



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**EL RICINO (*Ricinus communis*) COMO UNA
ALTERNATIVA EN LOS SECTORES AGROPECUARIO
E INDUSTRIAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

MARCO ANTONIO ESPINDOLA CASTRO

ASESOR: ING. CONSUELO PANIAGUA CRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES

DR. JAIME KOLLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"El Ricino (Ricinus Communis) como una alternativa en los Sectores Agropecuario e Industrial".

que presenta el pasante: Marco Antonio Espindola Castro
con número de cuenta: 2007659-6 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de Mayo de 1997

PRESIDENTE	<u>Ing. Raul Espinoza Sánchez</u>
VOCAL	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Consuelo Parinagua Cruz</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Raymundo Gómez Orta</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Roberto Guerrero Agama</u>

(Firma)
(Firma)
(Firma)
(Firma)
(Firma)

**DEDICO ESTA TESIS CON TODO
CARIÑO , A MI MADRE:**

MARGARITA CASTRO REYNOSO

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, institución que me formó y me mostró los senderos de la superación.

A la Ing. Consuelo Paniagua Cruz, por su entusiasmo, acertadas aportaciones y amistad. Sin su dirección, no hubiera sido posible este trabajo.

A los ingenieros: Raul Espinoza Sánchez,
Edgar Ornelas Díaz,
Raymundo Gómez Orta
J. Roberto Guerrero Agama

Por su paciencia y valiosos consejos que me ubicaron y me permitieron concluir esta tesis.

Al Dr. Pablo Pérez Gavilán Escalante, que me permitió el uso del laboratorio y por su apoyo constante.

Al Dr. Mario Díaz y a la M.S. Veronique Abelé, por revisar la tesis y por sus sugerencias y correcciones.

A mi cuñada Luz Ma. Martínez Boyer y a mis sobrinas Beatriz y Sofía Espindola Mondragón, por mecanografiar las dos versiones de este trabajo.

A mis hermanos Victor Hugo y Juan Manuel, por su ayuda con la computadora, y a mi hermano Miguel Ángel por su colaboración en la traducción de artículos.

INDICE

	Página
I.- INTRODUCCIÓN	1
II - OBJETIVOS	4
III.- LA PLANTA DEL RICINO	5
3.1. Origen e Historia.	5
3.2. Descripción Botánica	7
3.3. Condiciones Ecológicas	15
3.4. Variedades Usadas en México	16
3.4.1. Fitomejoramiento	20
3.5. Prácticas de Cultivo	20
3.5.1. Preparación del Terreno	21
3.5.2. Siembra	21
3.5.3. Otras Labores	23
3.6. Cosecha.	24
3.7. Manejo y Almacenamiento	25
3.8. Plagas y Enfermedades	28
IV.- SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LA HIGUERILLA.	31
4.1 Mercado Internacional	31
4.2 Mercado Nacional.	33
4.2.1. Producción Nacional de Aceite	36
4.2.2. Oferta y Demanda del Aceite de Ricino.	37
4.2.3. Comercialización	40
V.- EL ACEITE DE RICINO.	44
5.1. Extracción del Aceite de Ricino.	44
5.1.1. Extracción mecánica	45
5.1.2. Extracción por solventes.	50
5.1.3. Refinación.	51
5.1.4. Alergia a la pasta del ricino	53
5.2. Características Físicas y Químicas del Aceite de Ricino	53

5.2.1. Especificaciones técnicas.	55
5.3. Derivados y Usos.	56
VI.- LA PASTA DEL RICINO.	62
6.1. La Proteína de la Pasta de Ricino.	62
6.2. El Aceite de Ricino Residual.	65
6.3. Los Tóxicos de la Pasta del Ricino	66
6.3.1. La ricina	67
6.3.2. La ricina	68
6.3.3. El alérgico CB-IA	68
6.4. Procedimientos para la Eliminación de Tóxicos	69
6.4.1. Generalidades	69
6.4.2. Procedimientos físicos, químicos y biológicos.	71
6.4.3. Concentración y aislamiento de las proteínas	73
6.4.3.1. Generalidades.	73
6.4.3.2. Concentrado de proteína	75
6.4.3.3. Aislamiento de las proteínas	76
6.4.4. Otros métodos para la eliminación de tóxicos.	80
6.5. Otros Usos de la Pasta de Ricino	80
VII.- ALTERNATIVAS DE INVESTIGACIÓN Y USO DEL RICINO.	82
VIII.- CONCLUSIÓN	86
IX.- BIBLIOGRAFÍA	89

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Clasificación Taxonómica del Ricino.	8
2	Composición de la Semilla del Ricino.	13
3	Contenido de Aceite de Algunas Especies de Ricino	17
4	Características de Algunas Variedades de Ricino.	18
5	Altura y Rendimiento de 6 Variedades de Ricino.	19
6	Producción de Ricino en México.	35
7	Precio Medio Rural de la Semilla de Ricino	36
8	Importación del Aceite de Ricino y sus Fracciones Cantidad en Kg	41
9	Importación del Aceite de Ricino y sus Fracciones Valor en Miles de Dólares.	42
10	Exportación de Aceite y Semilla de Ricino.	43
11	Producción en 48 horas de Aceite de Ricino Dos Prensados.	48
12	Producción en 24 horas de Aceite de Ricino Un Prensado.	49
13	Ácidos Grasos del Aceite de Ricino	54
14	Normas Químicas para el Aceite de Ricino.	55
15	Análisis Bromatológico de la Pasta de Ricino.	62
16	Aminograma de la Proteína de Ricino	63
17	Calificación Química de la Pasta de Ricino.	64
18	Minerales en la Pasta Cruda de Ricino.	64
19	Análisis Bromatológico de la Pasta de Ricino.	65
20	Hidroxiácidos en la Grasa Corporal de Pollos.	66
21	Aminoácidos en la Pasta de Ricino	72
22	Estudios de la Pasta de Ricino a Diferentes Contenidos de Episperma.	74
23	Variables donde se Encuentra la Mayor Solubilidad de Proteína	79
24	Análisis Bromatológico del Concentrado de Proteína.	80
25	Nutrientes Básicos en la Pasta de Ricino.	81

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Rama Florida, Fruto y Semilla del Ricino.	9
2	Inflorescencia del Ricino	11
3	La Semilla del Ricino.	14
4	Diagrama de Flujo de la Extracción del Aceite de Ricino.	52

I.- INTRODUCCIÓN

Los actuales problemas financieros de México imponen la necesidad de substituir importaciones y estimular las exportaciones. Buscando un valor agregado a los productos agrícolas de exportación y tratando de lograr un desarrollo regional, se ha pensado en el desarrollo de las agroindustrias.

Una de los cultivos que pueden incrementarse en calidad y extensión es el del ricino, el incremento de este cultivo, y el aumento de la capacidad de las beneficiadoras de esta oleaginosa, traería por consecuencia el desarrollo de algunas de las zonas más pobres de México.

El ricino o higuierilla, se ha venido cultivando en México marginalmente en el Estado de Oaxaca, Michoacán y Veracruz, además se han realizado algunas siembras en otras entidades del país. La más importante de estas siembras se llevo a cabo en 1943 y 1944, a raíz de la segunda Guerra Mundial. Se hicieron esfuerzos para entregar a los Estados Unidos, 150 000 toneladas de semilla de higuierilla, que según cálculos de la Secretaría de Agricultura, requería la siembra de 80 000 hectáreas en 1943 y de 150 000 en 1944. Estas siembras se llevaron a cabo en el estado de Tamaulipas, pero cuando terminó la guerra, se perdió el mercado americano y decayó la siembra de ricino en este estado mexicano (Escalona, 1975).

En el Anuario Estadístico del Comercio Exterior del año de 1995, se reporta que México importó aceite por la cantidad de 880 000 dólares (AECE, 1995). En este mismo

año, solo se reportan 539 ton. de semilla producida en México (AEPA, 1995).

En la actualidad la industria de la higuierilla en México solo surte el mercado nacional, trabajando al 15 % de su capacidad (la capacidad total se estima en 3600 toneladas por año) y con costos de producción muchas veces superiores al del aceite de importación. (Escalona, 1975)

Tratando de salvar esta actividad, los fabricantes han recurrido a la compra de semillas del exterior y algunos de ellos intentan transformaciones del aceite que lo hagan más rentable.

La mayoría de los alimentos al ser industrializados, generan subproductos usados en la alimentación animal, aunque muchos de ellos se desaprovechan. Entre los subproductos más utilizados están el suero de leche, la fauna de acompañamiento marino y la pasta de oleaginosas.

Todos estos subproductos representan una fuente de proteínas que aún cuando no aporten niveles adecuados de aminoácidos, principalmente los esenciales, al mezclarlos con otras fuentes proteínicas se complementan obteniéndose una proteína de mejor calidad (Báez, 1975).

Las semillas de oleaginosas presentan ciertas limitaciones en su consumo debido a la presencia de compuestos tóxicos y otros factores anti-nutricionales, como en el caso de la semilla de algodón con un alto contenido de gossipol (Harden, 1975), la semilla de cacahuate con aflatoxinas (Uribe, 1977), el cártamo y el girasol con alto contenido de fibra cruda (Báez, 1975), la soya con la presencia de hemaglutininas inhibitorias de la tripsina (Koshiyama, 1968)

La harina de ricino contiene tres potentes tóxicos. La ricina, el CB-1A, (un potente

alergénico) y el alcaloide ricinina.

Existen procedimientos para eliminar o reducir los compuestos antinutricionales y tóxicos, siendo los más importantes el descascarillado de la semilla, los tratamientos químicos, mecánicos, biológicos, térmicos y el aislamiento de la fracción proteínica.

Tomando en cuenta la gran importancia del ricino, el presente trabajo consiste en una revisión bibliográfica. Además se realizó una visita a los Valles Centrales de Oaxaca donde se entrevistó a pequeños productores y a los industriales aceiteros Torres barriga y Jesús Molina.

II.- OBJETIVOS

I.- Proponer líneas de investigación que ayuden a mejorar el cultivo, beneficio y uso del ricino en base a una revisión bibliográfica

II.- Sugerir alternativas de uso para la semilla y la pasta del ricino.

III.- LA PLANTA DEL RICINO

3.1. Origen e historia.

El ricino o higuierilla (*Ricinus communis L.*) pertenece a la familia de las Euforbiaceas y es también conocida como Palma Cristi, higuera infernal o del diablo, yaga bilapa y yaga higo en zapoteco, yuntu-nduchidzaha en mixteco, degha en otomí y doch en maya. Los ingleses llamaron al aceite de esta planta "castor oil", pues fue confundido con el aceite que se obtiene del castor y que era usado en medicina y perfumería. Aun cuando la palabra inglesa para designar al castor es "beaver", se usaba el término latino "castoreum" para nombrar al aceite de él obtenido. Otra versión dice que "castor oil" es una corrupción de "castus oil" que a su vez tomó el nombre de una planta llamada "Vitex agnus castus" que se confundió con la higuierilla (Preciado, 1959)

De esta confusión resulta que en algunas malas traducciones del inglés al español, se llame "aceite de castor" al aceite de ricino

El aspecto de los granos, principalmente los pequeños, recuerdan la forma de una garrapata, que es lo que significa la palabra "ricino" (Robles, 1980)

No se sabe de donde es originaria la higuierilla. Se supone que lo es de África, de donde se extendió al Medio Oriente como planta silvestre. El hecho de haber encontrado semillas y aceite en sarcófagos egipcios, demuestra su uso en el antiguo Egipto para lámparas de alumbrado desde hace 6,000 años (Janson 1974)

En la India y China era conocido desde hace unos 3,000 años, y probablemente se conoció en Europa gracias a los comerciantes fenicios. Durante la dominación árabe en

España el cultivo y extracción de su aceite fué intensiva. Principalmente se usaba en la iluminación, como medicina, en la conservación de pieles y como insecticida.

