

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROCESAMIENTO PRIMARIO DE LA SEMILLA

DE LA

PALMA CHINA. PROCESO EXPLORATORIO

98

RODOLFO CHENA LOPEZ

INGENIERO QUIMICO

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1976
M-100 100
C-A
C
1



NARA

Jurado asignado
originalmente
según el tema

PRESIDENTE Enrique García Galeano

VOCAL Luis E. Miramontes Cárdenas

SECRETARIO Antonio Frías Mendoza

1er. SUPLENTE Carlos Romo Medrano

2do. SUPLENTE Carlos E. Peña Limón

Sitio donde se desarrolló el tema: Planta Piloto de

Yucca, CONAZA-CONACYT

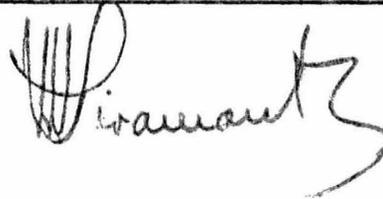
Nombre completo y firma del sustentante: Rodolfo

Chena López



Nombre completo y firma del asesor del tema: Ing. Luis

E. Miramontes Cárdenas



DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A Maru

A mis maestros

A mis amigos

AGRADECIMIENTO

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Por el apoyo que me brindó para participar en el proyec
to de investigación sobre el Aprovechamiento de la semi
lla de la Palma China.

A la Comisión Nacional de Zonas Áridas, cuyos técnicos
de la Planta Piloto de Yucca me dieron consejo y guía
científica para el desarrollo de esta tesis.

Al maestro Ing. Luis E. Miramontes por sus enseñanzas
y constante asesoramiento de esta tesis.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

Capítulo I. COMPOSICION DE LA SEMILLA

II. PREPARACION DE LA SEMILLA

II.1 Operaciones Preliminares

II.1.1 Separación de la semilla del dátil

II.1.2 Manejo de la semilla

II.1.3 Almacenamiento

II.2 Procesamiento Preliminar de la semilla

II.2.1 Limpieza de la semilla

II.2.2 Descascarillado de la semilla

II.2.3 Molienda de la semilla

III. PROCESO DE RECUPERACION SIMULTANEA DEL
ACEITE Y LA PROTEINA DE LA SEMILLAIII.1 Diagramas de Flujo de Recuperación
Simultánea del Aceite y la ProteínaIII.2 Balances de Materiales en las Extracciones

III.2.1 A pH 4.0

III.2.2 A pH 9.0

IV. PARTE EXPERIMENTAL (DESCRIPCION Y RESULTADOS)

IV.1 Limpieza de la Semilla

IV.1.1 Impurezas

IV.1.2 Densidad

IV.1.3 Humedad

IV.1.4 "Mesa de gravedad"

IV.1.5 Máquina electrónica

IV.2 Molienda de la Semilla

IV.2.1 Martillos oscilantes

IV.2.2 Martillos fijos

IV.2.3 Molino de cuchillas

IV.2.4 Molino de disco

IV.3 Extracción Simultánea de Aceite y Proteína de la Semilla

IV.3.1 A pH 4

IV.3.2 A pH 9

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La Comisión Nacional de las Zonas Áridas y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología han establecido un programa de actividades con el propósito de crear en forma inmediata fuentes de trabajo continuas, económicamente autosuficientes, utilizando los recursos existentes en las zonas desérticas, con el fin de que los pobladores de dichas zonas mejoren sus condiciones de vida.

Uno de los recursos más abundantes en la zona es la Yucca filifera, comunmente llamada "palma china", la cual prolifera en forma silvestre perfectamente adaptada a la ecología del desierto en una superficie aproximada a 1.5 millones de hectáreas, con una densidad promedio de 150 plantas por hectárea. Las plantas florecen y fructifican anualmente con un rendimiento por hectárea que oscila de un mínimo de 50 kg a un máximo de 200 kg de dátil.

Las investigaciones realizadas han mostrado que el fruto de la Yucca, por su composición química, ofrece amplias posibilidades para poder industrializarse económicamente, ya que la parte pulposa del fruto es muy rica en azúcares que pueden ser transformados en el concentrado protéico para consumo en la avicultura y ganadería en donde encuentra una amplia demanda según se muestra en el estudio del mercado. (12)

El vegetal estudiado es una planta de las liliáceas que alcanza hasta 10 m de altura, su tronco es simple o ramificado con hojas de color verde en forma de daga. Las flores son blancas y cremosas y el fruto es un dátil carnoso de 7 cm de largo con un 30% de semillas negras y aplanadas; tarda aproximadamente 30 años en dar fruto in-

dustrializable.

El ciclo biológico del dátil se inicia con la floración que principia a mediados del mes de abril y termina a fines de julio. Las variaciones que se observan dependen de la ocurrencia de la última helada y de la precipitación pluvial de estos meses; existen floraciones tardías que ocurren en los meses de julio y agosto.

La fase de fructificación se considera casi la terminación del crecimiento del fruto cuando éste ha alcanzado el tamaño adecuado para su recolección. Tal fase se inicia en el mes de septiembre y su mayor porcentaje ocurre en octubre y noviembre, prolongándose ocasionalmente hasta los meses de diciembre y enero.

El período óptimo para la recolección del fruto es de octubre a diciembre, pudiéndose cosechar en algunas zonas hasta en enero y febrero.

El proceso de maduración del dátil se inicia con la deshidratación, fermentación y descomposición hasta que la naturaleza lo destruye para iniciar el nuevo ciclo biológico.

Lo más importante de la semilla de la Palma china es su contenido esteroidal. Los esteroides son compuestos que se caracterizan por contener el núcleo del perhidrociclopentanofenentreno, los átomos de carbono se numeran como se muestra en la fórmula. (fig.1.1)

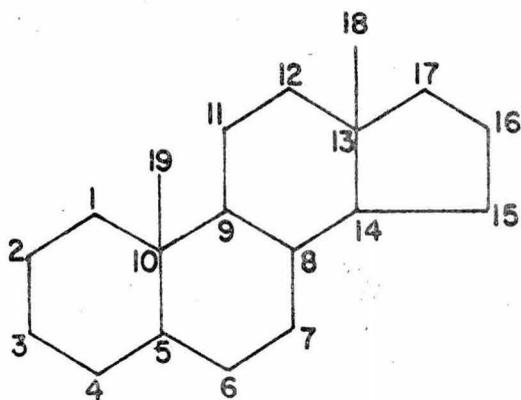
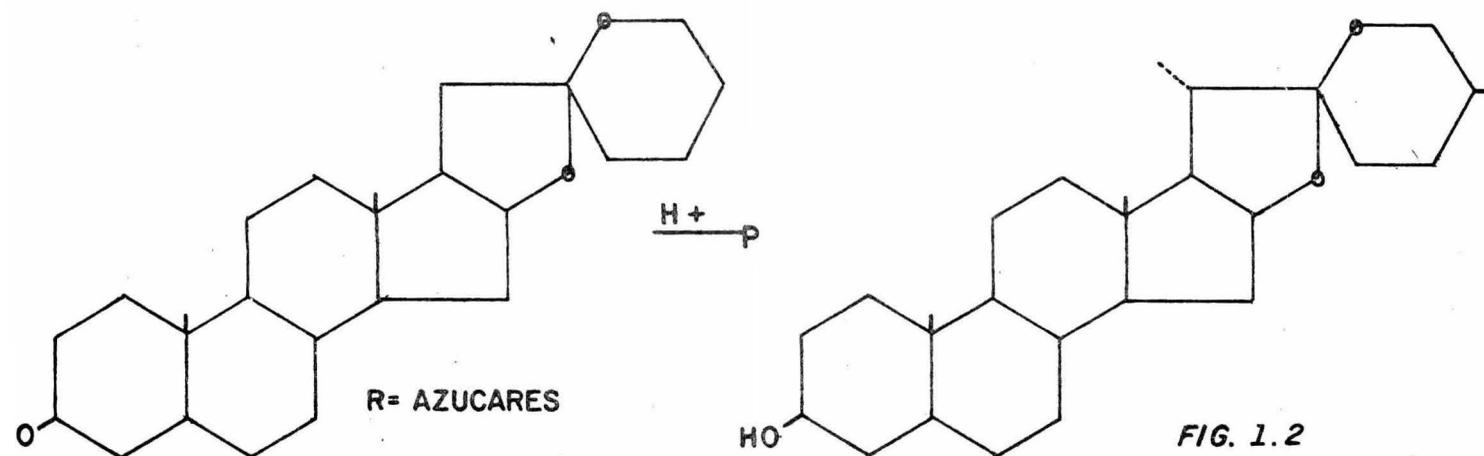


FIG. 1.1

Una gran cantidad de compuestos naturales son esteroidales, entre otros los ácidos biliares, las hormonas sexuales, las hormonas adrenocorticales, los glicósidos cardíacos, algunos alcaloides y las sapogeninas. Esto puede darnos idea de la enorme importancia biológica de los esteroides.

El esteroide que se encuentra en la semilla de la Palma China, se encuentra en forma de glicósidos, es decir, una cadena de azúcares unida a un grupo oxhidrilo. Estos glicósidos se llaman saponinas, y tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial del agua, formando espuma y actuando como jabones, por tanto es necesario efectuar una hidrólisis para dejar libre la sapogenina (fig. 1.2)

De la semilla de Yucca se aislaron dos glicósidos, los cuales por hidrólisis dan solamente sarsapogenina, los azúcares obtenidos son glucosa, galactosa y una pentosa no identificada (probablemente ribosa). (27)



I. COMPOSICION DE LA SEMILLA

La semilla del dátil, que constituye el 23% del peso del fruto, contiene hasta 30% de un aceite con características similares a las del aceite de cártamo; aceite que se puede recuperar con una tecnología conocida (11, 22, 28, 30) y que sería fácilmente adquirido por el mercado nacional para consumo humano.

La semilla contiene, además, hasta un 8% de una sapogenina esteroideal (27). La caracterización de esta sapogenina en el laboratorio mostró que independientemente de la variedad de Yucca, grado de maduración del fruto, condiciones del suelo, clima, dispersión geográfica, etc., la semilla contiene únicamente este esteroide llamado Sarsapogenina, lo cual es una circunstancia muy favorable porque estos esteroides se encuentran mezclados y es necesario recurrir a complejas y costosas operaciones para obtenerlos en estado puro.

