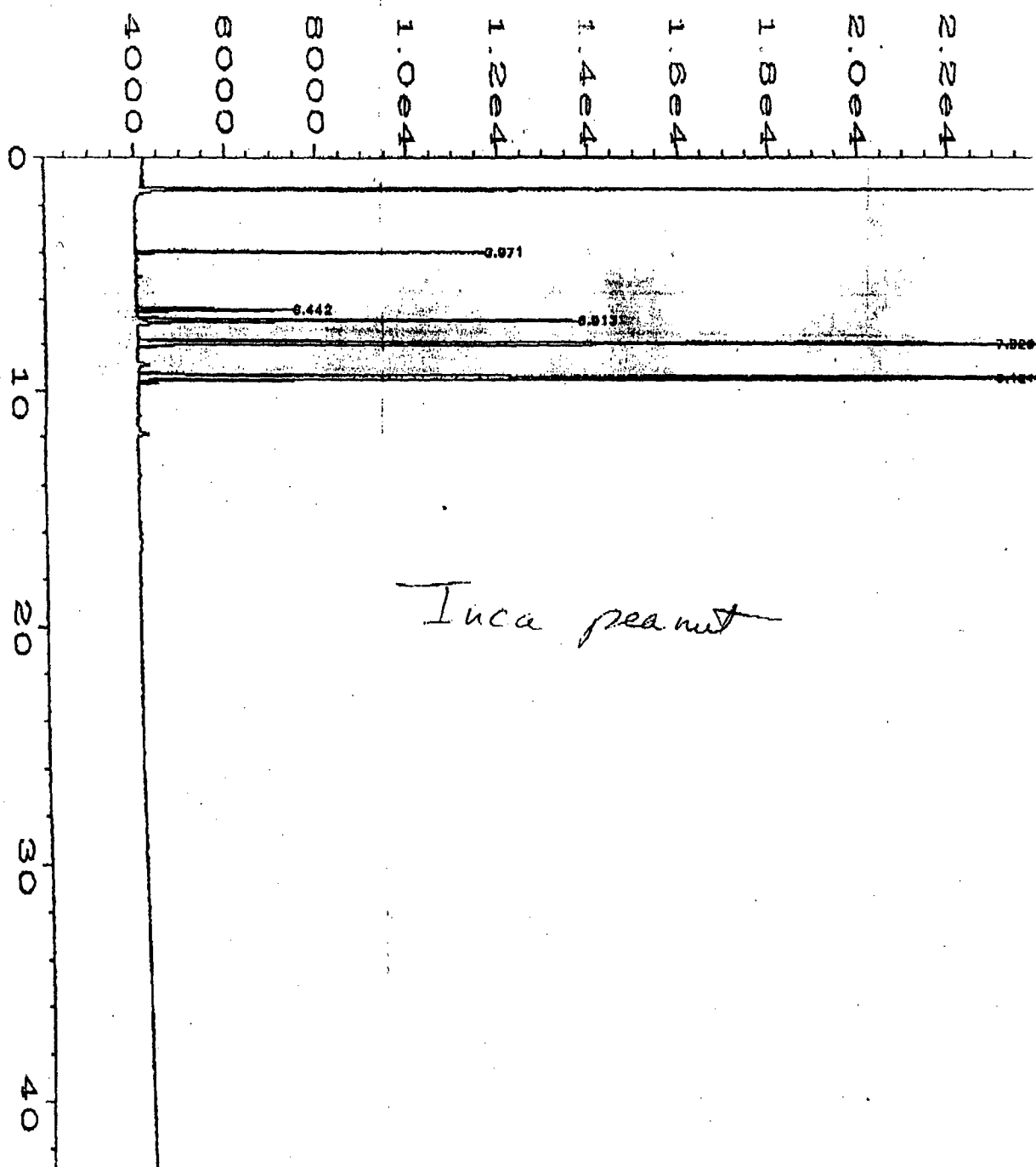
CUADRO 32: FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICION Y CALIDAD EN ACEITES COMESTIBLES

Semilla Oleaginosa	Densidad Relativa	Indice de Refracción	Indice de Saponificación	Indice de Iodo (Wij's)	Materia Insaponificable	Acidez % Ac. Oleico		Indice de Peróxido mg/100g
						Crudo	Refinado	
Girasol	0.918-0.923	1.467-1.469	188-194	110-140	15	4	0.6	10
Maíz	0.917-0.925	1.465-1.468	187-195	103-128	28	4	0.6	10
Soya	0.919-0.925	1.466-1.470	188-195	120-143	15	-	0.6	10
Algodón	0.918-0.926	1.458-1.466	189-198	99-119	15	-	0.6	10
Colza	0.910-0.920	1.465-1.460	168-181	94-120	20	4	0.6	10
Sesamo	0.915-0.923	1.465-1.469	187-195	104-120	20	4	0.6	10

FUENTE: FAO/ONS, 1980.

A N E X O 3

CROMATOGRAMA DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (Plukenetia volubilis L.) POR EL METODO DE CROMATOGRAFIA DE GASES



A N E X O 4

CALCULOS PARA EL ANALISIS DE VARIANZA (ANVA) DEL ATRIBUTO COLOR

Bloques	Tratamientos				TOTAL	MEDIA
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		
1	4	4	3	2	13	3.25
2	3	3	4	1	11	2.75
3	3	4	3	1	11	2.75
4	3	3	4	2	12	3.00
5	4	4	4	1	13	3.25
6	4	4	4	1	13	3.25
7	4	4	4	2	14	3.50
8	3	3	3	4	13	3.25
9	5	4	3	2	14	3.50
10	3	4	3	1	11	2.75
TOTAL	36	37	35	17	T = 125	Y = 3.125
MEDIA	3.6	3.7	3.5	1.7		

Grados de Libertad (G.L.)