En América las primeras plantaciones se iniciaron en las islas Bahamas y en las Antillas. En México las primeras plantas de ricino se cultivaron como ornamentales poco después del año de 1535, originándose de simientes provenientes de España y de las Antillas. El nombre de Tartago dado a la planta de la higuierilla es impropio, ya que este corresponde a la catapucia menor (*Euphorbia Lathyris*), la higuierilla es llamada catapucia mayor. (Preciado 1959)

Tradicionalmente, el aceite de ricino ha tenido variados usos como combustible para lámparas, como brillantina para el pelo, en el curtido de pieles y como purgantes.

Se dice que los chinos utilizaban el aceite de ricino en la alimentación, haciéndolo hervir con una pequeña cantidad de alumbre y azúcar (Martínez, 1936)

Preciado (1959) menciona los siguientes usos tradicionales del ricino:

Las hojas de la higuierilla sirven de alimento a una especie de gusano de seda *Bombyx cynthia*. Esta hoja es también consumida por rumiantes, aun cuando contiene ricinina, un alcaloide que puede producir trastornos en el crecimiento.

Las hojas aplicadas como cataplasma son útiles para el dolor estomacal, erisipela, gripe e inflamación de la matriz.

Los indígenas Sérís aplican semilla machacada en inflamaciones y heridas de la cabeza.

Contra abscesos y contusiones se aplican hojas en la parte afectada.

Mezclado con cal fina recién apagada se obtiene un cemento de buena calidad para trabajos finos.

En García (1984), podemos encontrar los siguientes usos:

Un extracto de la semilla se usa como complemento de la semilla de *Cucurbita pepo* como antihelmintico

Las hojas aplicadas son útiles contra neuralgias y dolores reumáticos

Las hojas y tallos jóvenes en extracto son insecticidas, y en extracto en medio básico actúan como fungicida contra varias especies de microorganismos.

Las hojas contienen esteroides y actúan como antiviral contra *Vaccinia virus*.

La raíz es antiprotozoaria contra *Entamoeba histolytica*.

El tallo es anticancerígeno en epidermis y nasofaringe

En algunas áreas de Nigeria, la semilla, que posee tres potentes tóxicos (ricina, ricinina y un alergénico), es usada como alimento para humanos después de detoxificarla por fermentación (Uzogara, 1990, Vaughan, 1970)

3.2. Descripción Botánica.

El ricino es una especie altamente heterogénea con variaciones de tamaño, forma y color de la planta, así como en tamaño y color de la semilla y la dehiscencia de las capsulas. Hay variaciones en el contenido de aceite de las semillas maduras y en la composición química del aceite. Las semillas son tóxicas y la ingestión de incluso una sola, puede ser fatal para los humanos (Robles, 1980)

El número cromosómico diploide (2n) de la higuera, es 20.

La clasificación taxonómica es:

Cuadro No. 1 Clasificación Taxonómica del Ricino.

Reino.	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División o Phylum	Tracheophyta
Subphylum	Pteropsida
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Geraniales
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonoideae
Genero	Ricinus

Fuente: Robles (1980)

Según la descripción de Robles (1980) y Heredia (1975), el ricino comúnmente alcanza una altura de 2 m., pero en climas benignos llega hasta 10 m. Su sensibilidad a las heladas la hace comportarse como anual en regiones en las que a veces se registran temperaturas inferiores a 0 °C

Frecuentemente se les considera maleza o es usada como sombra en cultivos comerciales de menor altura.

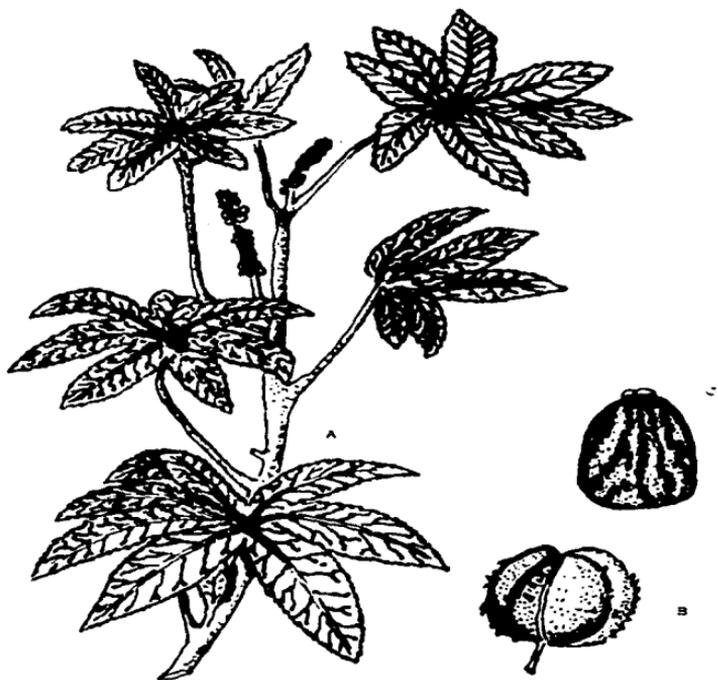


Figura No 1. - A. - Rama Florida, B. - Fruto, C. - Semilla de Ricino

Si bien la mayoría de las plantas de ricino silvestre tienen apariencia de arbusto, con un tallo erguido y numerosas ramas que empiezan casi al ras del suelo, algunas de las variedades cultivadas sólo ramifican en la parte superior del tallo, comportándose arboreamente

Su sistema radicular está bien desarrollado y es pivotante, posee un gran número de raíces secundarias

El tallo es irregular, hueco, nudoso, ramificado, ceroso, de color verde a rojizo

Las hojas son alternas, largamente pecioladas, palmeadas, hendidas, verdes y con lóbulos acuminados y dentados

Las flores son monóicas y apétalas, tienen pedúnculo corto y se producen agrupadas en racimos terminales, estando colocadas las masculinas en la parte inferior y las femeninas en la parte superior. Las primeras tienen el cáliz pequeño con estambres ramificados, tienen un matiz amarillento y están marginadas por un involucreo o perigónio de 5 divisiones. Las femeninas están formadas por un cáliz de 3 a 5 divisiones que rodean el ovario y cuyo único pistilo es corto y se divide en tres estigmas bifidos y afelpados. Los racimos generalmente tienen un 30-50% de flores femeninas y un 50-70% de flores masculinas. Después de que el polen se derrama, la flor masculina se seca y se desprende. El polen sale de la antera y es transportado hasta el estigma, principalmente por el viento.

El ricino está sujeto a polinización cruzada, la polinización libre puede ser causa de diferencia en el tamaño y en el grado de madurez de las cápsulas y semillas de una misma planta. Una vez realizada la fecundación, las flores femeninas desarrollan cápsulas espinosas (Robles, 1980)

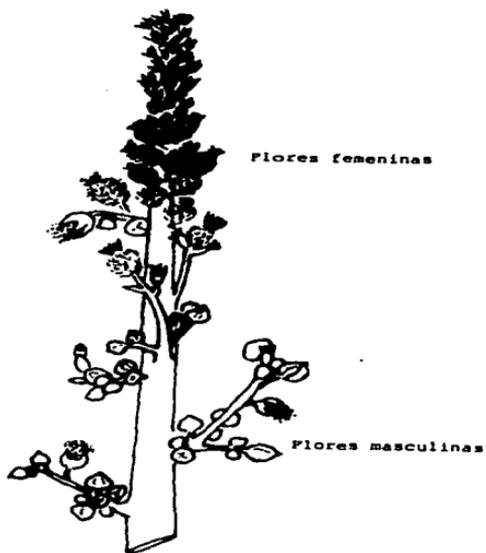


Figura No. 2.- Inflorescencia del Ricino

El fruto es una cápsula, con espinas más o menos blandas, que pueden ser dehiscentes o indehiscentes, según la variedad y clima donde se desarrollan, tiene tres semillas de tamaño variable

Vaughan (1970) describe a la semilla de ricino como un grano oval, cuyo tamaño puede variar entre 0.6 cm por 1.0 cm a 1.5 cm por 2.0 cm. Está recubierta de una testa con veteados más o menos obscuras y de color generalmente marrón, pero que puede variar desde un blanco sucio hasta casi rojo. El episperma es quebradizo y muy grueso, se divide en la endopleura (capa interna) y la testa (capa externa), si resulta dañada, se reduce la calidad de la semilla y, en consecuencia, la de su aceite, cuya acidez aumenta. Bajo el episperma hay una región de parénquima esponjoso con células enlazadas con paredes celulares. Una distinción notoria de la testa es un estrato de células de 300 micras de ancho con fibras curvas formando una hendidura y que se denomina carúncula. El endospermo está compuesto de tejido parenquimatoso que contiene gotas de aceite y granos de aleurona. Estas características de los tejidos de la semilla del ricino son útiles para su identificación dentro de otros alimentos.

En el centro del endospermo se encuentran dos cotiledones delgados y el embrión.

La semilla del ricino pesa entre 0.1 y 1.3 gr., de cuyo peso un 25 a 40% corresponde a la episperma. El aceite se encuentra en su mayor parte en el endospermo. La episperma contiene una pequeña porción de aceite.

La composición de la semilla del ricino incluyendo al episperma, se expresa en la siguiente tabla:

Cuadro No 2. Composición de la Semilla de ricino

COMPUESTO	PORCENTAJE
Agua	4 - 8
Carbohidratos solubles	5 - 12
Fibra	15 - 18
Proteína	14 - 21
Ceniza	2 - 3
Aceite	38 - 60

Fuente Escalona (1975)

La semilla de ricino es muy venenosa, pues contiene ricina, una proteína altamente tóxica. Contiene también el alergénico CB - IA y el alcaloide ricinina. Los granos enteros son inocuos mientras no se consuman (Janson, 1973)

Respecto a las especies del género ricino existe divergencia entre los botánicos, mientras la mayoría señalan la existencia de una sola especie *R. communis*, existen otros Robles (1980) y Martínez (1970) que distinguen también a las especies *R. persicus*, *R. zanzibarensis* y *R. sanguineus*. Estas son consideradas por los primeros como variedades de *R. communis* junto con otras muchas

Ricinus communis comprende dos subespecies *R. communis major* y *R. communis minor*. Las plantas de esta última son pequeñas, siendo de 0.80 y 1.50 metros de altura, muy ramificadas, las inflorescencias son numerosas, ralas, cónicas o cilindro cónicas; cápsulas globosas con muchas espinas largas, la semilla es pequeña pero con cantidad de

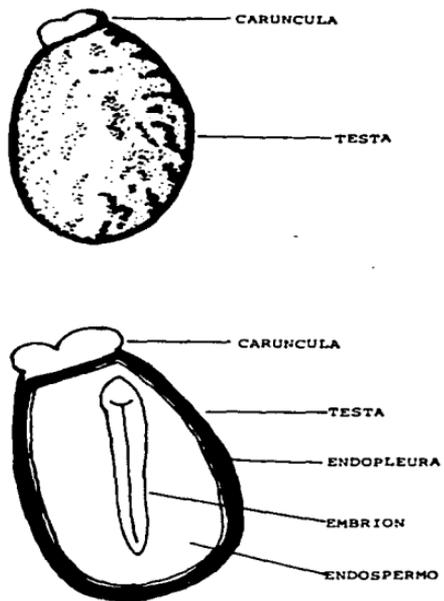


Figura No 3.- La semilla del Ricino

aceite y mejor calidad de la subespecie mayor, la cual tiene una altura mayor, siendo de 1.50 a 3.00 metros y menos ramificadas, el ciclo más tardío, los frutos generalmente indehiscente y la semilla periforme y gris

La especie o subespecie *zanzibarensis* son verdaderos arbustos, tienen hasta 7 metros de altura, inflorescencia en forma elipsoide o piramidal y las capsulas grandes y con espinas. La semilla es achatada y muy grande

La *sanguineus* es de un color rojizo en sus tallos, peciolas y frutos utilizandose algunas veces como planta de ornato (Heredia, 1975)