El contenido del esteroide en la semilla del dátil (hasta de 8%), es una concentración sumamente elevada en relación con otras fuentes de aprovisionamiento. La Sarsapogenina es un producto básico a partir del cual se pueden sintetizar una serie de productos farmacéuticos de gran valor tales como: hormonas masculinas y femeninas, agentes anabólicos, drogas anti-inflamatorias, agentes cardiovasculares y agentes reguladores del sistema nervioso central.

Habiéndose descubierto el gran potencial de diferentes productos que contiene la semilla, se hizo un estudio bibliográfico y un análisis químico para comprobar la mayoría de los datos publicados, encontrándose:

Tabla No. 1.- Análisis químico de la semilla de Yucca filifera.

<u>COMPUESTO</u>	<u>% RANGO</u>
Saponina	15 - 25%
Aceite	25 - 30%
Sustancia Protéica	30 %
Agua	6 - 8%
Otros	24 %
TOTAL	100 %

II. PREPARACION

II.1 Operaciones Preliminares

Los objetivos de cualquier método de extracción son: lograr un producto libre de impurezas hasta donde ésto sea posible y obtener una producción en gran escala, hasta donde los medios económicos alcancen con el objeto de reducir el costo de producción. Para que estos objetivos se puedan lograr, la semilla se debe seleccionar entre las mejores y sujetarse a operaciones preliminares, independientemente del tipo de proceso que se va a utilizar, para que la semilla se encuentre en condiciones óptimas y se pueda obtener el mayor rendimiento de un producto de buena calidad. A continuación se dan algunas reglas que se consideran necesarias para este objeto.

II.1.1 Separación de la semilla del dátil

La separación de la semilla del dátil es llevada a cabo por una máquina diseñada por técnicos de la Comisión Nacional de Zonas Áridas.

La máquina tiene un mecanismo que corta el dátil y golpea a éste para que las semillas se separen del fruto, para después pasarlas a un sistema de cribas, el cual separa la carnaza de la semilla del dátil.

Ante este mecanismo se presentó la dificultad de que la semilla llevaba 20% de impurezas, por lo cual se hizo el estudio de la limpieza de la semilla que posteriormente se relatará en este mismo trabajo.

II.1.2 Manejo de la Semilla

Se ha comprobado por amargas experiencias que el daño que se puede ocasionar a la semilla por el maltrato al manejarla, se manifiesta en varias formas: las enzimas que contienen las semillas son activadas por golpes o cortaduras, los que también pueden ocasionar otros daños como la producción de ácidos grasos en menor proporción, tendiendo éstos a hidrolizarse más rápidamente; por lo tanto, el método que se use en su manejo deberá ser el que dañe lo menos posible a la semilla.

II.1.3 Almacenamiento

La semilla está expuesta a cambios climatológicos, particularmente entre la cosecha y el procesamiento para lo cual hay que tener cuidado en el almacenamiento; dicho almacenamiento no presenta problema alguno si la semilla se recibe en condiciones normales y su contenido de humedad es controlado.

El deterioro más común en el almacenamiento es el aumento hidrofílico del volumen de semilla, y por otro lado la velocidad de hidrólisis del aceite aumenta conforme aumenta la temperatura (28),

lo cual establece una interacción deletérea de ambos factores; también se pueden producir fermentaciones no deseadas por desarrollo de microorganismos que bajan la cantidad de componentes útiles. Antes del almacenamiento, el exceso de humedad de la semilla se puede eliminar por medio de un secador rotatorio, teniendo la precaución de enfriarla antes de almacenarla. Existen varios tipos de edificios o construcciones para almacenar la semilla: silos, hangares, etc.; en realidad cualquier tipo de estructura es buena siempre y cuando proteja adecuadamente a la semilla de las condiciones ambientales que puedan dañarla.

Los principales factores que determinan el deterioro de la semilla en el almacén son: la humedad del almacén, la humedad de la semilla, la temperatura del almacén, la cantidad y tipo de materias extrañas, y el grado de inmadurez.

II.2 Procesamiento Preliminar de la Semilla

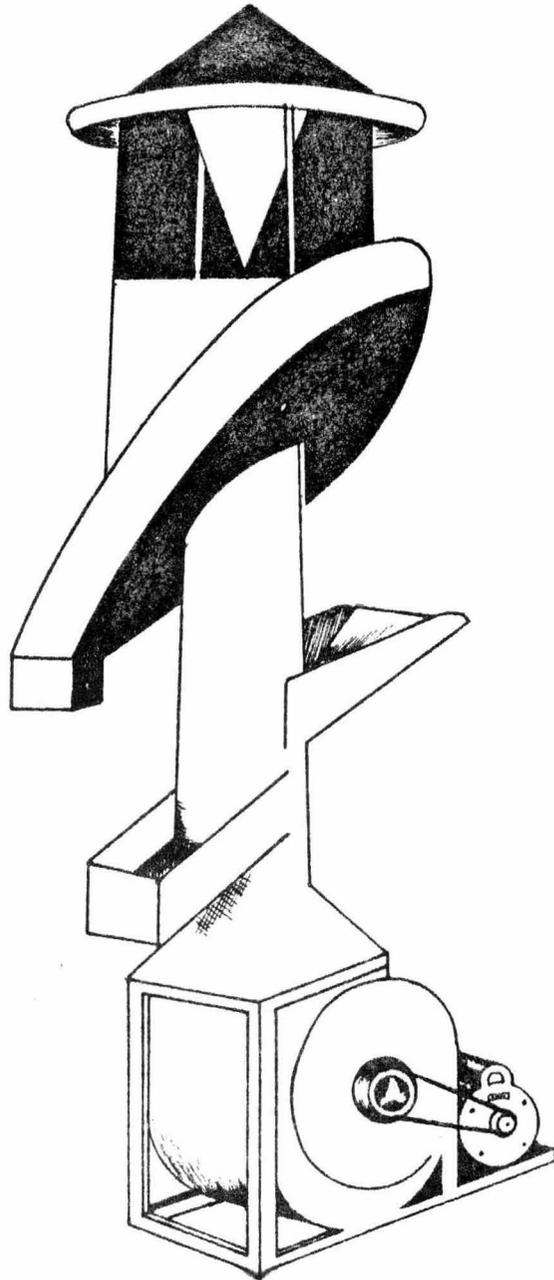
II.2.1 Limpieza de la Semilla

Debido a que la máquina que separa la carnaza de la semilla no trabaja con una alta eficiencia, la semilla llegaba a la planta piloto con un promedio de 20% de impurezas.

Las semillas vienen acompañadas de carnaza, piedras, astillas, pedazos de metal, semillas deterioradas y hierbas.

Uno de los principales problemas que se tenía, era que las impurezas y la semilla tienen la misma densidad, por lo cual se hacía difícil la separación por mecanismos neumáticos simples (fig 2.1).

Fig. 2.1 Separador Neumático de Partículas



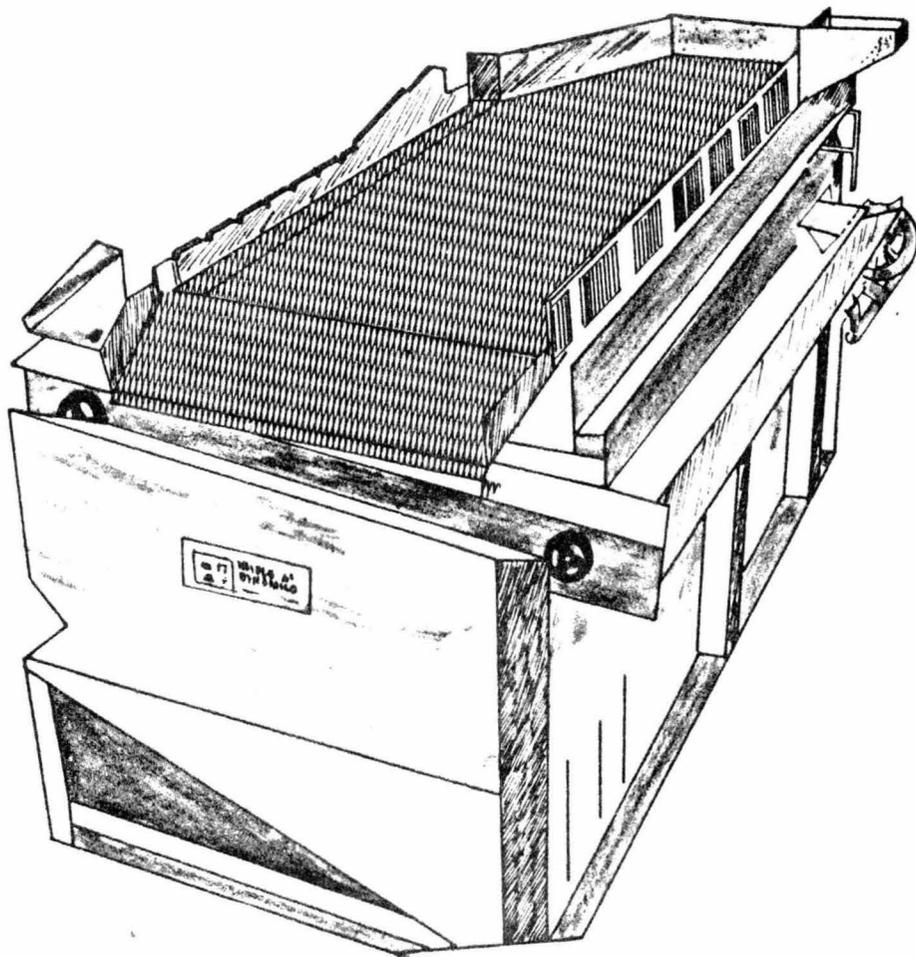
Después de analizar el comportamiento del cambio de las propiedades físicas bajo diferentes condiciones de proceso, tanto de la semilla como de la carnaza, se recurrió a máquinas que pudieran lograr una mejor limpieza. Se hicieron pruebas (a) en una "mesa de gravedad" y (b) en una máquina electrónica separadora por color.

(a). "Mesa de Gravedad". También conocida como mesa de aire. Esta máquina hace una separación en seco de las impurezas mediante alguna de las tres características siguientes: tamaño, forma o densidad; es decir, si por lo menos en alguna de estas características difieren las impurezas y las semillas, se podrá hacer una separación por medio de la mesa de gravedad (fig 2.2).