De Tratamientos: $t - 1 = 4 - 1 = 3$

Del Error Experimental: $(t-1) (b-1) = (4-1) (10-1) = 27$

Suma de Cuadrados

Media:

$$M_{yy} = \frac{T^2}{b \cdot t} = \frac{125^2}{4 \times 10} = \frac{15,625}{40} = 390.63$$

Bloques

$$B_{yy} = \frac{\sum B_i^2}{t} - M_{yy}$$

$$B_{yy} = \left[\frac{(13)^2 + (11)^2 + (11)^2 + (12)^2 + (13)^2 + (13)^2 + (14)^2 + (13)^2 + (14)^2 + (11)^2}{4} \right] - 390.63 =$$

$$B_{yy} = 3.12$$

Tratamientos:

$$T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{b} - Myy$$

$$T_{yy} = \frac{[(36)^2 + (37)^2 + (35)^2 + (17)^2]}{10} - 390.63$$

$$T_{yy} = 27.27$$

Error Experimental:

$$E_{yy} = Y^2 - Myy - t_{yy} - B_{yy}$$

$$Y^2 = \sum \sum Y^2_{ij} = 435$$

$$E_{yy} = 435 - 390.63 - 27.27 - 3.12 = 13.98$$

Cuadrado Medio

Tratamientos:

$$T = \frac{T_{yy}}{(t-1)} = \frac{27.27}{3} = 9.09$$

Bloques:

$$B = \frac{B_{yy}}{(b-1)} = \frac{3.12}{9} = 0.35$$

Error Experimental:

$$E = \frac{E_{yy}}{(t-1)(b-1)} = \frac{13.98}{27} = 0.52$$

F Calculado

$$F_c = \frac{T}{E} = \frac{9.09}{0.52} = 17.48$$

F Tabular: (F_t)

$$\alpha = 0.05$$

De Tabla:

$$F_t = \left(\frac{\alpha}{2}\right) 3,27 = 0.071$$

$$F_t = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) 3,27 = 3.66$$

CUADRO DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANVA)

F.V.	G.L	S.C	C.M	F _c	F _t (0.05)	Sig.
Tratamientos	3	27.27	9.09	17.48	3.66	S
Bloques	9	3.12	0.35	0.67		
Error	27	13.98	0.52			

CALCULOS PARA LA PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUCKEY DEL ATRIBUTO COLOR

$$S_x = \sqrt{\frac{0.52}{10}} = 0.23$$

$$A.E.S_{(t)} = 3.87$$

Encontrado de tabla con: GL = 27; t = 4; α = 0.05

$$A.L.S_{(t)} = A.E.S_{(t)} \cdot S_x$$

$$A.L.S_{(t)} = 3.87 \times 0.23$$

$$A.L.S_{(t)} = 0.89$$

Combinación de Promedios de Tratamientos:

$$\begin{aligned} T_1 - T_2 &= 3.6 - 3.7 = 0.1 \\ T_1 - T_3 &= 3.6 - 3.5 = 0.1 \\ T_1 - T_4 &= 3.6 - 1.7 = 1.9 \\ T_2 - T_3 &= 3.7 - 3.5 = 0.2 \\ T_2 - T_4 &= 3.7 - 1.7 = 2.0 \\ T_3 - T_4 &= 3.5 - 1.7 = 1.8 \end{aligned}$$

CUADRO DE COMPARACION Y SIGNIFICANCIA

Comparación	d	A.L.S(T)	Significancia
T ₁ - T ₂	0.1	0.89	n.s.
T ₁ - T ₃	0.1	0.89	n.s.
T ₁ - T ₄	1.9	0.89	*
T ₂ - T ₃	0.2	0.89	n.s.
T ₂ - T ₄	2.0	0.89	*
T ₃ - T ₄	1.8	0.89	*

A N E X O 5

CUADRO 33: PROMEDIOS ORDENADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL ACEITE DE SACHA INCHIC (*Plukenetia volubilis* L.)

Atributo	Tratamientos	Promedios Ordenados
1) COLOR	T ₂	3.7
	T ₁	3.6
	T ₃	3.5
	T ₄	1.7
2) AROMA	T ₂	3.4
	T ₄	3.0
	T ₁	2.9
	T ₃	2.7
3) SABOR	T ₂	3.2
	T ₁	2.9
	T ₃	2.8
	T ₄	2.8
4) VISCOSIDAD O CONSISTENCIA	T ₂	3.6
	T ₃	3.6
	T ₁	3.5
	T ₄	3.2
5) APARIENCIA GENERAL	T ₂	3.9
	T ₁	3.7
	T ₃	3.6
	T ₄	2.1

A N E X O 6

FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre Panelista:

Producto:

Fecha:

Califique el Color, Aroma, Sabor y Apariencia General de las muestras, usando la siguiente escala:

- Excelente : 5
- Muy bueno : 4
- Bueno : 3
- Regular : 2
- Malo : 1

Muestra	Color	Aroma	Sabor	Viscosidad	Apariencia General

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