3.3. Condiciones Ecológicas.

La higuerilla tiene un area de dispersión muy amplia, se ha adaptado a climas tropicales húmedos y secos y a climas templados

La altitud influye en cuanto al periodo aprovechable para el desarrollo y fructificación del ricino, que se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 2400 m. sobre el nivel del mar. La zona de los Valles Centrales de Oaxaca, que se encuentran a una altitud de 1540 m s n m, es donde más se cultiva el ricino

El ricino es una planta típicamente tropical y para obtener una buena producción debe disponer de una temperatura media superior a 20°C durante su ciclo, si la temperatura es inferior, el ciclo de cultivo tiende a prolongarse bajando la producción. Esta planta es adaptable a una amplia gama de duración de luz, disminuyendo el rendimiento a medida que disminuye la luz solar (CIPS, 1983)

Los más altos rendimientos se consiguen bajo riego. La planta tiene mayores requerimientos de agua en la primera etapa de su vida (periodo vegetativo), pero en esta

etapa es muy sensible al anegamiento (Poltance, 1995) Es necesario que la planta cuente con un periodo seco para la maduración del fruto Se puede establecer en terrenos con precipitaciones de entre 600 y 1000 mm En condiciones silvestres, el ricino es una planta bien adaptada a regiones aridas y resiste largos periodos de sequia Por el contrario, en zonas donde prevalece una alta humedad relativa, las enfermedades inciden con mayor frecuencia (Guzmán, 1970)

Aún cuando se dice que el ricino puede prosperar en cualquier clase de suelo, por su sistema radicular profundo y ramificado, requiere suelos profundos (con ausencia de capas impermeables o duras que dificulten la penetración de las raíces), de textura fina o media (como son el suelo franco y el migajón arcilloso permeable) y con buen drenaje Este cultivo requiere cantidades importantes de nitrógeno y fósforo (CIPS, 1983)

3.4. Variedades usadas en México.

En México existe una amplia gama de variedades de las cuales la mas cultivada es la "sanguinea", que tiene los mejores rendimientos y el mayor porcentaje de aceite La variedad "viridio" conocida como "garrapatita" o "ratonera" tiene el mas alto contenido de aceite y es generalmente recolectada de plantas silvestres (comunicación personal)

En México existen pocos estudios sobre rendimientos de variedades y ninguno sobre los factores ambientales que influyen en estos Estudios realizados por Bukhatchenko, (1981) demuestran la gran influencia de los factores ambientales sobre el contenido de aceite, proteína, carbohidratos y otros compuestos Flores (1976) encontro una gran variación en el contenido de los diversos acidos grasos en aceites de ricino comerciales provenientes de distintos lugares de Mexico

En cuanto al contenido de aceite, según análisis del laboratorio de la Dirección General de Agricultura, efectuados sobre muestras de diferentes variedades y procedencias, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro No. 3. Contenido de Aceite de Algunas Especies de Ricino.

Variedad	Procedencia	Aceite (%)
Zanzibarinus	Chilpancingo, Gro.	51.73
Rugosus	Teloloapan, Gro.	49.83
Minor	Teloloapan, Gro.	47.66
Sanguineus	Teloloapan, Gro.	45.60
Hibido	San Juan del Rio, Qro.	48.30
Sanguineus	San Juan del Rio, Qro.	48.80
Viridio	San Juan del Rio, Qro.	50.50
Sanguineus	Culiacán, Sin.	50.67
Sanguineus	Tecomán, Col.	52.00
Zanzibarinus	Teloloapan, Gro.	52.12

Fuente Heredia (1975)

Según Escalona (1975), las variedades enanas más conocidas son:

Baker 296 - De ciclo corto, fruto indehiscentes por poseer pedúnculos muy firmes y con abundantes racimos de tamaño chico y medio

Lynn - Precoz, indehiscente con más racimos por planta que la variedad Baker. Obtenida por selección individual de la cruce hecha en 1953 de Ra - 11 - 15 - 4 por cimarrón. Resistente a la mancha de la hoja producida por *alternaria* y bacterias

Hale. - Ciclo largo, indehisciente, produce menos racimos que las anteriores pero más grandes. Procede de otra selección de la misma cruce anterior.

Dawn. - Tiene características similares a la Hale.

Experimentos realizados por Robles (1980) en Tamaulipas dieron los siguientes resultados:

Cuadro No. 4. Características de Algunas Variedades de Ricino

Variedad	Días a madurez	Altura final en cm. (promedio)	No. de racimos (promedio)	Rendimiento (kg/ hectarea)
Lynn	141	111	12	1908
Hale	156	141	4	1888
Baker 296	136	98	8	1803
Dawn	152	110	3	1703

Fuente Robles (1980)

Las variedades Hale y Dawn llegaron hasta la 3a floración, mientras que la Baker 296 y la Lynn florecieron por 4a. vez, estas últimas también tuvieron mayor número de racimos por planta y, entre todas sobresalió la Lynn, aunque fue más susceptible al ataque del minador de la hoja y de alternaria.

Martínez (1970) obtuvo para Tamaulipas los siguientes resultados con distintos híbridos:

Cuadro No. 5. Altura y Rendimiento de 6 Variedades de Ricino.

Variedad	Altura promedio	Rendimiento (kg/hectárea)
Lynn	1.23 m	1805
Hale	1.59	1705
Baker H-22	1.58	2587
Baker H-44	1.63	2074
Baker H-55	1.49	2457
Baker H-66	1.58	1362

Fuente: Martínez (1970)

Los rendimientos obtenidos por estas variedades duplican los obtenidos con las variedades silvestres (en los Valles Centrales de Oaxaca los rendimientos van de 400 a 800 kg por hectárea) y su porte pequeño permite la mecanización en la cosecha

Informaciones relativas a una nueva variedad, la IAC Campinas conseguida en Brasil, indican un rendimiento de 5 a 6 ton/ha con semillas que contienen del 50 al 52% de aceite

Otras variedades americanas son la Mc Nair 101, 202 y 303 la Itale y la Baker 56. Las variedades soviéticas Kruglik 5, Sanguineus 401, VNII MK y la Early Hibrid, tienen hasta un 60% aceite y 24% de proteína aunque su cultivo está restringido a la Unión Soviética (Martínez, 1970)

3.4.1. Fitomejoramiento.

Robles (1980) nos informa que el ricino es una planta monóica y alógama, por lo que permite el uso de la mayor parte de las técnicas de mejoramiento tales como selección, hibridación y otras

Como se observa en la descripción de variedades los objetivos de la investigación se han centrado en la obtención de variedades indehiscentes, con mayor cantidad de aceite, mayor rendimiento y plantas de poca altura para facilitar la recolección

Actualmente se trata de obtener variedades que tengan una maduración simultánea de toda inflorescencia y un máximo de flores femeninas, habiéndose logrado obtener plantas con más del 93% de flores femeninas (Robles, 1980)

Se han irradiado semillas y granos de polen con rayos X, rayos gamma y radiación térmica de neutrones. Del gran número de mutaciones diferentes que se han obtenido de semilla irradiada se han seleccionado algunos caracteres deseables como son: precocidad, mayor producción y número de flores femeninas, enanismo y mayor número de ramas primarias, aumento en la longitud del raquis y en el peso de la semilla (Robles, 1980)

En nuestro país no existe ningún programa de mejoramiento genético si bien la selección que hacen nuestros agricultores, es de alguna manera parte de este mejoramiento

3.5. Prácticas de Cultivo.

Basándonos en los textos de Calero (1973), Guzmán (1970), y CIPS (1983) describiremos las prácticas de cultivo y cosecha del ricino.

Aunque el ricino se encuentra en estado silvestre en casi toda la República

Mexicana, su cultivo se ha llevado a cabo en muy pocos lugares, principalmente en los valles centrales de Oaxaca. La variedad más utilizada es la sanguínea. La producción obtenida es variable, cuando se asocia con maíz el rendimiento el primer año es de 250 kg de ricino y 650 kg de maíz, el segundo año produce 600 kg de ricino y 400 kg de maíz (CIPS 1983). Cultivada en forma única se obtienen de 550 a 1000 kg / ha (AEPA 1995).

3.5.1. Preparación del terreno

Los suelos para variedades cultivadas, requieren una preparación similar a las del cultivo de algodón y maíz que incluyen barbecho, cruza, rastra, nivelación y surcado.

La profundidad del barbecho deberá ser la máxima posible para facilitar el crecimiento de la raíz pivotante que es de gran tamaño. Los surcos deberán hacerse con una separación de 90 -1 00 m (CIAP, 1983).

3.5.2. Siembra.

En Tamaulipas, la siembra deberá hacerse a principios de abril o fines de marzo. Es recomendable sembrar lo antes posible, mientras más prolongado sea el periodo de desarrollo, mayor será el rendimiento de la cosecha. Las siembras de mayo y junio no son convenientes y se recomienda no sembrar después del 15 de junio. Sin embargo en lugares en que se siembra de temporal y sin peligro de heladas, el agua será la principal limitante y determinará la época de siembra (Robles, 1980).

En Oaxaca, la época de siembra comprende del 1 de julio al 31 de agosto, pudiéndose alargar hasta el final de septiembre. En este caso, como la higuierilla se asocia generalmente con maíz, la siembra de ésta se hace junto con el maíz o durante la escarda.

La semilla puede tratarse con captan o arazán a una dosis de 80 a 160 gr por hectolitro, evitando así problemas con enfermedades. La semilla deberá estar completamente sana y entera. Con la finalidad de activar la germinación de la semilla, puede ésta colocarse en agua caliente (80 °C) durante un minuto (CIAP, 1983)

La distancia de siembra depende del porte de la planta, condiciones ambientales, riego, fertilidad del suelo y técnicas del cultivo. En cultivos tecnificados, la distancia de plantas es de 25cm y de 1m entre surcos, empleando para esto de 13 a 16 kg/ha de semilla de la variedad sanguínea (33.000 plantas/11a)

En siembras perennes se recomiendan distancias de 2.4 por 2.4 metros

Como en Oaxaca el ricino generalmente se asocia con maíz, la distancia entre plantas varía de 60 a 90 cm y de 2.70 a 3.60 entre surcos ya que por cada 2 ó 3 surcos sembrados únicamente de maíz, se siembra un surco con maíz e higuierilla intercalados. Los espacios entre plantas de higuierilla tienen que ser lo suficientemente grandes para evitar el sombreado excesivo. En la siembra asociada de maíz - ricino, se utilizan 5.5 kg/ha de semilla, obteniéndose unas 7000 plantas por hectárea (CIAP, 1983)

La siembra puede hacerse a mano colocando 2 o 3 semillas a una profundidad de 3 a 7 cm. en suelo húmedo

Para siembra mecánica se puede emplear la sembradora de maíz o algodón acomodando los platillos. Como la semilla se quiebra fácilmente se recomienda utilizar en la sembradora cajas o botes semilleros de placas inclinadas cuyo diseño tiene por objeto agitar la semilla lo menos posible. Las placas semilleras deberán ser de 8 mm de grosor con celdas de 14 mm de longitud y 6 mm de anchura. No deben utilizarse placas de agujeros redondos. El aceite de las semillas aplastadas recoge el polvo, circunstancia que

impide que la semilla caiga pareja El atascamiento de las semillas se evita espolvoreando las placas con maiz molido (Cuadra, 1981)

3.5.3. Otras labores.

Una vez que las plantas emergen, se eliminan las mas débiles dejando una sola planta vigorosa A los 22 dias después de la siembra, se realiza la escarda y a los 40 dias la segunda Estos lapsos pueden reducirse o ampliarse de acuerdo a variantes como competencias de malezas, humedad, temperatura, entre otras

Cuando la planta alcanza de 40 a 80 cm muchos productores podan la rama principal para favorecer la formacion de ramas laterales, pues la higuerrilla produce racimos florales en las puntas de las ramas y si se deja crecer libremente en altura, solo dará 1 ó 2 racimos Formándose varias ramas, cada una de ellas dara frutos Con la poda, los racimos se forman a una altura que facilita la recoleccion (Calero, 1973)

En Oaxaca el ricino se mantiene durante 2 ó 3 años, asociada siempre con maiz por lo que al término de la cosecha (de diciembre a abril) se dan las hojas al ganado y se podan las plantas de 10 a 40 cm del suelo, utilizándose la madera en construcciones y como combustible (CIAP, 1983)

En el caso de Oaxaca, muchos campesinos no usan fertilizantes, pues aseguran que éstos "amañan la tierra" El ricino es cultivada en los Valles Centrales como un medio para obtener dinero y adquirir productos que no pueden conseguir por trueque, ya que al asociarse con maiz disminuye los rendimientos de éste, que es un producto mucho más apreciado por su consumo directo (comunicación personal de productores)

El ricino requiere buena cantidad de nitrógeno y fósforo, la SARH recomienda para

los Valles Centrales la fórmula 60 - 30 - 00 aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto en la primera escarda (CIPS, 1983).