Esta máquina, a la que se le puede modificar la velocidad del aire o el plano inclinado de la mesa para poder obtener resultados positivos, funciona de la siguiente manera:

La separación se hace al pasar el material sobre la cubierta porosa que tiene pendientes en dos sentidos y un movimiento vibratorio. El material a separar se introduce en una tolva que alimenta a la parte angosta de la cubierta en forma trapezoidal. El aire con baja presión, fluyendo hacia arriba, hace que se distribuya el material sobre la cubierta, el cual se transporta según su facilidad para moverse, que estará determinada por la forma. Las partículas más rápidas se adelantarán concentrándose por un lado de la mesa y las más lentas por el otro, habiendo una zona por donde se irán partículas de velocidad media, esto es, semillas e impurezas en mezcla.

Fig. 2.2 Mesa de Gravedad



Después de haber pasado 80 kg de semilla con 20% de impurezas por una mesa de gravedad se tiene:

Tabla No. 2.- Resultados de separar semillas e impurezas en la mesa de gravedad

<u>Canal Rápido</u> <u>(Semillas)</u>	<u>Canal Medio</u>	<u>Canal Lento</u> <u>(Impurezas)</u>
Semillas con 4.5% de impurezas 40 kg	Semillas con 17% de impurezas 20 kg	Semillas con 53% de impurezas 20 kg

(b). Máquina electrónica separadora por color. Esta tiene un mecanismo electrónico que diferencia semilla e impureza mediante un patrón cromático, que es el que va separando la semilla útil de la impureza mediante el disparo controlado de un chorro de aire sobre la impureza (fig 2.3). Funciona de la siguiente manera:

El producto a ser clasificado entra en la máquina por la parte superior a través de una tolva pequeña que alimenta la semilla mediante un alimentador vibratorio electromagnético. Cuando la corriente energiza el sistema, la semilla comienza a fluir resbaldando dentro de un canal metálico rectangular diseñado especialmente para singularizar y dirigir la semilla. Al salir del canal, la semilla pasa por gravedad sin ninguna obstrucción dentro de una cámara óptica de forma redonda que tiene dispositivos para limpieza automática por medio de aire comprimido para eliminar polvo.

La cámara de inspección de la máquina utiliza seis ojos electrónicos que son celdas fotoeléctricas sensibles a la luz. Estas fo

Fig. 2.3 Máquina Electrónica Separadora por Color

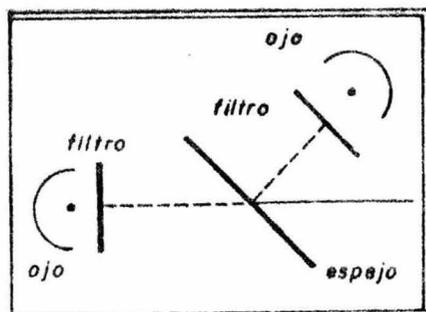
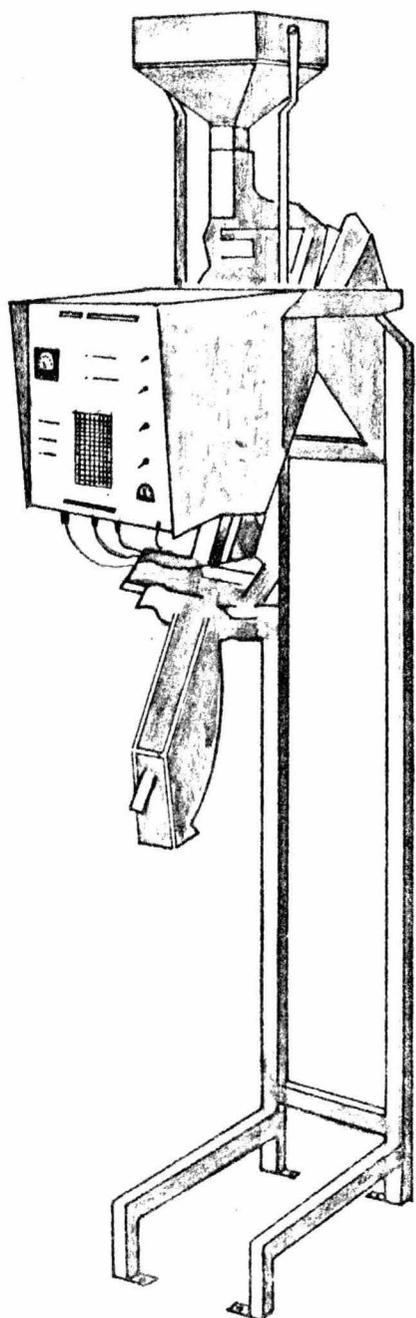


Fig. 2.4

toceldas están divididas en tres grupos cromáticos y las cajas es tán situadas en la periferia de la cámara de inspección y espacia das a 120°, asegurando así que no haya puntos ciegos durante la inspección del producto.

En cada caja que contiene dos celdillas, hay un espejo especial que permite la reflexión del 50% de la luz admitida y el paso del 50% de la luz restante (fig 2.4). Como se instalan dos celdillas en la caja, cada celdilla recibe 50% de la luz admitida y por medio de filtros ópticos de colores diferentes para cada celdilla, se recibe un estímulo de luz compuesta que será recibida como un haz de longitud de onda definido y que es reflejada por cada semi lla y será transmitida como señal eléctrica a los circuitos electrónicos de la máquina para activar el sistema de computación. El computador de estado sólido recibe datos de las seis celdillas. Las celdillas reportan variaciones colorimétricas y también de can tidad de luz reflejada. El computador determina precisamente la aceptación o rechazo del producto, mandando a la máquina un chorro de aire comprimido para separar las impurezas.

Esta máquina trabajó con una alta eficiencia, pero con una capaci dad muy baja, de aproximadamente un kg por minuto.

Tabla No. 3.- Separación de semillas e impurezas en la máquina electrónica.

Semilla limpia con 1.5% de impurezas 20 kg	Impurezas 90% 5 kg
---	--------------------------

II.2.2 Descascarillado de la Semilla

La eliminación de la cascarilla constituye uno de los problemas a resolver cuando se trata de procesar las semillas para fines alimenticios en virtud de que contiene un alto porcentaje de material lignocelulósico, pigmentos y es muy pobre en proteínas (26).

En la literatura se consignan varios métodos para la eliminación de la cascarilla (2, 10, 14, 15, 16, 18), todos ellos son procesos patentados los cuales se pueden dividir, atendiendo al tratamiento que se efectúa sobre la semilla, en (a) métodos mecánicos y (b) métodos químicos.

(a) Métodos mecánicos. Los métodos mecánicos se caracterizan generalmente por separar la cascarilla en equipos especialmente diseñados para este propósito que pueden ser de uso relativamente versátil, aplicables a varias semillas con características similares, o bien ser específicos como para avena, cártamo, girasol, arroz y algunas otras semillas. En estos procesos se controla particularmente la humedad del grano, la velocidad del impacto y el rozamiento.

(b) Métodos químicos. Los métodos químicos que tienen como finalidad ablandar o desintegrar la cascarilla, consisten en tratar las semillas con soluciones alcalinas de hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, con soluciones ácidas de ácido sulfúrico, con soluciones salinas de cloruro de sodio, o bien con una mezcla diluída de ácido sulfúrico, ácido nítrico o ácido fosfórico con una solución salina de cloruro de sodio, cloruro de calcio o sulfato de sodio. También se suelen emplear otros reactivos, generalmente para acortar el tiempo de descascarillado o para blanquear, ta

les como agentes oxidantes, agentes reductores, ácidos y compuestos orgánicos. Las variables que se regulan son principalmente la concentración de la solución, el tiempo de cocción, la temperatura y la relación líquido-semilla. Entre las semillas específicas a las que se les han aplicado métodos químicos de descascarillado se encuentra la semilla de ajonjolí (26).

En base a ésto, se hizo una investigación sobre si era posible el descascarillado de la semilla de la Yucca.

Como primer intento se realizaron pruebas para descascarillado en seco, pero debido a las características de la semilla (principalmente su dureza y el pequeño espesor de la cáscara), esto no fue posible.

Entonces se recurrió a tratar de probar el descascarillado en húmedo notándose que se llegaba a aflojar la cáscara, tanto con el aumento de humedad como con el aumento de la temperatura. También se perdía la consistencia del núcleo, lo que mecánicamente significaba otro problema, ya que al poner la semilla en contacto con una máquina que la friccionara, la semilla tendía a desintegrarse, además que el descascarillado en húmedo traía problemas de funcionamiento de la máquina, porque las semillas se conglomeraban perdiendo la facilidad de movimiento. Otro factor que nos hizo ver que no era recomendable el descascarillado en húmedo fué la pérdida hasta de un 7% de saponina.

Como fracasamos al intentar los métodos anteriores, se procedió a intentar el método químico de descascarillado, poniendo a la semilla en contacto con hidróxido de sodio a diferentes concentraciones, notando que sí llegaba a aflojar la cascarilla pero que ésta no se despegaba, por lo que era necesario auxiliarse de

un método mecánico para poder eliminarla, entonces incurrimos nuevamente en el problema mecánico del descascarillado en húmedo.

II.2.3 Molienda de la Semilla

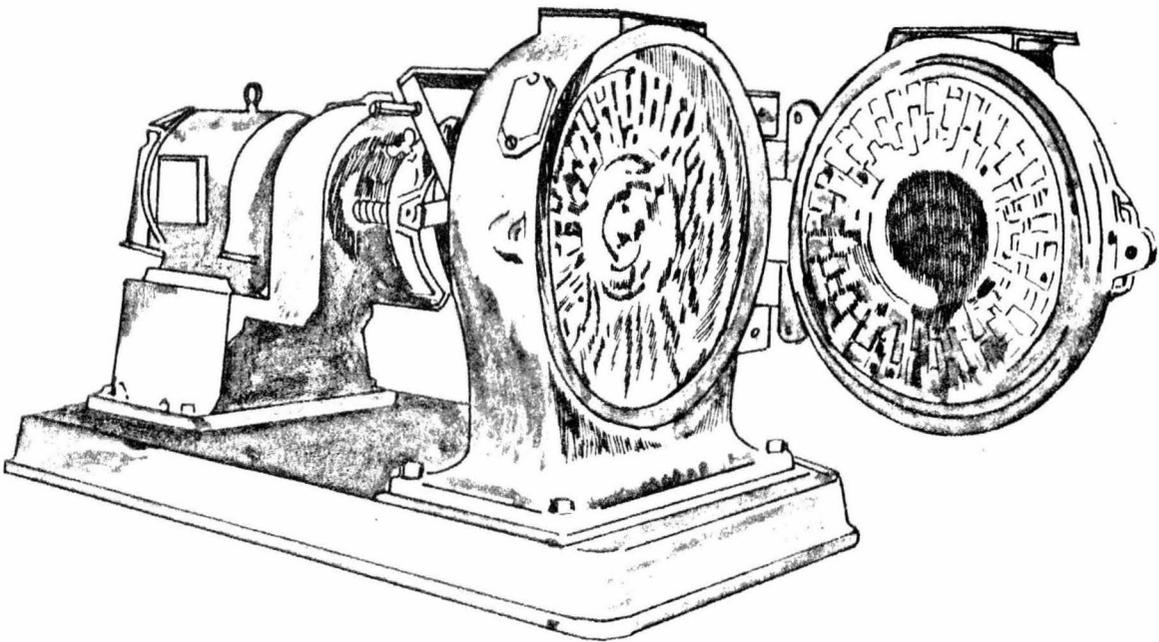
Se ha determinado que la eficiencia en las extracciones depende, entre otras cosas, del tamaño de la partícula que se pone en contacto con el disolvente (6), siendo la molienda la que se encarga de esto.

En base a las características de la semilla, se realizaron diferentes experimentos con distintos molinos para determinar el que fuera más eficiente, esto es, el que tuviera más eficiencia en el grado y velocidad de molienda. Los molinos donde se realizaron estas pruebas fueron: Molino de martillos oscilantes, molino de martillos fijos, molino de cuchillas, molino de discos para café y molino de disco Bauer. Después de esto, se determinó que de los molinos antes mencionados el más eficiente es el molino de disco Bauer (fig 2.5), ya que tiene una velocidad de molienda con un 50% de material que pasa por una malla de 30, necesitándose que la molienda se haga en dos pasos con recirculación de la fracción gruesa. Este tipo de molino tiene discos intercambiables (números 6983 y 6912A) para un mayor o menor grado de molienda, así como para una mayor o menor velocidad de la misma.

Los otros tipos de molino, principalmente el molino de martillos oscilantes presentó problemas por oclusión y calentamiento del molino y el material en proceso.

Existe otra operación que puede efectuarse antes de la extracción, que es el laminado u hojuelado y que por experimentos en una industrial DeSmet resultó positiva.

Fig. 2.5 Molino de Disco



III. PROCESO DE RECUPERACION SIMULTANEA DEL ACEITE Y LA PROTEINA DE LA SEMILLA

Aunque los procesos más importantes en torno a la semilla de la Yucca debieran estar enfocados hacia la separación del esteroide, en el caso de este estudio el objetivo era extraer la proteína y examinar la distribución del esteroide y el aceite en el proceso (balance de materiales).

Es bien conocido que en los países con menor desarrollo, existe una deficiente dieta de proteínas, especialmente de origen animal. También se sabe que la conversión de proteínas vegetales a proteínas animales mediante la ganadería es un proceso deficiente (5), ya que la transformación de proteínas por el ganado vacuno es de un 23% y por el ganado porcino es de un 12%. Por otra parte se tiene un mayor potencial cuantitativo para producir proteínas animales a partir de leche y carne. Resulta obvio que en los países de menor desarrollo, donde se tienen restricciones para producir carne, se deben buscar otras alternativas para obtener proteínas (1, 4, 8, 9, 23, 24, 25, 26), como son las de origen vegetal. La tabla No. 4 muestra los índices de consumo de proteínas de distinto origen, por persona, para diversos países.

Algunos de los problemas que se presentan en la elaboración de concentrados de proteínas de las semillas oleaginosas son ciertos carbohidratos que resultan insolubles e indigestos, así como ciertas sustancias inhibitoras y de mal sabor que deben ser eliminados de las semillas durante el proceso. En el caso de las semillas de la Yucca debemos agregar también los residuos de esteroides que pueden quedar.

Tabla No. 4.- Consumo Nacional de Proteínas por Persona. *

Países	Total de Proteína g/día	Proteína Animal g/día
Dinamarca	93	48
Finlandia	93 ¹⁾	52 ¹⁾
Irlanda	91	55
Francia	99 ²⁾	53 ²⁾
Canadá	94	63
Estados Unidos	92	66
Australia	90 ¹⁾	59 ¹⁾
Nueva Zelanda	109	74
Uruguay	93	60
Suecia	83	54
Gran Bretaña	88	54
Suiza	91	52
Ceylan	44	8
India	53 ¹⁾	6 ¹⁾
Japón	68 ¹⁾	18 ¹⁾
Filipinas	43	14
Sudáfrica	74 ²⁾	32 ²⁾
Pakistán	45 ¹⁾	7 ¹⁾
México	67	22
Brasil	61	18
Perú	50	12

* FAO.- Production Year Book, 1962, 16.

¹⁾ 1960-61

²⁾ 1959-60

Los resultados consignados para la extracción de proteína de la semilla del cacahuete (5, 6, 7, 8), nos indica que las soluciones acuosas varían su eficiencia de extracción de acuerdo con el pH de la solución, el tiempo de extracción y la relación semilla-solvente. Estos resultados, condensados, son como sigue:

Tabla No. 5.- Resumen de Condiciones del Proceso para obtener Proteína Aislada del Cacahuete.

1. Relación agua-semilla	12:1
2. pH de extracción	9.0
3. Período de extracción	45 min
4. pH de precipitación de proteína	4.5 - 4.7
5. Secado de proteína	55 - 65% °C

III.1 Diagramas de Flujo en Proceso de Recuperación Simultánea del Aceite y Proteína

A continuación se presentan una serie de diagramas de flujo que se tomaron como base para el experimento.

En base a estos datos se hicieron extracciones a pH 4 y pH 9 utilizando semilla de Yucca filifera, teniendo los siguientes resultados:

	% de la Eficiencia de la Extracción
<u>Extracción a pH 4</u>	14.38 con relación al aceite
	16.85 con relación a la proteína
<u>Extracción a pH 9</u>	53.26 con relación al aceite
	33.7 con relación a la proteína

El método seguido se detalla en la parte experimental, pero se puede resumir en los balances de materiales.

Fig. 2.3 Máquina Electrónica Separadora por Color

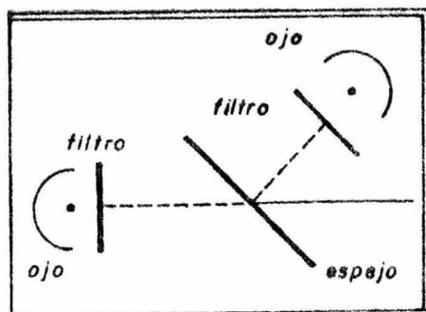
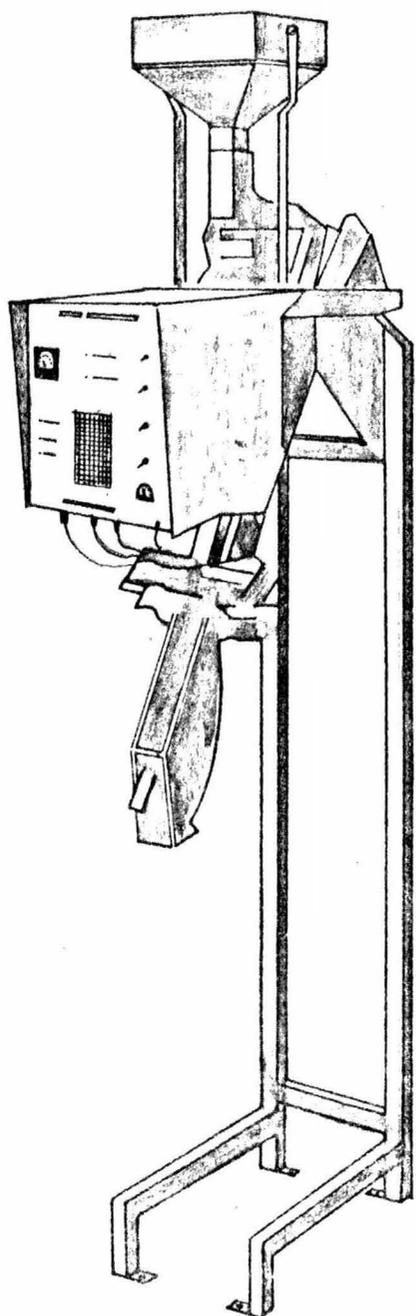


Fig. 2.4

Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción Simultánea de Aceite y Proteína (6)