3.6. Cosecha.

Los métodos de recolección del ricino son muy diversos. Existen máquinas recolectoras, que pese al ahorro en mano de obra tienen muchos inconvenientes. En primer lugar, las semillas pueden resultar dañadas y como los frutos de la mayor parte de las variedades no maduran al mismo tiempo, es necesario realizar 2 ó 3 recolecciones para obtener el máximo rendimiento, lo cual no es posible con la cosechadora mecánica, pues ésta recoge semilla madura y tierna a la vez.

Las variedades de higuierilla enana generalmente está lista para cosecharse unos 10 días después de la helada fuerte, siempre y cuando el tiempo se presente seco, para que las cápsulas estén suficientemente secas para facilitar el descascarado. Pueden usarse también desfoliadores químicos para facilitar la cosecha.

El ricino de variedades enanas son las únicas que permiten la cosecha mecánica y al mismo tiempo permiten el descascarillado.

Las cosechadoras - descascarilladoras actuales, sacuden las capsulas secas de las plantas en pie, descascaran y elevan el grano limpio a un depósito. Los batidores rotatorios golpean las plantas a unos 15 ó 20 cm sobre el terreno y crean vibraciones de baja frecuencia que desprenden las cápsulas de los racimos. Hay dos tipos de descascarilladoras: uno consiste en dos discos de hule o caucho corrugado, separados a una distancia equivalente a la longitud del eje mayor de la semilla para evitar que estas se aplasten, para esto es muy importante que la semilla sea de tamaño uniforme, no mezclando

semillas de diferentes variedades. Una variación de esta máquina utiliza un cilindro cubierto de caucho en lugar de los discos (Janson, 1974).

El problema que existe en estas cosechadoras es que dejan en el campo del 5% al 10% de semilla, lo cual representa un problema (como mala hierba), para el cultivo que se va a sembrar en el siguiente ciclo.

La cosecha se realiza a los 240 días después de la siembra con los racimos de un 10% de sus cápsulas secas (CIAP, 1983)

En México no se cultivan variedades enanas comercialmente y no existe maquinaria para su cosecha, por lo que esta se hace manualmente. Un instrumento barato y práctico para la recolección es un recipiente de lámina con una entalladura en "V" en uno de sus lados, se raspan las ramas para soltar las semillas secas y estas caen en el recipiente (comunicación personal de productores)

3.7. Manejo y Almacenamiento.

Al madurar la semilla, la corteza exterior del fruto se encoge, convirtiéndose en una cápsula seca y marrón que por último puede abrirse y soltar las semillas, que son tres. Cada semilla está encerrada en una cascara dura. La semilla debe ser liberada de esta cascara poniéndola a secar al sol sobre un piso de cemento o una lona. Durante la noche se cubren las semillas para evitar que se humedezcan con el rocío. El punto de secado se reconoce por el cambio de color que se presenta con la deshidratación. Sólo una parte de semilla se abre con el sol, el resto tiene que recibir una pequeña presión, lo suficientemente fuerte para romper la cascara, pero que no rompa la cutícula de las semillas pues su agrietamiento daría lugar a la obtención de un aceite ácido y de color oscuro (Weiss, 1971).

Esta pequeña presión, la logran en los Valles Centrales de Oaxaca (no se tiene información de otros lugares), pasando sobre la semilla extendida, una piedra plana, un ladrillo o una llana de albañilería. Esta operación de descascarado es sumamente laboriosa y es una de las razones por las cuales las semillas alcanzan altos precios (comunicación personal). Existen descascaradoras mecánicas en el mercado internacional y en México algunos de los productores poseen descascaradoras sencillas. Pequeñas descascaradoras manuales podrían fácilmente construirse de manera que se abatiera el costo de la semilla y se facilitara el trabajo del campesino, desgraciadamente por la falta de visión de productores y empresarios se ha desperdiciado esta oportunidad. Puede utilizarse también las trilladoras para cacahuete (Janson, 1974).

Existen algunas variedades que abren bruscamente al madurar esparciendo la semilla y por esta razón estas variedades no son recomendables. En el caso de tenerlas es conveniente cosechar antes de que maduren.

El descascarado de la semilla es recomendable hacerlo en el terreno de cultivo, pues resulta mucho más económico transportar solo semilla limpia y aplicar la cáscara resultante como materia orgánica a los suelos.

Cuando gran cantidad de semilla es cosechada en áreas silvestres, puede almacenarse en sacos o cajas hasta que la cantidad acumulada haga costoso el embarque.

Cuando la semilla entregada tiene varios orígenes, la inspección y la limpieza es esencial, para evitar basura, piedras y semillas parecidas al ricino como las semillas de *Jatropha spp.* (Weiss, 1971).

El comprador puede castigar el precio o exigir la limpieza del grano. En las condiciones nacionales de recolección, cualquier publicación de estándares es inútil; pues

el campesino no se apega de ninguna manera a ellas y trata muchas veces de aumentar el peso de sus semillas adicionando piedras y basura (comunicación personal de Torres Barriga)

Actualmente no existen normas para determinar calidades de la semilla. Las especificaciones en algunos países, incluyen características físicas como peso específico, contenido de humedad, porcentaje de semillas rotas y contenido de materias extrañas. Los límites establecidos para determinar una semilla de primera calidad son humedad no mayor a 6% , contenido de semillas rotas no mayor al 2% y no más del 0.5 % de materias extrañas (Escalona, 1975)

Es importante que la semilla sea limpiada y clasificada tan pronto como sea posible y si es necesario debe ser secada y desinfectada. Las semillas dañadas se deterioran mucho más rápidamente que las semillas enteras, la humedad acelera aún más el deterioro de la semilla.

Dentro de la planeación de la industria debe contemplarse los requerimientos de almacenamiento y las fechas de cosecha, de manera que una vez iniciado el procesamiento no se pare la fábrica por falta de semilla.

El movimiento entre el local de almacenamiento y la fábrica debe ser cuidadoso para no dañar la semilla. Cuando hay que transportar la semilla a otro nivel, esta puede dañarse, pues son normalmente empleados, los tornillos sin fin. Es recomendable que cuando el tornillo sea ajustado, se le dé un mínimo de 14 mm. de claridad entre la periferia del tornillo y el tubo del transporte. El tubo deberá estar derecho y correr con precisión; con las superficies suavemente pulidas sin obstrucciones y fácilmente desmontables para su limpieza. Cuando gran cantidad de semilla es transportada, en

especial entre distintos niveles y con cambios de dirección, mucha de la semilla es magullada y partida. Esto no solo reduce el valor de la semilla sino que el aceite embarrado y otros residuos, bloquean los conductos, debiéndose limpiar constantemente (Weiss, 1971).

3.8. Plagas y Enfermedades.

La *Corythucha gossypii*, hemiptero chupador llamado chinche de encaje ataca plantas adultas, chupando la savia en el envés de la hoja, produciendo un aspecto blanquesino en el as de la misma y provocando la caída de la hoja

Tetraneus telarius (arañita roja) provoca efectos similares que *Corythucha*

Epitrix spp coleoptero perforador de la hoja, produce daños considerables en plantas jóvenes, puede presentarse en todas las etapas de vida

Agrotis subterraneo y *Prodenia spp* susano de alambre y gusanos cortadores, se presentan ocasionalmente en plantas jóvenes, no se conocen daños graves

También causan daños ocasionales la chinche verde (*Nezara viridula*), la falsa chinche y los trips de la hoja (Heredia, 1975).

Las plagas de las hojas se pueden combatir con Dipterox 80% a dosis de 1 kg/ha, o bien Metasixto 25% a dosis de 3/4 de kg/ha. La chinche verde es efectivamente controlada con Nuvacron 60 o Paration Metilico 11/200 l de agua. Los gusanos del suelo se controlan con Aldrin 20 a 25 kg/ha al 2.5% (Robles, 1980) (CIAP 1983).

Las enfermedades son más perjudiciales que las plagas en esta planta, cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de éstas. Durante la fase de floración y fructificación es cuando principalmente se presentan estas enfermedades, las

cuales pueden ocasionar pérdidas severas. Entre las enfermedades de mayor importancia están:

Sclerotinia ricini (moho gris), es una enfermedad localizada en el racimo, destruyéndolo en cualquiera de las fases de desarrollo de éste. Generalmente se presenta en épocas de lluvia, no hay medio eficaz de control, ni variedades resistentes.

Alternaria ricini, *Yoshii* (tizón o mancha foliar). El ataque se localiza sobre el follaje, en forma de manchas necróticas. Provoca la putrefacción de flores y frutas, también la defoliación prematura, no existe ningún control efectivo.

Las manchas son de color pardo claro y éstas formados por anillos concéntricos que rodean el punto de infección. Esta enfermedad se transmite generalmente por semilla, por lo que éstas deben tratarse con fungicidas antes de la siembra.

Xanthomonas ricinola (mancha foliar bacteriana). Con frecuencia, esta enfermedad se encuentra localizada en la hojas cotiledonarias de las plantas recién nacidas, se presentan en forma de manchas húmedas, que gradualmente adquieren color negro al secarse los cotiledones. Manchas acuosas del mismo tipo aparecen en las hojas jóvenes y con frecuencia se agrandan y ocupan grandes hojas ennegrecidas. La infección intensa de la hoja la pone amarilla y provoca su caída. En casos graves, el mal afecta las cápsulas no maduras y pueden dar lugar a la putrefacción del racimo. La bacteria se aloja en la semilla.

Phymatotrichum omnivorum (Pudrición de la raíz del algodón). Esta hongo ataca la higuierilla, razón por lo cual no debe sembrarse en tierras que tuvieron algodón con este problema.

Botrytis cinerea. Ataca racimos en formación, los deja algodonosos y provoca secamiento prematuro.

Otras enfermedades que atacan a la higuera son: El tizón sureño.- *Sclerotium rolfsii* sacc., la mancha foliar. *Cescospora ricinella* Sacc. y Berl., la podredumbre carbonosa.- *Macrophomina phaseoli* (Maubl. Asnby), *Fusarium oxysporum*, *Fusarium ricini* y *Phyllotica* spp (Heredia, 1975).

IV.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LA HIGUERILLA.

4.1. Mercado Internacional.

El Brasil produce cerca de la mitad de la cosecha mundial, variando su producción de 300 000 a 400 000 toneladas anualmente. Otros países sudamericanos que producen aceite de ricino son Argentina, Ecuador y Paraguay.

Los Estados Unidos tiene una producción que se ha incrementado en los últimos años. Europa (Rumania, los Balcanes, Francia) producen de 10 000 a 20 000 toneladas.

Más importante es la producción de Asia, con unas 100 000 toneladas en la India, 40 000 en Tailandia y unas 200 000 toneladas entre China, Rusia y otros países de Asia tropical.