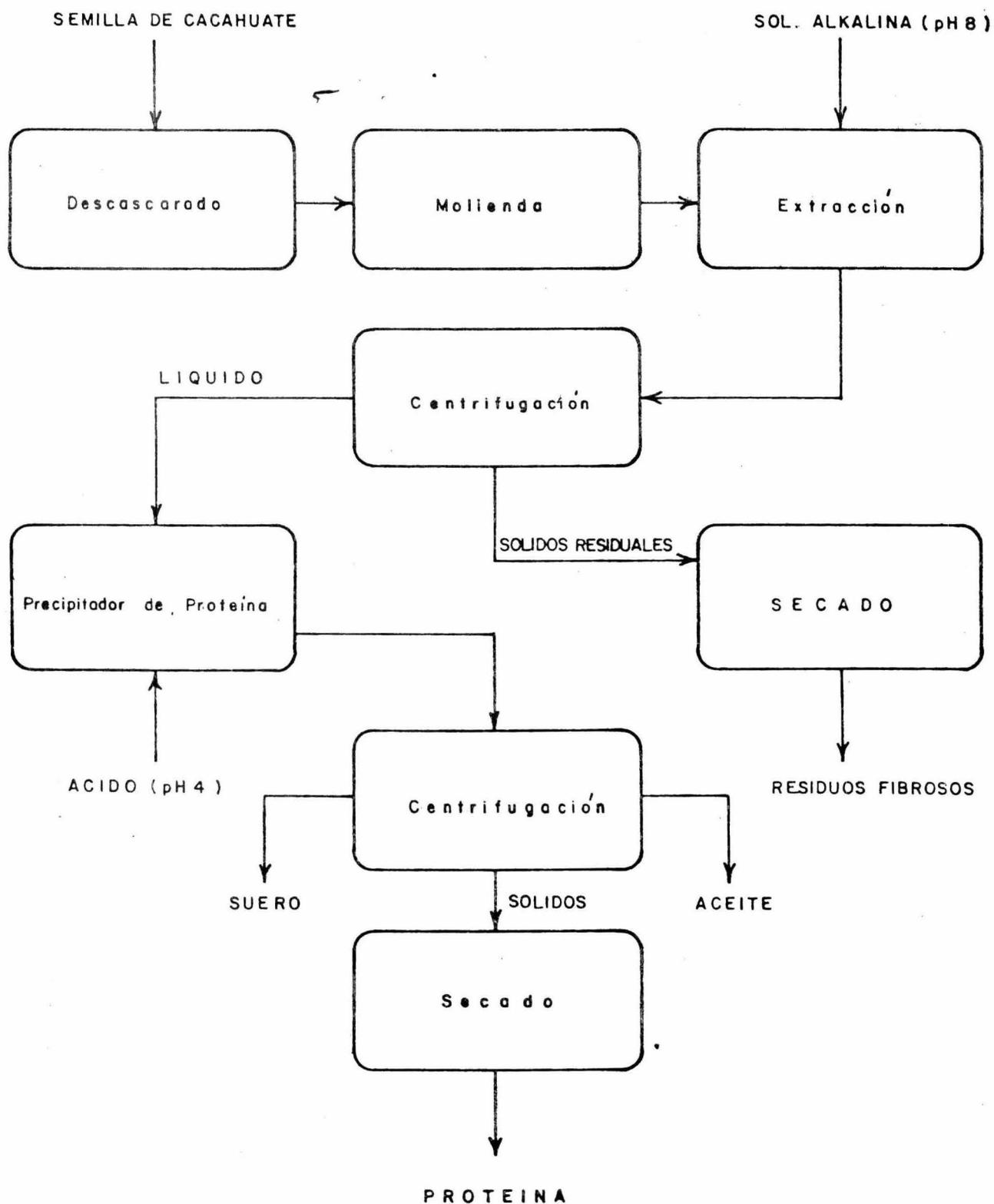
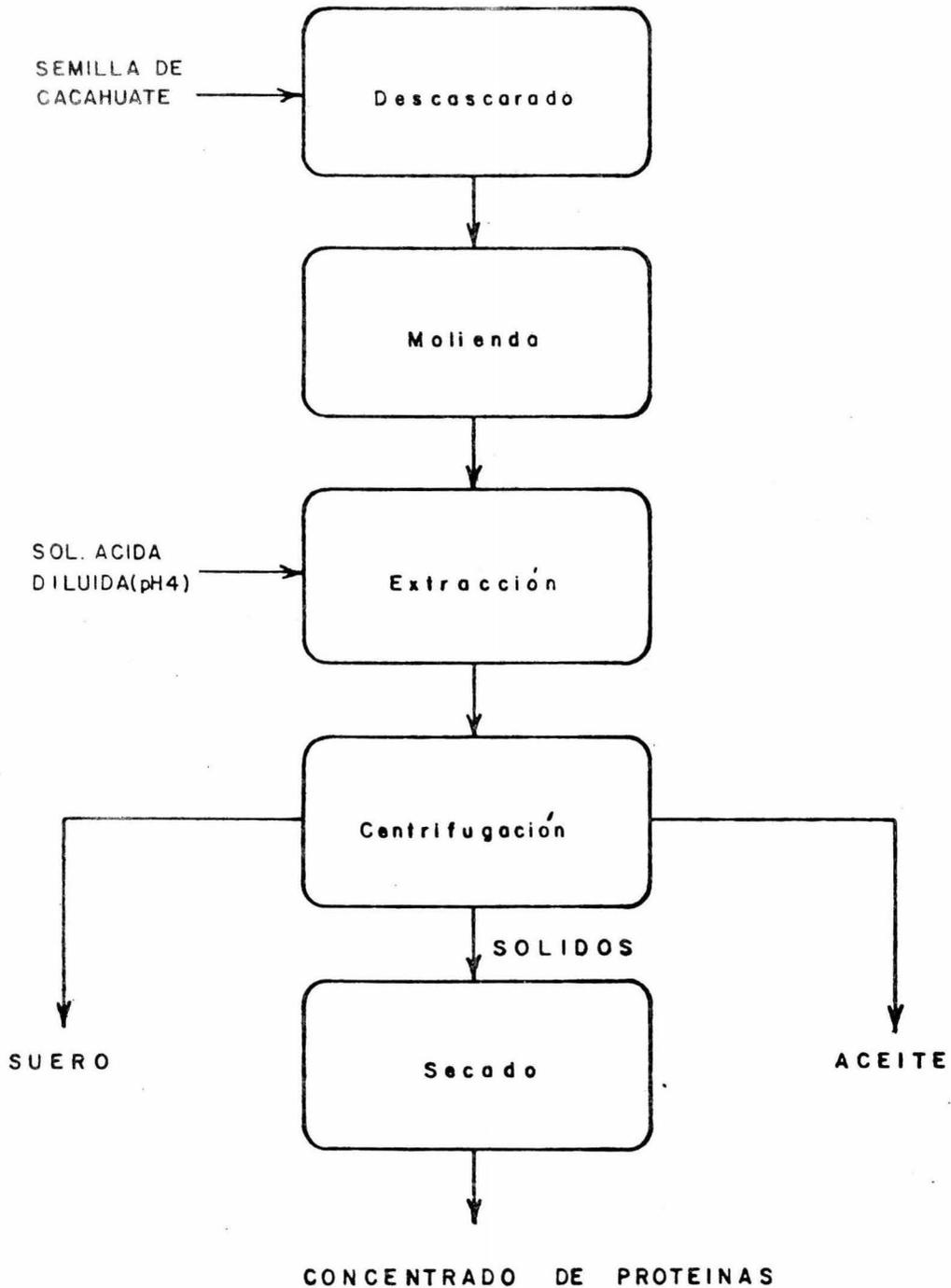


Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción Simultánea de Aceite y Proteína (6)

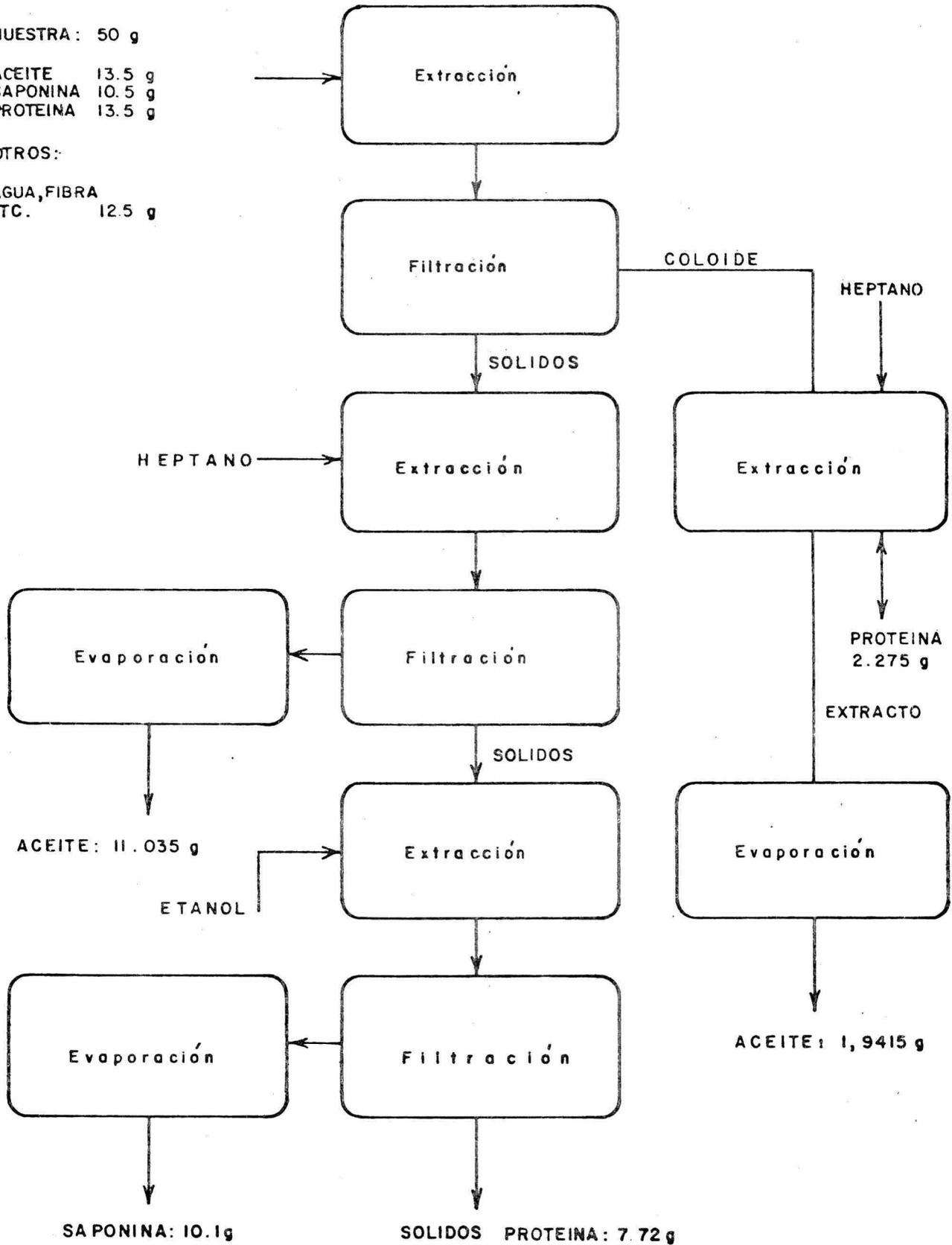
III. 2.1. Balance de Materiales del Experimento a pH4