En Africa existen amplias posibilidades de cultivo. El Sudán, Tanzania, Kenia, Uganda, Angola, Mozambique y Madagascar, aportan unas 75 000 toneladas.

Se estima que un 50 % de la producción brasileña procede de plantas silvestres y en todas las zonas productoras hay una cosecha no determinada de semillas de esta procedencia. Los rendimientos que se consideran aceptables van entre 1 y 1.5 toneladas por hectárea, aunque el promedio para las cosechas silvestres son menores de una tonelada por hectárea.

El mercado de semilla es de escasez. Los productores fuertes como Brasil y la India tienen prohibido la exportación de semilla. Rusia tampoco exporta semilla e importa cantidades considerables de aceite de la India.

Solo un 20 % aproximadamente, de la producción mundial es exportada, cantidad

que va en decremento año con año por lo que los países importadores muestran su interés por el desarrollo de nuevas zonas de cultivo.

En Europa, los principales importadores de semilla son Alemania, Francia, Italia e Inglaterra, con la cual producen unas 50 000 toneladas de aceite y tienen aún que importar otras 50 000 toneladas de aceite. Rusia importa aceite de la India, y los Estados Unidos llenan sus necesidades con importaciones de Brasil.

El Brasil junto con la India venden el 85 % de las exportaciones mundiales de aceite. El mercado internacional del aceite de ricino puede calificarse como un mercado casi de equilibrio en donde los productores encuentran alguna dificultad para colocar su aceite. En este mercado, cuenta mucho la especialización técnica del productor para poder ofrecer aceite de gran calidad y bajo precio, así como el conocimiento de los consumidores y sus hábitos.

En los Estados Unidos de América y varios países europeos, las pinturas y barnices, los plásticos y las resinas, representan más del 50 % del consumo del aceite de ricino.

Los países con características ecológicas aptas para el cultivo de higuerilla y que piensan incrementar o iniciar el beneficio de esta planta, no cuentan con la planta industrial que pueda absorber un buen porcentaje del aceite producido, ni los productores están calificados para analizar y seguir los hábitos de consumo y reajustar sus estrategias de comercialización. Esta incapacidad de los productores la repercuten sobre los cultivadores a quienes se les pagan precios bajos para poder resarcir sus probables pérdidas.

Brasil exporta aceite de ricino sin modificar y aceite modificado y ácido sebáico (derivado del aceite de ricino). El gobierno brasileño ha prohibido la exportación de semilla, siendo el aceite de ricino una de las materias primas más importantes para la

producción de aceites vegetales de exportación, superada únicamente por el aceite de soya (Mackie, 1991)

En las condiciones mexicanas, como son: una producción agrícola de subsistencia, una producción de aceite artesanal y un mercado limitado por falta de desarrollo industrial y pocos conocimientos técnicos del productor, no se puede competir con el mercado internacional donde la especialización de los productores tanto agrícolas como industriales, permite que el aceite alcance precios competitivos, no solo por los bajos costos de producción que tiene, sino por la protección de los gobiernos en los países que son principales productores

4.2. Mercado Nacional.

Aunque en México existen amplias zonas para el cultivo de la higuera, el 90 % de la producción nacional se concentra en los Valles Centrales de Oaxaca, sobre todo en Ocotlán, Coyotepec, Zaachila, Miahuatlán, Tlacolula, Zimatlán, Ejutla y Etla (Flores,1976)

El ricino se siembra en Oaxaca como cultivo secundario asociado con maíz y el área cultivada ha tenido decrementos significativos en los últimos años. En los años setentas y principios de los ochentas, se sembraron alrededor de 10 000 hectáreas anualmente y para 1995 esta superficie se redujo a 1895 hectáreas (AEPA, 1995)

La productividad ha descendido ligeramente debido a que no se utilizan variedades mejoradas y casi no se emplean fertilizantes

Las causas más importantes de la baja producción son entre otras, que los fabricantes tratan de competir con el aceite de importación bajando el precio de la semilla, esto aunado a la existencia de intermediarios que compran las semillas en las zonas

apartadas y a lo difícil que resulta la limpieza de la semilla; provocan que el campesino confie más en sus siembras tradicionales de maíz y frijol y solo siembran el ricino como un cultivo secundario asociado al maíz o en forma única cuando el maíz resulta siniestrado o cuando no fue posible sembrar a tiempo

Aún cuando los productores suban el precio de compra de semilla para estimular la siembra, las grandes fluctuaciones en los precios hace que el campesino prefiera sembrar maíz que cuando menos, se puede comer si no encuentra precios aceptables en el mercado y con el que puede obtener varios productos usando el trueque

Por otra parte, no existe apoyo financiero ni técnico para el cultivador del ricino, se siembran múltiples variedades, no se utilizan fertilizantes ni pesticidas, todas las labores son manuales, incluyendo la pesada operación de limpieza. Para los campesinos la higuierilla es un cultivo que "cansa la tierra" y es muy "fatigosa para limpiar", por lo que sólo se siembra lo indispensable para adquirir aquello que no es objeto de trueque (comunicación personal de productores)

Esta falta de semilla en las procesadoras, ha ocasionado que aún cuando existan en forma silvestre cientos de toneladas y de que se tengan condiciones adecuadas para su cultivo, se tenga que importar alrededor de 500 toneladas de semilla anualmente, de países como Ecuador, Paraguay, cantidad que resulta insuficiente (comunicación personal)

Cuadro No 6 . Producción de Ricino en México

	Superficie Sembrada (hectáreas)	Superficie Cosechada (hectáreas)	Rendimiento (ton./ha.)	Producción (toneladas)	Valor de la Producción
1991					
OAXACA	1025 (temp.)	1016	0.517	525	N\$ 346500.
1992					
COAHUILA	3 (negro)	0	0	0	0
OAXACA	1014 (temp.)	1014	0.173	175	N\$ 157500.
1993					
OAXACA	1016 (temp.)	940	0.520	494	N\$ 494000.
1994					
HIDALGO	79 (negro)	52	4.750	247	N\$ 330900.
OAXACA	1020 (temp.)	980	0.550	539	N\$ 1070000.
1995					
OAXACA	1895 (temp.)	1895	0.540	1042	N\$ 3126000.

Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los E.U.M. SAGAR

1995					
OAXACA	1020 (temp.)	980	0.540	539	N\$ 539000.

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca

Cuadro No.7. Precio Medio Rural de la semilla de ricino

AÑO	PRECIO (N\$/ TON)
1991	660
1992	900
1993	1000
1994	1340 (Hidalgo) 2000(Oaxaca)
1995	3000

Fuente: AEPa(1991-1995)

1995	1000
------	------

Fuente: AEEO(1995)

4.2.1. Producción nacional de aceite.

Existen en Oaxaca 8 fábricas, pero sólo cuatro pueden considerarse de importancia, ya que las otras cuatro juntas, solo producen lo que una de las grandes. Actualmente dos de las empresas más pequeñas acaban de cerrar. Algunas de las empresas son

Aceites Torres Barriga e Hijos, S A de C V

Aceites La Soledad, S A (Ejutla)

Aceites Jesús Molina Montesinos

Aceites La Graciélita

En Guadalajara y México existen extractoras de otras oleaginosas que

ocasionalmente trabajan el ricino, por lo que no son tomadas en cuenta. Funcionan también extractoras de aceite en Apatzingan, Huetamo y Zitácuaro, Michoacán; sin que existan registros de su funcionamiento (Flores, 1976)

La capacidad de las 4 principales aceiteras es de 3 600 toneladas por año y según información de los productores, trabajan al 33 % de la capacidad instalada (comunicación personal).

Todas estas fábricas funcionan desde hace más de 40 años con prensas hidráulicas manuales o semiautomáticas. Esto coloca a esta industria en la modalidad de artesanal, más bien que fabril, con todas las secuelas que este hecho conlleva. Si bien es cierto que con las prensas hidráulicas es posible obtener aceites muy claros y limpios, de gran aceptación en medicina y farmacia, también es cierto que la torta residual contiene 15 % más de aceite, además, la capacidad de procesamiento es pequeña y el costo de operación alto.

4.2.2. Oferta y demanda del aceite de ricino.

Gran parte de la producción de las empresas más pequeñas es consumido en el mercado regional, donde tiene gran demanda como brillantina para el pelo, como combustible para lámparas y en curtidería. El volumen grueso de producción se dedica a la industria, que entre sus usos más importantes, lo destina a la fabricación de pinturas, resinas, telas sintéticas, medicamentos, procesamiento del cuero y como lubricante y líquido para frenos. El aceite de ricino puede substituir a otros aceites industriales de importación como el aceite de tung y el aceite de madera (Janson 1974).

El aceite de ricino puede ser, a su vez, substituidos por otros productos, de acuerdo al uso que se busque (R.A.F.I, 1990)

La industria de pinturas y de resinas, clasifica los aceites que utilizan en secantes (todo aceite que se seca y endurece al aire cuando se oxida) y en no secantes. En el grupo de los secantes se encuentran la linaza, la soya, el cártamo y el ajonjolí; por su parte los no secantes son el coco y el ricino. El ricino se comporta como aceite secante sólo cuando se modifica mediante el proceso de deshidratación, proceso que incrementa su costo

En la industria textil y del cuero puede substituirse por humectantes sintéticos y detergentes y en la fabricacion de liquidos para frenos sus substitutos son los glicoles y algunos derivados del petróleo (Janson, 1974)

A pesar de que casi en cualquier uso puede ser substituido, las cualidades que tiene el aceite lo hacen necesario para la industria, de manera que además de consumir el aceite nacional, importa periódicamente aceite A las importaciones recurren los industriales no solo cuando no hay existencias de aceite en el país, sino también cuando el aceite importado es más barato que el nacional (comunicación personal de Molina) En 1974, a pesar de haber habido una alta producción de semilla, los productores de aceite quisieron almacenar la mayor cantidad de materia prima para hacer frente al duro panorama económico, habiendo gran competencia entre ellos y subiendo como consecuencia el precio de la semilla y del aceite. Los consumidores encontraron mejores precios en el extranjero y provocaron el desplome de precios del aceite y la paralización del mercado

Al año siguiente el campesino que había obtenido buenas ganancias con su semilla, se encuentra que ante el desplome de los precios y cientos de toneladas de aceite almacenadas, su semilla tiene ahora un precio ridículo y si ese año incrementó la superficie de higuerrilla, el año siguiente no sembrará nada. Estos acontecimientos parecen ser cíclicos.

Según la SECOFI, algunas de las empresas que importan aceite de ricino son:

Quimivan S A de C.V

Farmitalia Carlos Erba S A.

Asociación de Industriales de Fotograbado y Derivados de México

Industrial Rowi S A

Comercial Mexicana de Pinturas

Productos Químicos y pinturas

Industrias Oleoquímicas

Sistema de Transporte Colectivo Metro

Compañía Sherwin Willians

Fabrica de Telas Plasticas

Química Henkel

Acabados Newark.

Catalik de México.

Pinturas Pittsburgh

Pinturas Monterrey

Las exportaciones de aceite de higuera no son significativas y comprenden pequeñas cantidades que las filiales nacionales de algunas industrias químico - farmacéuticas, han enviado a aquellos países donde por sus características de limpieza, claridad y pureza establecidas por la farmacopea internacional, se prefieren para utilizarlas en la industria farmacéutica y de cosméticos.

La industria de pinturas, tintas y barnices es el principal consumidor de ricino en el país. Esta industria compuesta por 140 fábricas, se estima que consume el 50 % de la producción nacional de aceite de ricino en los usos en los que es insustituible. La industria de resinas (12 fábricas) consume el 20% de la producción nacional de ricino.

La industria jabonera consume aproximadamente el 15 % y los laboratorios farmacéuticos el 10 %. El restante 15% es ocupado para fabricar líquido para frenos, aditivos para la industria textil y la industria de cosméticos (Janson, 1974)

4.2.3. Comercialización.

Aproximadamente un 60 % de semilla comercializada es recogida por el industrial del ricino por medio de centros recolectores y por la compra directa en el campo de cultivo. Un 15 % es entregada directamente en la fábrica por los productores y el 25 % restante por medio de intermediarios (comunicación personal).