MUESTRA: 50 g

ACEITE 13.5 g
 SAPONINA 10.5 g
 PROTEINA 13.5 g

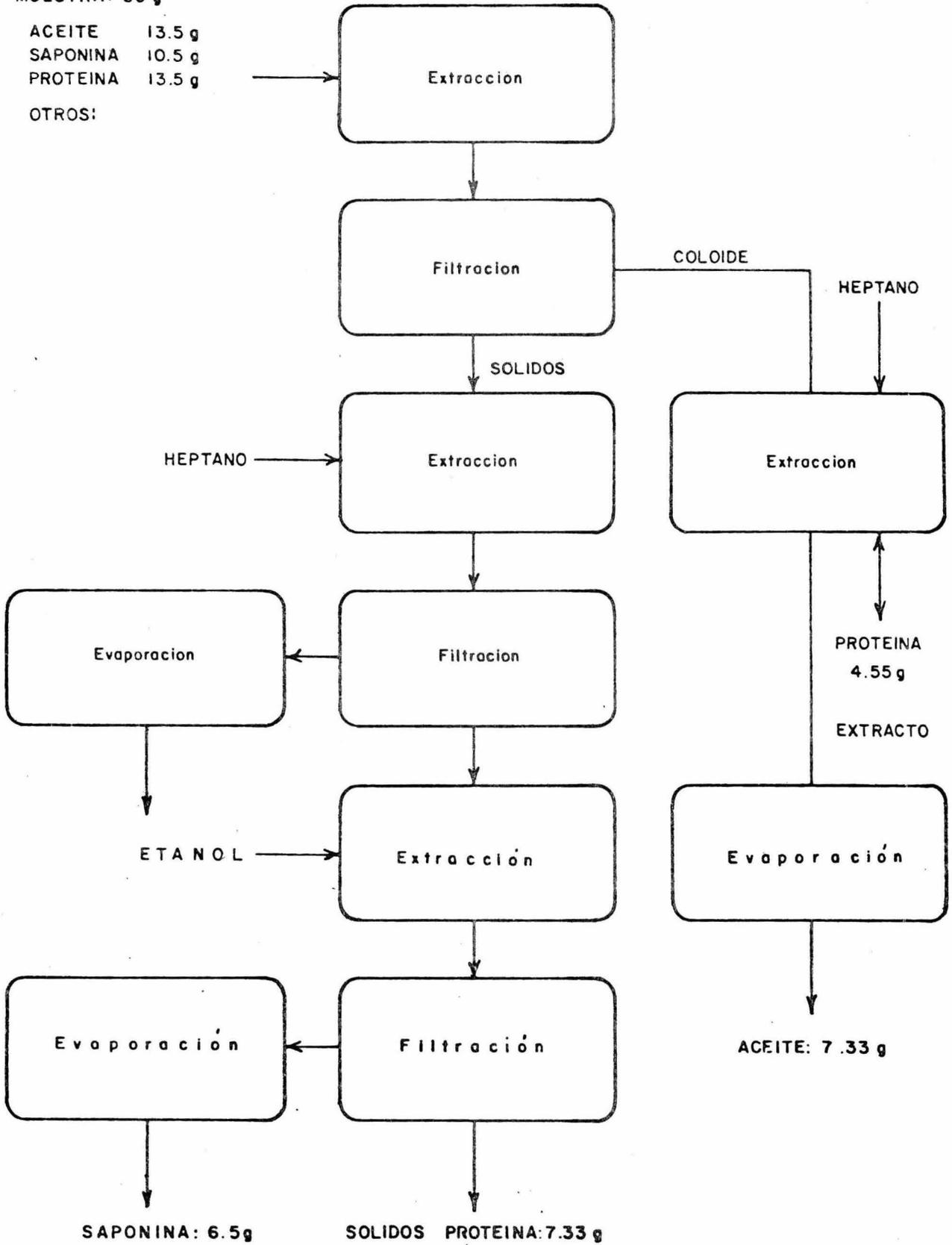
OTROS:

AGUA, FIBRA
 ETC. 12.5 g



III 2. 2. Balance de Materiales del Experimento a pH9

MUESTRA: 50 g
 ACEITE 13.5 g
 SAPONINA 10.5 g
 PROTEINA 13.5 g
 OTROS:



IV. PARTE EXPERIMENTAL (DESCRIPCION Y RESULTADOS)

La parte experimental está dividida en tres partes que son:

IV.1 Limpieza de la semilla

IV.2 Molienda de la semilla

IV.3 Extracción simultánea de aceite y proteína de la semilla

IV.1 Limpieza de la semilla

Debido al gran porcentaje de impurezas que traía consigo la semilla al llegar a la planta, hubo necesidad de determinar el método de limpieza más eficiente.

Los experimentos que se realizaron con respecto a la limpieza de la semilla, se pueden clasificar en:

IV.1.1 Determinación del tanto por ciento de impurezas.

IV.1.2 Determinación de la densidad aparente y real de la semilla.

IV.1.3 Determinación de la humedad de la semilla.

IV.1.4 Prueba de limpieza en una "Mesa de Gravedad".

IV.1.5 Prueba de limpieza en una máquina electrónica separadora por color.

IV.1.1 Determinación del tanto por ciento de impurezas. Después de cuartear una mezcla y tomar tres muestras aleatorias se les pesaron con todo e impurezas. Después se separó la semilla útil de las impurezas, pesando ambos para determinar el tanto por ciento, en peso, de las impurezas. El resultado está resumido en la siguiente tabla:

Tabla No. 6.- Porcentaje de impurezas en la limpieza de las semillas

		Peso de la semilla	Peso de Basuras	% de Impurezas
Lote A	325.6 g	261.45	64.15	19.7
Lote B	239.5 g	239.5	62.9	20.8
Lote C	347.7 g	273.6	70.1	20.4

IV.1.2 Determinación de la densidad aparente y real de la semilla.

La densidad aparente se determinó por medio del método del volumen ocupado por la muestra y el peso de ésta. La densidad real se determinó por medio del despliegamiento de volumen.

Estos experimentos se hicieron con tres lotes distintos escogidos aleatoriamente (con 20% de impurezas). Los resultados son como sigue:

Tabla No. 7.- Densidad aparente de la semilla

	Cantidad necesaria para llenar la probeta de 1000 cm ³	Densidad aparente g/cm ³
Lote A	636.4 g	.6364
Lote B	643.6 g	.6436
Lote C	637.1 g	.6371

Tabla No. 8.- Densidad real de la semilla con 20% de impureza

Datos	Cantidad Semilla	Aumento del volumen de la probeta	Densidad real g/cm ³
Lote A	273 g	245 cm ³	1.1142
Lote B	408 g	350 cm ³	1.1657
Lote C	350 g	270 cm ³	1.1296

Tabla No. 9.- Densidad de las impurezas

	Cantidad de impurezas	Volumen que ocupa	Volumen que desplaza	Densidad aparente	Densidad real
Lote A	210 g	514.7 cm ³	170 cm ³	.406 g/cm ³	1.235 g/cm ³
Lote B	237 g	579.5 cm ³	194.3 cm ³	.409 g/cm ³	1.219 g/cm ³
Lote C	210 g	514.8 cm ³	172 cm ³	.408 g/cm ³	1.225 g/cm ³

Tabla No. 10.- Densidad de la semilla sin impurezas

	Cantidad de semillas	Volumen que ocupa	Volumen que desplaza	Densidad aparente	Densidad real
Lote A	261 g	409.5 cm ³	237.5 cm ³	.637 g/cm ³	1.098 g/cm ³
Lote B	295 g	460 cm ³	268.5 cm ³	.641 g/cm ³	1.098 g/cm ³
Lote C	260.5 g	410 cm ³	237.5 cm ³	.635 g/cm ³	1.096 g/cm ³
Promedio				.637 g/cm ³	1.097 g/cm ³

IV.1.3 Determinación de la humedad de la semilla

Para determinar la humedad se empleó un método simple que consiste en determinar la pérdida de peso, de agua y de algunos elementos volátiles, para lo cual la muestra molida se introducía a una estufa a 100°C en el término de tres horas. Los resultados son:

Tabla No. 11.- Semilla con 20% de impurezas

		Peso después de secar		
Lote A	100 g	91.2 g		8.8% de humedad
Lote B	100 g	91.6 g		8.4% de humedad
Lote C	100 g	90.5 g		9.7% de humedad
Promedio				8.83% de humedad

Tabla No. 12.- Determinación de humedad en la se
milla sin impurezas

		Peso después de secar		
Lote A	100 g	92 g		8 % de humedad
Lote B	100 g	92.2 g		7.8% de humedad
Lote C	100 g	91.8 g		8.2% de humedad
Promedio				8 % de humedad

Tabla No. 13.- Determinación de humedad de las
impurezas (no se molieron)

		Peso después de secar		
Lote A	100 g	88 g		12 % de humedad
Lote B	100 g	87.9 g		12.1% de humedad
Lote C	100 g	87.9 g		12.1% de humedad
Promedio				12.06% de humedad

IV.1.4 Prueba de limpieza en una "Mesa de gravedad"

Se hicieron dos corridas de 80 kg de semilla con 20% de impurezas, obteniendo como resultado:

Tabla No. 14.- Primera Corrida: 80 kg (40 kg por el canal 1, 20 kg por el canal 2 y 20 kg por el canal 3).

Análisis a tres muestras representativas de cada canal de 100 g. Muestras A, B t C, canales 1, 2 y 3.

	Peso total	Peso de semilla	Peso impurezas	% de impurezas
A ₁	100 g	95.6 g	4.4 g	4.4
B ₁	100 g	95.5 g	4.5 g	4.5
C ₁	100 g	95.45 g	4.55 g	4.55
				porcentaje medio 4.5% de impurezas
A ₂	100 g	83 g	17 g	17
B ₂	100 g	83.2 g	16.8 g	16.8
C ₂	100 g	82 g	18 g	18
				porcentaje medio 17% de impurezas
A ₃	100 g	46.8 g	53.2 g	53.2
B ₃	100 g	47.2 g	52.8 g	52.8
C ₃	100 g	47 g	53 g	53
				porcentaje medio 53% de impurezas

Tabla No. 15.- Segunda Corrida: Segundo lote de 80 kg

Muestras D, E y F. Canales: 1, 2 y 3

	Peso total	Peso de semilla limpia	Peso impurezas	% de impurezas
D ₁	100 g	95.2 g	4.8 g	4.8
E ₁	100 g	95.7 g	4.3 g	4.3
F ₁	100 g	95.4 g	4.5 g	4.6
				Promedio 4.56%

D ₂	100 g	83.2 g	16.8 g	16.8
E ₂	100 g	83.15 g	16.85 g	16.85
F ₂	100 g	83.2 g	16.8 g	16.8
				Promedio 16.8%
D ₃	100 g	46.2 g	53.8 g	53.8
E ₃	100 g	48 g	52 g	52
F ₃	100 g	46.4 g	53.6 g	53.6
				Promedio 53.13%

Tabla No. 16.- Balance de material sobre la "Mesa de gravedad"

Alimentación: 80 kg con impurezas: 20% con impurezas 16 kg
 80% semilla limpia 64 kg
 80 kg

Canal	Peso total (kg)	% de impurezas	% de semilla limpia	Peso im purezas (kg)	Peso de la semilla (kg)
Canal 1	40	4.5	95.5	1.8	38.2
Canal 2	20	17	83	3.4	16.6
Canal 3	20	53	47	10.6	9.4
Total				15.8	64.2

IV.1.5 Prueba de limpieza en una máquina electrónica separadora por color.

Debido a que la máquina era prestada, solo se pudo realizar una corrida obteniendo los resultados siguientes:

Tabla No. 17.- Análisis: muestra A, B y C y canales 1 y 2

Muestras	Peso de la muestra (kg)	Peso de la semilla (kg)	Peso de la basura (kg)	% impureza	% Medio
A ₁	228.5	225.1	3.42	1.5	
B ₁	176	173.4	2.64	1.5	
C ₁	108	106.4	1.62	1.5	
					1.5

IV.2 Molienda de la Semilla

Se hicieron pruebas en diferentes tipos de molinos: molino de martillos oscilantes, molino de martillos fijos, molino de discos y molino de cuchillas. Se obtuvieron los resultados siguientes:

IV.2.1 Molino de martillos oscilantes

Tabla No. 18.- Efecto de velocidad de molienda

	% de semilla molida que pasa la malla de 30	Observaciones
Normal	57.1	
Velocidad <u>modi</u> ficada (rápida)	61.55	Se obtiene mayor porcentaje de <u>fi</u> nos, pero se <u>ata</u> ca el molino

Tabla No. 19.- Efecto del número de pasos por el molino

	% de semilla molida que pasa la malla de 30	Observaciones
Normal	55.4	
Dos pasos	79.15	
Tres pasos	79.1	Aumenta signifi <u>ca</u> tivamente los <u>fi</u> nos con el segun <u>do</u> paso, ya no así con el tercer paso porque el material se maltrata por <u>ca</u> lentamiento y <u>ocl</u> usión.

IV.2.2. Molino de martillos fijos (EPAISA) ^{1/}

Muestra: 2 kg

Se pasaron los 2 kg de semilla por el molino, saliendo el 100% de los finos que pasaban por la malla de 30, pero solo alcanzaron a salir 200 g de finos, es decir, este tipo de molino no sirvió de bido a que se atasca muy fácilmente y se calienta demasiado, pro duciendo humo.

IV.2.3 Molino de cuchillas (molienda y mezclas)

Este molino se puede adaptar a grandes capacidades y trabaja bien si no se le exigen finos; al exigirlos, se produce una masa apel mazada que atasca el molino y calienta el material.

Trabajo normal: 45% de partículas que pasan por la malla de 30.

IV.2.4 Molino de disco BAUER (LANFI) ^{2/}

- a) Primera prueba (Disco No. 6945): no sirvió, se atascó.
- b) Segunda prueba (Disco No. 6983): trabaja muy rápido, produciendo: primer paso el 23% que pasa por la malla de 30.
- c) Tercera prueba (Disco quebrador No. 6912A): primer paso el 54% que pasa por la malla de 30.

Observaciones. Este molino trabajó perfectamente, sin atascarse ni calentarse, a una velocidad de molienda muy rápida, quizás sin producir los finos que produjo el molino de martillos oscilantes, pero sin tener problemas mecánicos ni de calentamiento.

IV.3 Extracción Simultánea de Aceite y Proteína de la Semilla

El Método seguido se basó en el diagrama de flujo propuesto por

^{1/} Equipos para Procesos Agrícolas e Industriales, S.A.

^{2/} Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial.

D. S. Bhatia (5) y se hizo en dos formas: extracción ácida a pH 4 y extracción alcalina a pH 9.

Los pasos que se siguieron fueron:

- a) Se pasó la semilla por un trapiche de laboratorio, se molió en licuadora y se tomó la semilla que pasó a la malla de 20. Después se licuó por espacio de 15 minutos y se filtró. La semilla residual se volvió a extraer y se volvió a filtrar y así hasta llegar a tres extracciones. Una vez extraída la semilla, se analizó la cantidad de aceite, sarsapogenina y la proteína que quedó, tanto en la semilla residual como en el extracto.
- b) Se trató la semilla residual, primero con heptano para extraer el aceite y después con etanol para extraer la saponina; luego se dividió la semilla residual para determinar la proteína por el método de Kjeldahl y la otra parte se hidrolizó con ácido clorhídrico para encontrar la sarpogenina que no se había extraído con el etanol.
- c) Se trató el extracto con heptano y se separaron las fases; en la fase ligera se extrajo el aceite con el heptano. La fase pesada se dividió en dos partes determinando proteína por el método de Kjeldahl en una e hidrolizando la otra para extraer la sarsapogenina.

Para poder tener una base de comparación sobre la eficiencia del procedimiento se tomó semilla, que se había analizado previamente, teniendo las características siguientes:

Análisis de 100 g de muestra de la semilla. Semilla pasada por trapiche.

- 5 extracciones con heptano (aceite)
- 5 extracciones con etanol (saponina)

Extracción con heptano:

Volumen del disolvente = 5 : 1 de peso de muestra

Tiempo de extracción = 30 minutos

Temperatura = ebullición

Peso de muestra = 100 g

Volumen = 500 cm³

Datos:

Peso del matraz solo: 281.1 g

Peso del matraz con aceite = 308.3 g

Por diferencia: gramos de aceite = 27.2

gramos de aceite por corrección: Volumen de aceite = 30 cm³

Planteamiento:

$$g = f \times v$$

$$g = .8967 \times 30 = 26.901$$

$$g = \underline{g_1} + \underline{g_2} = \underline{27.2} + \underline{26.901} = 27.0505$$

$$\begin{array}{r r r} 100 \text{ g} & - & 100\% \\ 27.0505 \text{ g} & - & x \% \end{array}$$

$$x = 27.0505\% \text{ de aceite}$$

Extracción con etanol

Peso de la muestra después de secar = 64 g

Tiempo de extracción = 30 minutos

Temperatura = ebullición

Volumen = 350 cm³

Datos:

Peso del matraz sólo = 356.5 g

Peso del matraz con saponina = 377.5 g

Por diferencia: g de saponina = 21

$$100 \text{ g} \quad - \quad 100\%$$

$$21 \text{ g} \quad - \quad x \%$$

$$x = 21\% \text{ de saponina}$$

Resultado total:

% de aceite = 27.0505

% de saponina = 21

Conclusiones para evaluar la eficiencia de la extracción de los componentes.

% de aceite = 27

% de saponina = 21

% de proteína = 27 *

% de agua = 8**

Otros = 17

* L.A.N.F.I.

** Primera etapa (ver IV.1.3)

IV.3.1 Extracción a pH 4

Muestra de semilla = 50 g

Relación de extracción = 10 : 1

Tres extracciones

Solución a pH 4

Tiempo = 30 min

Temperatura = 40°C

Extracción de aceite con heptano (separación dos fases).

Datos

Peso del matraz solo = 295 g

Peso del matraz con aceite = 297 g

Por diferencia: g de aceite = 2 g

Volumen del aceite = $2.1 \text{ cm}^3 \times .8967 \text{ g/cm}^3 = 1.883 \text{ g de aceite}$

Promedio = $\frac{1.883 + 2}{2} = 1.9415 \text{ g de aceite}$

Volumen de la solución después de extraer el aceite = 1400 cm^3

Nota.- Se perdió volumen debido a la formación de una emulsión del heptano y el agua.

Determinación de proteína.

Se toma una alícuota de 25 cm^3 de un total de 1400 cm^3 . Se deshidrata con 2 a 3 ml de ácido sulfúrico, se somete a digestión, se destila y se titula con ácido clorhídrico.

cm^3 de ácido clorhídrico 0.09286 N gastados en la titulación = 2.5

g de nitrógeno = $0.28 \times 2.5 \times .09286 \times \frac{1400}{25} = .3640 \text{ g}$

Proteína = nitrógeno $\times 6.25 = .3640 \times 6.25 = 2.275 \text{ g}$

Análisis sobre la semilla residual (45 g):

Extracción de aceite con heptano

Relación de disolvente = 5 : 1

Tiempo de extracción = 30 min

Número de extracciones = 5

Temperatura : ebullición.