En cuanto al aceite, los productores se han concretado a extraer el producto y hacer una refinación primaria, dejando a otro grupo de industriales las transformaciones secundarias que ellos mismos podrían realizar. En la actualidad, existen proyectos de las principales fábricas para algunas transformaciones sucesivas.

No existe ningún control oficial sobre el ricino debido a los bajos volúmenes de producción.

Cuadro No. 8. Importación de Aceite de Ricino y sus Fracciones en Kg.

	1991	1994	1995
Alemania	53 700	3 371	4 062
Brasil	157 011	426 887	219 871
Ecuador	339 560	393 795	323 423
E U A	764 183	529 774	200 927 218 *
Holanda	11	29	
Suiza	87		55
U K	16 000		176
India		245 937	236 259
Belgica			3
España			2 600
Tailandia			4953
Total	1330552	1599793	992547

Fuente: Anuario Estadístico de los E U Mexicanos

No se reportan datos para los años 1992- 1993

**Cuadro No. 9 . Importación de Aceite de Ricino y sus fracciones. Valor en Miles de
Dólares.**

	1991	1992	1993	1994	1995
Alemania	60	23	17	19	17.5
Brasil	138	66	84	434	209
Ecuador	288	32	161	-405	266.5
E.U.A	682	764	634	561	192*
Holanda	0.28	1		1	
Suiza	0.28				0.384
U.K.	14		18		0.769
India				236	184
Bélgica					0.256
España					2.4
Tailandia					7.3
Japón		1			
TOTAL	1182.5	887	914	1656	880.1

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos

* Incluye 1000 dl de maquila

Cuadro No. 10. Exportación de Aceite y Semilla de Ricino.

1991	Cantidad en Kg.	Valor
Canadá	209 (aceite)	\$ 3 millones (viejos)
Perú	1160 (aceite)	\$ 5 millones (viejos)
Estados Unidos	100 (semilla)	\$ 1 millón (viejos)
1992		
Estados Unidos	-----	426 000 dolares
1993		
Guatemala	200	N\$ 1 000
1994		
Estados Unidos	500 (semilla)	N\$ 17 000
	1000 (aceite)	N\$ 27 000
1995		
Estados Unidos	29 923 (aceite)	N\$ 344 000
	43 923 (maquila)	N\$ 281 000
Guatemala	216	N\$ 2 000
Venezuela	452	N\$ 4 000

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior

V.- EL ACEITE DE RICINO

5.1. Extracción del Aceite.

Las semillas de oleaginosas han sido utilizadas para obtener aceite desde hace cientos de años. La noticia más antigua que tenemos es en Asiria, en donde se han encontrado tablillas que datan del año 2000 A.C., en donde se enlistan los componentes de una prensa para obtener aceite de ajonjolí, pero no describe el procesamiento. Algunos métodos usados en el antiguo Egipto para la extracción del aceite de ricino siguen siendo empleados hasta nuestros días en aquel país. Existen en Egipto prensas de tracción animal que han sido operadas en el mismo sitio por generaciones, pasando de padres a hijos.

En China se usó básicamente la misma serie de operaciones requeridas hasta hoy: rompimiento y molido de la semilla con piedras hasta hacer harina, después, el calentamiento y extracción del aceite bajo presión (Janson, 1974).

El aceite puede extraerse de la semilla con sólo macerar ésta y calentar con agua, aunque la calidad y cantidad obtenida, sea pobre.

Han existido muchas variantes de prensas, pero es hasta 1795 cuando el inglés Joseph Bramah inventó la prensa hidráulica con lo que se incrementó significativamente la producción del aceite. Este tipo de prensa es el empleado actualmente en México y algunos países de Europa debido a algunas ventajas, como la limpieza del aceite producido, facilidad de manejo, bajo costo de producción, bajo mantenimiento, durabilidad, etc.

La invención de la prensa continua de tornillo, en los Estados Unidos de América, (mejor conocida como "expeller"), revolucionó la industria bajando costos de

producción y haciendo más eficiente el proceso. Para 1920, el "expeller" era el tipo de prensa más comúnmente empleada en Norte y Sudamérica (Weiss, 1971).

La extracción por solventes casi no es usada en México, pues es solo costeable cuando se procesan de 3 a 5 toneladas diariamente.

Aún cuando existe mucha resistencia para cambiar las prensas hidráulicas por "expellers", es evidente que el uso de este último sistema es más ventajoso. La automatización de las prensas hidráulicas y la introducción de "expellers" debe de ser uno de los primeros pasos para hacer competitiva la extracción del aceite de ricino en México.

El aceite extraído con prensa hidráulica es preferido para usos farmacéuticos por su pureza; la temperatura a la que se presiona la semilla es menor a 50 °C, lo que evita que exista contaminación del alcaloide ricinina, de clorofila y otras sustancias que se disuelven a las temperaturas alcanzadas con otros sistemas (más de 50 °C). Por esta misma razón, la proteína de la torta residual es menos afectada (Weiss, 1971). Este tipo de prensa es también usado en México porque no existe control de variedades, algunas de las cuales son extremadamente duras y corrosivas para varias de las piezas de la prensa tipo "expeller", pero no así para el sencillo sistema hidráulico.

5.1.1. Extracción mecánica.

El más eficiente método de extracción de aceite es el prensado de la semilla fría o caliente. Frecuentemente al prensado sigue una extracción con solventes. El grado de presión usado varía considerablemente. Pueden usarse altas presiones para extraer la máxima cantidad de aceite en una sola pasada. En Europa prefieren usar baja presión y recuperar el aceite residual con solventes.

Los "expellers" operan en un cilindro perforado en el cual es aceite es difundido. Este tipo de prensa no tiene que detenerse para ser recargado como las hidráulicas, pero requiere de una serie de cuidados para su eficiente operación. Las prensas "expeller" operan a una mayor presión que las hidráulicas, con la consecuente más alta tasa de extracción (Weiss, 1971).

En el "expeller", el aceite caliente resultante de la presión es expulsado a través de una jaula cilíndrica de acero, mientras el bagazo es expulsado por una compuerta.

El proceso inicia cuando la semilla es limpiada y secada para dejarla con un contenido de humedad de 4 a 5 % a una temperatura aproximada de 93 °C, después de lo cual la semilla es tratada con vapor, lo que aumenta su contenido de humedad al 6 %. La semilla acondicionada es prensada en el "expeller". El bagazo producido contiene un 8 % de humedad. El aceite producido es de primera calidad y después de la adición de un clarificador puede ser fácilmente filtrable a 38 - 48 °C

Estas prensas pueden procesar 27 toneladas de semilla por 24 horas y requieren de 2 o 3 cambios de cilindro y flechas cada año

Para doble prensado, la semilla después de limpiada a aproximadamente 65 °C e inmediatamente después pasada al "expeller". El aceite obtenido es de segunda calidad y calentado a 50 °C y con una pequeña cantidad de clarificador es fácilmente filtrado. El bagazo resultante contiene aproximadamente un 20 % de aceite y es calentado a 93 °C, reduciéndose su humedad a 4 ó 5 %, es nuevamente prensado produciéndose un aceite de tercera calidad y un bagazo con contenido residual de aceite de 5 a 7 %. El aceite de primera debe tener un valor máximo de acidez de 4 y un color máximo de 3 (escala Gardner). El aceite de tercera debe tener un valor máximo de acidez de 10 y un color

máximo de Gardner de 7 (Weiss 1971)

Las prensas "expeller" son continuamente desajustadas cuando se procesan variedades de testa dura. En estos casos la operación se torna antieconómica por el continuo reemplazo de piezas rotas y alineaciones de flechas y del tornillo sinfín.

Este problema se soluciona limpiando y descortizando la semilla, cocinando y secando el grano y después prensándolo. Esta operación produce aceite de primera calidad y un porcentaje de aceite residual en el bagazo del 4 al 5 %.

La descortización de la semilla no es fácil debido al alto contenido de aceite que hace que la separación de la corteza sea rara vez completa (Janson, 1974).

El grano descortezado es cocinado debiendo tener un contenido de humedad superior al 15 % y la temperatura del proceso de cocinado deberá mantenerse ligeramente abajo de 80 °C. Este límite es importante porque un sobrecalentamiento de las semillas podría causar una excesiva corriente de aceite resultando una extremadamente fluida masa imposible de manejar en la prensa. Como el grano es calentado entero, es necesario calentarlo por un tiempo mayor que otras semillas. La semilla es secada a una temperatura que no exceda de los 101 °C para obtener un contenido de humedad del 4% y posteriormente se prensa. Bajo óptimas condiciones pueden procesarse de 22 a 27 toneladas de semilla por día. Usando semilla sin descortizar, la cantidad procesada puede reducirse a 11 toneladas por día (Escalona, 1975).

Una semilla es de buena calidad cuando contiene un 6 % de humedad y no menos del 45 % de aceite.

El más conocido "expeller" es el tipo "Anderson", que maneja como promedio 375 kg. de semilla por hora. Produce 35 % de aceite de primera. La harina contiene 17% de

aceite y 7 % de humedad.

Se puede prensar unos 235 kg. por hora de harina, obteniéndose aceite de tercera. El aceite producido será el 6 % de la semilla original. La harina resultante tendrá un 4 % de humedad y 6 % de aceite.

La producción de aceite de primera y tercera, será aproximadamente el 41 % de la semilla original (85.4 % de aceite de primera y 14.6 % de tercera)

Mil kilogramos. de aceite equivalen aproximadamente a 2440 kg. de semilla, por lo que 2440 entre 375, nos resultan 6.5 horas que son las requeridas para el primer prensado y (2440 X 0.65) entre 235 nos resultan 6.7 horas para el segundo prensado.

Tomando en cuenta que el mismo tiempo es necesario para dos prensados, la producción en 48 horas será:

Cuadro No.11. Producción en 48 hrs. de Aceite de Ricino (dos prensados)

Semilla prensada	9000 kg	
Aceite de primera	3150 kg	(35 % de la semilla)
Aceite de tercera	540 kg	(6 % de la semilla)
Total de aceite	3690 kg	(41 % de la semilla)
Harina	4860 kg	(54 % de la semilla)
Humedad perdida	450 kg	(5 % de la semilla)

Fuente Escalona (1975)

Si se requiere prensar una vez de forma severa, se obtendrá solo aceite de tercera. De este modo se prensan unos 200 kg de semilla por hora. El aceite producido será de aproximadamente el 41 % en peso de la semilla y la harina de 54 %. La harina tendrá el 6 % de aceite y el 4 % de humedad. En 24 horas se producen

Cuadro No.12. Producción en 24 horas de Aceite de Ricino (un prensado)

Semilla prensada	4800 kg	
Aceite de tercera	1970 kg	(41 % de la semilla)
Harina	4860 kg	(54 % de la semilla)
Humedad perdida	450 kg	(5 % de la semilla)

Fuente Escalona (1975)

Para manejar el aceite producido por dos prensados, se requieren dos tanques de fondo cónico con agitadores y tubo espiral de vapor, una bomba de piston, un filtro, dos tanques de almacenamiento de 3800 l y una bomba rotatoria. Los dos tanques son para recibir el aceite de los dos grados y prepararlos para el filtrado. El aceite de ricino puro pesa 0.96 kg por litro, el aceite sin filtrar con restos de harina para efectos de cálculo se estima en 3 kg por 3.8 l. Uno de los tanques contendrá aceite no filtrado. En el proceso el aceite de primera debe ser filtrado cuatro veces al día, mientras que el aceite de tercera puede ser acumulado por 1 ó 2 días sin que se afecte la calidad.