Datos:

Peso del matraz solo = 282.2 g

Peso del matraz con aceite = 293.5 g

Diferencia: = 11.3 g de aceite

Volumen de aceite = 12 cm³

Corrección por volumen:

$g = \rho \times \text{volumen} = .8967 \times 12 = 10.7604$

Promedio: $\frac{11.3 + 10.7604}{2} = 11.0356$ g de aceite

Extracción de saponina con etanol

Muestra = 29.5 g después de secar

Relación de disolvente = 5 : 1

Tiempo = 30 min

Temperatura = ebullición

Datos:

Peso del matraz solo = 281.7 g

Peso del matraz con saponina = 291.8

Diferencia: = 10.1 g de saponina

Determinación de la proteína (16.85 g después de secar)

1 g \rightarrow digestión \rightarrow destilación \rightarrow titulación (ácido clorhídrico 0.09286 N

Volumen gastado = 28.2 cm³

% de nitrógeno = $\frac{0.028 \times 24.2 \times .09286 \times 100}{1 \text{ g}} = 7.33\%$

% de proteína = nitrógeno \times 6.25 = 7.33 \times 6.25 = 45.85%

45.85%	-	x g
100%	-	16.85 g
x = 7.72 g de proteína		

IV.3.2 Extracción a pH 9

Semilla muestra = 50 g

Número de extracciones: tres

Relación de disolvente = 10 : 1

Tiempo = 30 min

Temperatura = 40 °C

Análisis en la fase líquida:

Extracción de aceite con heptano de la solución

Datos:

Peso del matraz solo = 252.8 g

Peso del matraz con aceite = 260 g

g por difusión de peso = 7.2 g

Volumen = 8 ml

g por corrección de volumen = $8 \times .8967 = 7.1808$ gPromedio: $\frac{7.2 \text{ g} + 7.1808}{2} = 7.1904$ g

Determinación de proteína por el método de Kjeldahl

Volumen de la solución = 1400 cm³Muestra = 25 cm³Volumen utilizado para neutralizar = 5 cm³g de nitrógeno = $0.28 \times 5 \times .09186 \times \frac{1400}{25} = .728$ gProteína = nitrógeno $\times 6.25 = .728 \times 6.25 = 4.5501$ g de proteína

Análisis sobre la fase sólida :

Semilla residual = 37 g

Extracción de aceite con heptano

Relación de disolvente = 5 : 1

Tiempo = 30 min

Temperatura = Ebullición

Número de extracciones: 5

Datos:

Peso del matraz solo = 291.1 g

Peso del matraz con aceite = 296.95 g

g de aceite por diferencia de peso = 5.85 g

Volumen = 6.5 cm³

g por corrección de volumen = 6.5 x .8967 = 5.8285

Promedio = $\frac{5.85 + 5.8285}{2} = 5.839$ g de aceite

Extracción de saponina de una semilla residual

Muestra = 29.6 g

Número de extracciones = 5 con etanol

Tiempo = 30 min

Temperatura = Ebullición

Datos:

Peso del matraz solo = 344.8 g

Peso del matraz con saponina = 351.7 g

g de saponina = 6.5 g

Determinación de proteína. (22.7 g de semilla)

Muestra = 1 g

Volumen necesario = 19.9 cm³

% de nitrógeno = $\frac{.028 \times 19.9 \times .09256 \times 100}{1 \text{ g}} = 5.174\%$

% de proteína = % de nitrógeno x 6.25 = 6.25 x 5.174 = 32.33%

32.33% - x g

100% - 22.7 g

x = 7.3389 g de proteína

Resultados a pH 9

Eficiencia de la Extracción

Aceite 53.26%

Proteína 33.7 %

Porciento de extracción en base a 27% de proteína y 27% de aceite
53.26% del aceite
33.7% de la proteína

Conclusiones sobre la extracción.

El mayor problema de esta extracción se encuentra en el sistema de filtración, debido a la emulsión que forma el sistema agua-aceite-saponina. Esta se logra en un período de una hora. Otro de los problemas es la separación de la emulsión al extraer con heptano, que se rompe adicionando ácido clorhídrico acuoso al sistema hasta pH 5 y agregando un 5% de cloruro de sodio a la solución.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Definitivamente en la semilla de la Yucca filifera se encuentra un gran potencial para desarrollo, tanto social como industrial: socialmente, dando oportunidad a los habitantes de muy escasos recursos que habitan en las zonas áridas del país de recibir una remuneración económica por la recolección del fruto de la palma mencionada. Industrialmente por las siguientes ventajas:

1. Se obtiene un alto rendimiento de una sola saponina, lo cual no es el caso de otras especies vegetales que contienen esteroides.
2. La extracción de la sarsapogenina es sencilla y tiene poca interferencia de otros productos (aceite).
3. El rendimiento alcanzado es de hasta un 8% con respecto a la saponina; de un 25 a 28% en relación al aceite y de hasta un 30% de nitrógeno protéico.

4. Se aprovecha únicamente el fruto, así que la planta no se ve afectada y puede producir frutos durante largo tiempo.
5. Cada planta produce una a undante cantidad de frutos (hasta 10 racimos por planta).
6. La recolección es simple, por la disposición misma de los frtos en la planta.

Recomendaciones:

1. El descascarillado no es recomendable debido a la naturaleza misma de la semilla, además de que se ha visto que la cascari-lla no interfiere en la extracción de los productos básicos, como son la saponina y el aceite.
2. Se recomienda determinar la calidad del nitrógeno que contiene la semilla como base de su uso futuro en función del nitrógeno protéico.
3. Se recomienda hacer estudios de los residuos de saponina en el aceite, que hasta ahora se ha enfocado para uso comestible, para que en el caso de que existan tales residuos, se realicen investigaciones acerca de otros posibles usos industriales del aceite, como en pinturas, lacas, barnices y fabricación de derivados del hule.
4. Se recomienda efectuar una limpieza de la semilla, respecto a sus impurezas, antes de procesarla, ya que normalmente contiene un 20% de impurezas que bajan el rendimiento total de extracción, recomendándose por su sencillez la "Mesa de Gravedad", utilizada para los experimentos de esta tesis.

5. Para tener un buen rendimiento en la extracción se recomienda lograr un tamaño de partículas de la semilla lo más pequeño posible; para este propósito el equipo que dió el mejor resultado fué el molino Bauer con los discos números 6983 y 6912A.

6. En caso que el estudio en la calidad del nitrógeno acuse un resultado positivo proteínico, se recomienda entonces realizar las extracciones en una Planta Piloto, diseñando un buen sistema de emulsificación para lograr la extracción acuosa de aceite y proteína.

7. Se recomienda realizar pruebas toxicológicas de los productos derivados de la extracción en la planta piloto, para asegurarse que los residuos extraños no sean dañinos a la salud.

BIBLIOGRAFIA

1. Aatschul, A. M. Processed plant protein foodstuffs. Academic Press Inc. Publishers. New York. (1958).
2. Arroz.- Grupo Nacional del Arroz. Ed. Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del Libro. La Habana. (1971).
3. Ayres, G. H. Análisis Químico Cualitativo. Castillo. Madrid. (1970).
4. Belter, P. A., Beckel, A. C. and Smith, A. K. Soybean Protein Production. Industrial and Engineering and Chemistry. 36: 799-803. (1944).
5. Bhatia, D. S., Parria, H. A. B. and Baliga, B. P. Peanut Protein Isolate, Production and Properties. J. of Food Sci. and Technology 3:2 - 12. (1966).
6. Carter, C. M., Rhee, K. C., and Mattil, K. F. Simultaneous Recovery of Protein and Oil from Raw Peanuts in an Aqueous System. J. of Food Sci. 37: 90 - 93. (1972).
7. Carter, C. M., Rhee, K. C. and Mattil, K. F. Aqueous Process for Pilot Plant-Scale Production of Peanut Protein Concentrate. J. of Food Sci. 38: 126 - 128. (1973).
8. Carter, C. M., Rhee, K. C. and Mattil, K. F. Aqueous Extraction - An Alternative Oil Seed Milling. J. Am. Oil Chem. Soc. 51: 137 - 141. (1974).
9. Chayen, I. H. Syntetic Prothetic Protein - Lipid Complex and a Method of Making the same from Raw Vegetables Materials. U.S. Pat. 2,928,821. (1960).
10. Coste, R. El Café. Ed. Blume. Barcelona. (1969).
11. Hutchins, R. P. Solvent Extraction Including Seed Pretreatment. J. Am. Oil Chem. Soc. 33: 457-461. (1956).
12. Industrialización del Dátil de la Yucca filifera. CONACYT-CONAZA. México, D.F. Mayo. (1973).
13. Ladrón De Guevara, R. F. J. Cálculos para la Ingeniería Básica de una Planta de Extracción. Tesis Profesional Universidad Iberoamericana. México, D.F. (1975).

14. Liege, E. G. Decorticator for Hulling Grains. U.S. Pat. 2,731,052. (1951).
15. Linder, P. and Hoffmann, J. Machine for Husking Cereal Grains. U.S. Pat. 2,616,466. (1948)
16. Lockport, J.E.G. Grain Hulling Apparatus. U.S. Pat. 2,667,197. (1950).
17. Lowry, O.H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. And Randall. Protein Measurement with Folin Phenol Reagent. J. Biol. Chem. 193; 265. (1951).
18. Lucidi, I.C. Method of Decorticating Sesame Seeds. U.S. Pat. 3,054,433. (1956).
19. Official and Tentative Methods of Analysis. A. O. A. C. Sixth Edition. (1945).
20. Orozco, F. D. Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Porrúa, S.A. México, D.F. (1975).
21. Perry, J. H. Chemical Engineer's Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Kogakusha, LTD Tokyo. (1974).
22. Pierce, R.M. Sunflower Processing Techniques. J. Am. Oil Chem. Soc. 47: 248A. (1970).
23. Pominski, Laborde, E.J., Cirino, V.O. and Vix, H.L.E. Processing Variables in Peanut Protein Preparations. J. Am. Oil Chem. Soc. 28:508 - 512. (1951).
24. Pominski, Gordon, W. D., Mc Courthey, E. J., Vix. H.L.E. and Gastrock, E.A. Production of Peanut Protein. Ind. and Eng. Chem. 44: 925 - 928. (1952).
25. Pominski, J., and Gordon, W.O. Note on the Use of Calcium Hidroxide in the preparation of Peanut Protein. J. Am. Oil Chem. Soc. 30: 88-89. (1953).
26. Sánchez, H. J. Estudio de Métodos para Concentrar la Proteína de la semilla de Ajonjolí y su Evaluación Económica. Tesis Profesional. I.P.N. México, D.F. (1966).
27. Saucedo, R. S. Sarsapogenina en Semilla de Yucca filifera su Extracción y su Degradación. Tesis Profesional. U.A. de Coahuila, Saltillo, Coahuila. (1975).

28. Soils, J.E.D. Síntesis para Procesos para la Extracción con Solventes de Semillas Oleaginosas. Tesis Profesional. Universidad Iberoamericana. México, D.F. (1975).
29. Viraktamath, C. S., Raghavendra, G. and Desikachar, H. S. R. Use of Rice Milling Machinery for Comercial Pearling of Grain Sorghum (Jowar) and Culinary Uses for Pearled Sorghum Products. J. of Food Sci. and Tech. 8 No. 1 (11-13) (1970).
30. Wingard, M. R. Extraction Methods For Drying Oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 36: 483 - 490. (1959).