El aceite deberá secarse antes de filtrarse, por calentamiento a 93 °C con agitación. De 2 a 4 % de tierra de Fuller seca es añadida continuando la agitación por 30 min, entre 1.5 y 2 % de carbón activado es añadido y el aceite es bombeado a través de filtro por una bomba de vapor. Alternativamente el aceite puede ser deshidratado químicamente. El primer aceite prensado, siendo de baja acidez, está listo para el mercado.

El aceite de tercera por su alta acidez requiere ser refinado antes o después del filtrado (Escalona, 1975).

El tipo más antiguo de prensa hidráulica que se conoce es aquél que exprime la materia prima entre sacos de lona que se colocan entre dos plataformas planas. Posteriormente este método se substituyó por tambores de acero, de paredes oradadas con agujeros milimétricos que permiten salir al aceite pero no a la torta. Las prensas hidráulicas usadas en Oaxaca son manuales y solo dos fabricantes han automatizado sus procesos (comunicación personal de Torres Barriga).

5.1.2. Extracción por solventes.

La extracción con solventes puede hacerse sobre la torta prensada o sobre la semilla directamente. El aceite contenido en la materia prima puede reducirse a un 0.7 %. La humedad del material es muy importante ya que a menor humedad podrá ser más fácilmente extraído el aceite. Sin embargo, la humedad no debiera ser menor del 5 %. Los solventes más usados son el hexano, heptano, benceno, disulfuro de carbono, tricloroetileno, alcohol y fracciones del petróleo. Los mejores resultados se obtienen con hexano, ya que disuelve menos componentes no grasos que, en fase de disolución, dan a los aceites un color más oscuro y dificultan la refinación.

El alcohol etílico, aunque disuelve también algunos componentes no grasos (como fosfátidos, saponinas y pigmentos), posee la valiosa propiedad de asentarse a la temperatura ambiente, en dos capas: una que contiene aceite con algunos rastros de alcohol y la otra con alcohol e impurezas disueltas, de modo que pueden separarse del aceite. Así, el aceite producido es relativamente claro y puro.

El sistema de extracción más eficaz es el llamado continuo en el que una vez maseado el material, se hace pasar una corriente de solvente, contra la masa aceitosa, en el

vaso de extracción . El sólido se mueve en una dirección mientras es lavado por el paso de un solvente que corre en sentido contrario.

Así, el solvente remueve ventajosamente el aceite. Los principales problemas son la separación del líquido de la fase sólida y proporcionar un eficiente contacto y tiempo de extracción

Después de la extracción el material pasa a través de un recuperador de solventes y el aceite es limpiado, blanqueado y filtrado

Las plantas de extracción con disolventes son altamente peligrosas. La causa del peligro de explosión es la mezcla de solvente volátil con el aire, pues la concentración de la mezcla gas - aire, es sensible a cualquier chispa o a contactos con temperaturas altas (Weiss, 1974).

5.1.3. Refinación.

Se realiza para obtener un aceite con la menor cantidad posible de ácidos grasos libres y compuestos insaponificables

El proceso usual de refinación consiste en mezclar el aceite con una solución de sosa, de lo que resulta la formación de jabón generalmente en forma de partículas pequeñas. Éste jabón es el resultado de la neutralización de los ácidos grasos libres por la sosa y ocluye los fosfátidos, pigmentos, material coloidal, etc

El jabón es separado del aceite por aplicación de calor y posterior lavado con agua

Para fines terapéuticos se filtra con algodón y papel filtro varias veces (Rocha, 1952, Escalona, 1975, Weiss, 1971)

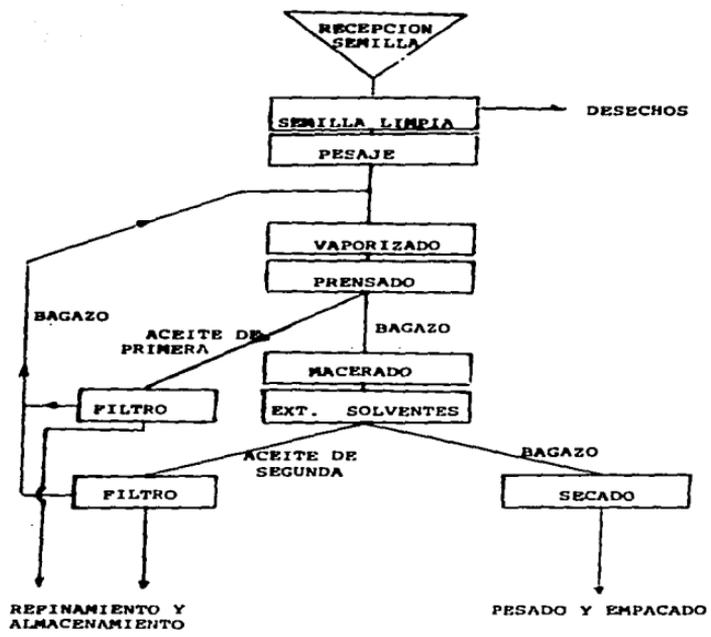


Figura No. 4.- Diagrama de flujo de la extracción del aceite de Ricino

5.1.4. Alergia a la pasta del ricino.

En el procesamiento del ricino no debe olvidarse que hay personas altamente sensibles al alergénico que esta semilla contiene. Debe probarse la sensibilidad de los empleados y los aptos serán dotados de equipo de seguridad, pantallas protectoras y equipo de extracción. Las plantas no deberán ubicarse en las áreas urbanas, ya que puede afectar a la población, como la explosión de asma bronquial ocurrida hace años en Sudafrica y que afectó a unas 2000 personas (Weiss, 1971)

5.2. Características físicas y químicas del Aceite de Ricino.

Como la mayoría de las grasas, el aceite de ricino es un triglicérido de los ácidos grasos. El aceite de ricino contiene de 87 a 90 % de ácido ricinoléico (ácido cis -12-hidroxi-9-enoico), $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_7\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Es una rara fuente de un ácido graso hidroxilado de 18 carbonos con una doble ligadura. El aceite de ricino es uno de los pocos glicéridos naturalmente encontrados que se aproxima a ser un compuesto puro.

El aceite es viscoso, de un color amarillo pálido y con un olor ligero y casi insípido pero desagradable. Con un uso menor como purgante y muy extensos usos industriales (Janson, 1974)

La composición promedio de ácidos grasos del aceite de ricino se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro No.13. Ácidos Grasos del Aceite de Ricino

ACIDOS	PORCENTAJE
Ricinoléico	89.5
Hidroxiestearico	0.7
Palmitico	1.0
Esteárico	1.0
Oleica	3.0
Linoleico	4.2
Linolénico	0.3
Eicosanóico	0.3

Fuente Weiss (1971)

Sus singulares características se deben a su alto contenido de ácido ricinoleico. No se conoce ningún otro aceite natural que contenga tan gran porcentaje de hidroxiaácido graso.

El aceite de ricino es un aceite no secante y posee la máxima viscosidad de todos los aceites vegetales.

Otra característica única es su solubilidad en alcohol: un volumen de aceite de ricino se disuelve en dos volúmenes de alcohol etílico al 95 % a temperatura normal, y el aceite es miscible en todas las proporciones con el alcohol etílico absoluto, también es soluble el aceite en disolventes orgánicos polares y menos solubles en hidrocarburos alifáticos. Su baja solubilidad en éter de petróleo es una característica que lo distingue de otras grasas (Weiss, 1971).

Su notable resistencia al frío (su punto de fluidez es de 16 °C) su notable resistencia

al calor y su capacidad de arder casi sin residuos le confieren propiedades de lubricante.

El aceite de ricino debido a sus grupos hidroxilos polares es compatible con numerosas resinas, polimeros y ceras naturales y sintéticas. Como plastificante tiene formidables propiedades humectantes y emulsionantes para pigmentos, cargas inertes y materias colorantes (Weiss,1971)

5.2.1. Especificaciones técnicas.

Las normas de la British Standard Specifications establecen los siguientes parámetros:

Cuadro No.14. Normas Químicas para el Aceite de Ricino.

COLOR	No más obscuro de 2.2 unidades amarillas y 0.3 unidades rojas (célula de una pulgada, escala Lovibond).
GRAVEDAD ESPECÍFICA	Mínimo 0.958, Máximo 0.969
INDICE DE REFRACCIÓN	Mínimo 1.477; Máximo 1.481
INDICE DE IODO	Mínimo 82, Máximo 187
INDICE DE INSAPONIFICACIÓN	Máximo 177, Máximo 187
MATERIA INSAPONIFICABLE	Máximo de 1 %
INDICE ACETILICO	Mínimo 140
TEMPERATURA DE FLUIDEZ CRÍTICA (EN ALCOHOL)	Mínimo de 0 °C

Fuente: Heredia (1975).

Esta norma es aplicable al aceite de primera . El aceite será el producto de un prensado y estará exento de mezclas de otros aceites y grasas. Con respecto a la acidez dice

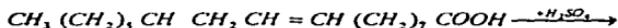
la norma: "El aceite estará exento de ácidos minerales y de ácidos orgánicos añadidos. La acidez, a menos que se acuerde otra cosa, no excederá del equivalente de 4.0 mg. de KOH por gramo de aceite o 2.0 % de ácidos grasos libres calculados como ácido oleico".

Para los aceites elaborados, no existen especificaciones y las características del aceite las fija el consumidor (Janson, 1974)

5.3. Derivados y Usos.

El aceite de ricino sirve como un material industrial crudo para la manufactura de un número grande de complejos derivados orgánicos. Los procesos unitarios comprometidos en la conversión del aceite de ricino a compuestos químicos incluyen la deshidratación, sulfonación, fusión de álcali, oxidación, pirólisis, saponificación, hidrogenación y otros de naturaleza más compleja.

Deshidratación - La deshidratación catalítica convierte al aceite de ricino en un excelente aceite secante. Es extensamente usado en la industria del vestido y de las pinturas como sustituto del aceite de tung (*Aleuritis cordata*). En la reacción de deshidratación el grupo hidroxilo es removido con un átomo de hidrógeno cercano para formar agua y una nueva doble ligadura. Una reacción adicional produce los dos isómeros del ácido linoléico conjugados y no conjugados (Weiss, 1971).



OH

Ácido ricinoléico



Ácido 9 - 12 linoleico



Ácido 9 - 11 linoleico

Los análisis sobre aceite de ricino deshidratado indican que usando ácido sulfúrico como catalizador, cerca del 30 % de las dobles ligaduras del ácido linoleico se conjugan en la posición 9 - 11 resultando un isómero del ácido linoleico normal con el que difiere bastante en características físicas y químicas (Weiss, 1971)

Los catalizadores más comunes son el ácido sulfúrico y sus sales, óxidos y arcilla activada. En un proceso típico, el aceite de ricino es calentado a 230- 280 °C en vacío y 3 a 5 % de ácido sulfúrico diluido le es añadido a una tasa controlada. La viscosidad del producto es regulado por la graduación de deshidratación, tiempo de reacción y temperatura.

El aceite de ricino deshidratado es bien conocido por no formar películas amarillas al secarse, por su alta retención de colores, flexibilidad y adhesión en ropa de protección (Weiss, 1971)

Sulfonación - El aceite de ricino sulfonado, también conocido como aceite de Turquía, representa uno de los más tempranos derivados químicos del aceite de ricino. El tradicional método para preparar aceite de Turquía es añadiendo ácido sulfúrico concentrado al aceite de ricino por un período de varias horas mientras se enfría para mantener una temperatura de 25 - 30 °C seguido por un lavado para remover el ácido

sobrante y la neutralización con solución acuosa de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, amoníaco o una amina como la etanolamina.

La sulfonación produce esterificación del grupo hidroxilo del ácido ricinoleico

El aceite de ricino sulfonado contiene un 8 a 8.5 % de SO_3 combinado, indicando que sólo uno de los sitios reactivos del triglicérido hidroxilado ha sido sulfonado. El grupo sulfato imparte humedad, emulsificación y características de dispersión. El producto es empleado en la industria textil por su capacidad para formar fibras húmedas y como agente colorante para obtener colores claros y brillantes (Escalona, 1975)

Fusión álcali - Dependiendo de las condiciones de la reacción, pueden formarse dos diferentes grupos de productos. A 180°C - 200°C usando una mole de hidróxido de sodio o potasio resulta metil - hexilcetona y el 10- hidroxidecanoico. Esta reacción es favorecida con la presencia de alcoholes primarios o secundarios, tales como el 1- 2 octanol. También se forma el ácido 10 - hidroxidecanoico cuando se usa el metil - ricinolato. Dos moles de álcali por mol de ricinolato a temperaturas de 250 a 275°C y con un ciclo de reacción más corto producen capril alcohol (2 - octanol) y ácido sebácico. También se forma hidrógeno con exceso de álcali.

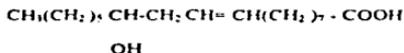
El ácido sebácico se usa en la manufactura del nylon 6,10, que tiene propiedades de moldeado y resistencia a la humedad y es usado en moldeados, extrusiones, filamentos, cerdas y algunas aplicaciones como fibras textiles. Los ésteres del ácido sebácico son usados como plastificantes y otros derivados del ácido sebácico son usados como lubricantes de alto funcionamiento para motores de jet.

En la producción de nylon - 11 el aceite de ricino es transesterificado con alcohol metílico para formar ricinolato de metilo y alcohol. Este nylon presenta excelente

resistencia a agentes químicos y gran estabilidad al contacto con todos los tipos de combustible junto con la resistencia a la vibración y al choque, por lo que es usada en la industria automotriz. Es también usada en la fabricación de fibras que requieren alta resistencia (Escalona, 1975)

Hidrogenación - La hidrogenación del aceite de ricino es realizada para obtener grasas de múltiples propósitos. La simple hidrogenación de la doble ligadura a 140 °C en presencia del catalizador "Raney Niquel" produce gliceril "tris" (12 hidroxistearato) con un punto de fusión anormalmente alto 86 °C. Esta grasa es usada en la fabricación de ceras, pulimentos, cosméticos y recubrimientos.

Pirólisis - La pirólisis del aceite de ricino a 340 - 400 °C rompe la molécula de ricinoleato en el grupo hidroxilo para formar heptaldehído y ácido undecilénico.



ácido undecilénico heptaldehído

El heptaldehído es usado en la manufactura de sabores artificiales y fragancias para perfumes y es también convertido a ácido heptanoico por varias técnicas de oxidación. El ácido 10-undecilénico y sus derivados son usados primeramente por sus propiedades fungicidas y bactericidas. Una combinación de ácido undecilénico y undecilenato de zinc es usado en el tratamiento de enfermedades como el "pie de atleta". Dos marcas comerciales

muy conocidas, "Micotex" y "Ting" contienen estas sustancias. Sus sales de cobre han sido compuestos usados en ungamentos para tratamientos faciales e infecciones del cuerpo (Janson, 1973)

Alcoxilación - Óxido de etileno y óxido de propileno reaccionan con el grupo hidroxilo del aceite de ricino, produciendo una variedad de derivados de polioxilalqueno. La reacción es llevada al cabo a 120 - 180 °C usando catalizadores como el hidróxido de sodio

Los derivados etoxilados del aceite de ricino son agentes activos de superficie no iónica con varios grados de propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas. Los derivados etoxilados de bajo nivel, son emulsificables en agua y son usadas como desespumantes y desemulsificables para las emulsiones de petróleo. Los productos altamente etoxilados son excelentes solubilizantes para aceites insolubles en agua en composiciones cosméticas. Se utilizan también como componentes en detergentes, aceites lubricantes, fluidos hidráulicos, composiciones de terminado textil, como agentes antiestáticos, fabricación de tapetes y para vestidos de nylon (Weiss, 1971)

Oxidación - Los aceites de ricino oxidado son aceites viscosos y claros que resultan de la mezcla íntima del aceite de ricino a 80 - 130 °C con aire u oxígeno, con o sin el uso de un catalizador. La reacción es una combinación de oxidación y polimerización promovida por metales de transición como el hierro, cobre y manganeso. La viscosidad, acidez, color y otras propiedades son altamente dependientes de las condiciones en que se efectúa la reacción, y pueden prepararse gran variedad de productos. Los aceites de ricino oxidado son excelentes plastificantes.

El aceite de ricino y sus derivados se usan como polioles en la fabricación de

poliuretanos, adhesivos y compuestos de fundición. Los uretanos preparados con ricino se caracterizan por su excelente estabilidad hidrolítica, absorción de choques y propiedades eléctricas aislantes.

El aceite de ricino y sus derivados de poliol son muy útiles en la fabricación de espumas de uretano rígidas y flexibles. Estas espumas son resistentes a la humedad, absorbentes de choques y con buena flexibilidad a baja temperatura.

Derivados del aceite de ricino son usados como recubrimientos en electrónica y para formar películas anticorrosivas en el interior de las latas de conservas. Son usados también en la fabricación de artículos de limpieza (como desinfectantes en los limpiadores de pino), como estabilizadores en pesticidas, en la fabricación de tintas, como emulsificador en recubrimientos de nitrocelulosa para papel, como lubricantes cortantes y para laminado.

Los aceites para aviación son preparados por esterificación del aceite de ricino, como combustible para motores y múltiples usos más en variadas ramas industriales (Weiss, 1971).

Finalmente, un nuevo uso del aceite, es el de proteger a los granos almacenados contra el ataque de plagas (Singh- Vn, 1994).

VI.- LA PASTA DEL RICINO

6.1. La Proteína de la Pasta de Ricino.

La pasta del ricino tiene un contenido de proteína que varía del 30 al 40 %. Un análisis típico de este producto fue realizado por Mottola (1972 b).

Cuadro No. 15. Análisis bromatológico de la pasta de ricino.

Sólidos totales %	90.4
Nitrógeno %	5.9
Grasa cruda %	4.34
Fibra cruda %	23.8
Calcio %	0.63

Fuente Mottola (1972 b)

Laufey (1971), determinó el aminograma de la proteína de la higuera; los resultados en g/16 g de nitrógeno son los siguientes

Cuadro No. 16. Aminograma de la proteína de ricino.

VALINA	5.44	TRUPTOFANO	0.31
ISOLEUCINA	4.68	TIROSINA	2.82
LEUCINA	6.42	CISTINA	0.68
TREONINA	3.44	GLICINA	4.31
METIONINA	1.51	ALANINA	4.26
FENILALANINA	4.02	PROLINA	3.74
LISINA	2.68	SERINA	5.44
HISTIDINA	1.21	AC ASPARTICO	9.67
ARGININA	8.61	AC GLUTAMICO	18.87

Fuente: Laufey (1974)

La calificación química consiste en comparar la cantidad de los aminoácidos esenciales de una proteína estándar (conocida como proteína FAO / WHO) con alguna otra proteína.

El porcentaje del aminoácido en referencia a la proteína estándar se le denomina calificación química de una proteína.

En el caso particular de la proteína del ricino, la comparación de su contenido en aminoácidos con el patrón de la FAO, da las siguientes calificaciones químicas

Cuadro No. 17. Calificación Química de la pasta de ricino.

AMINOACIDO	F.A.O. 1973	PASTA RICINO	CALIF. %
LISINA	5.5	2.68	48.7
TREONINA	4.0	3.44	86.0
VALINA	5.0	5.44	108.8
LEUCINA	7.0	6.42	91.7
TRIPTOFANO	1.0	0.31	31.0
METIONINA	2.2	1.51	68.6
FENILALANINA	2.8	4.02	143.6
ISOLEUSINA	4.0	4.68	117.0

Fuente: Arjona (1984)

Como se puede observar, existen varios aminoácidos limitantes

Villaseñor (1956), informó de las siguientes concentraciones de minerales g / kg de pasta de ricino cruda

Cuadro No. 18. Minerales en la Pasta Cruda de Ricino.

PO ₄	2.8	Fe	0.3	K ₂ O	1.4
K	3.9	Si	1.9	Na ₂ O	0.1
Ca	1.1	Fe ₂ O ₃	0.5	P ₂ O ₅	2.3
NaOH	0.7	Ca	1.7	SO ₃	0.6
Mg	0.7	MgO	1.0	Cl	0.03

Fuente: Villaseñor (1956)

En el análisis bromatológico de la harina cruda realizado por el autor de esta tesis, en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la U N A.M. se encontro

Cuadro No. 19., Analisis Bromatológico de la Pasta de Ricino.

	Humedad	Proteína	Grasa Cruda	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto libre de N
Harina Cruda	5.9	51.3	13.8	40.3	4.3	8.7

Fuente: Experimento Preliminar Realizado por el Autor de esta Tesis

6.2. El Aceite de Ricino Residual.

El contenido de aceite de la harina de ricino, varia con el método de extracción, pudiéndose encontrar porcentajes del 0.5 al 20 %.

Los trabajos (Fuller, 1971) sobre la alimentación con aceite de ricino indican que el ácido ricinoleico no es purgante cuando el aceite es mezclado con alimentos. Para estudiar la absorción, asimilación y metabolismo del ácido ricinoleico y otros ácidos hidroxilados, se realizaron experimentos sobre gallinas ponedoras que fueron alimentadas con raciones conteniendo 1 y 5 % de aceite de ricino. Los huevos fueron colectados con intervalos de dos semanas y probados para fertilidad y empollamiento. Fueron también cuantificados los ácidos grasos con grupo hidroxil. Al final de estos experimentos, las gallinas fueron sacrificadas y medido su contenido de ácidos grasos hidroxilados en las grasas del cuerpo.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro siguiente

Cuadro No. 20. Hidroxiácidos en la Grasa Corporal de Pollos.

ACEITE DE RICINO EN LA RACION (%)	HIDROXIACIDOS EN	LA GRASA %
	HUEVO (> DE 16 SEMANAS)	TEJIDOS CORPORALES (20 SEMANAS)
0	0.13	0.13
10	0.26	0.17
50	0.42	2.3

Fuente: Fuller (1971)

Los resultados reportados indicaron que el nivel de aceite de ricino no produjo diferencias significativas en la producción de huevo. La fertilidad decreció significativamente. Solo trazas de ácidos grasos hidroxilados fueron incorporados en el huevo. Se observa un aumento significativo de hidroxiácidos en la grasa del cuerpo de los pollos alimentados con dietas altas en aceite de ricino.

Es interesante hacer notar que cantidades importantes de aceite de ricino fueron consumidas por humanos cuando el aceite de cocinar fue adulterado con aceite de ricino en la India durante periodos de escasez de aceite, sin que provocara enfermedad (Gardner, 1960).

En bovinos (Bris 1970) el aceite de ricino demostró no solo no ser purgante sino que incrementó el valor energético (bruto) de la ración.

6.3. La Tóxicos de la Pasta del Ricino.

Existen tres tóxicos en la harina de ricino: el alcaloide ricinina, la proteína ricina y un complejo alergénico denominado CB-1A.

6.3.1. La ricinina.

La ricinina (3- piridinecarbonitrilo-1,2-dihidro-4-metoxi-1-metil-2-oxo), es un alcaloide que se encuentra en el fruto y las hojas del ricino y fué separado por primera vez en 1864.

El contenido en alcaloides de una planta depende de la variedad y de las condiciones de crecimiento, por ejemplo, mayor o menor exposición al sol, si es cultivada o silvestre, las técnicas de cultivo empleadas, la fertilidad de suelo y la edad de la planta. Se a reportado un contenido de 0.55 % de ricinina y un 0.016 % de un metabolito exógeno llamado N- demetilricinina (Reyes, 1991)

No se conoce a ciencia cierta su papel en la planta. Para unos son sustancias de desecho y para otros de reserva. Se les ha considerado como formas de circulación de las sustancias nitrogenadas en el organismo vegetal y parecen tener algún papel en la actividad celular

Los alcaloides son compuestos complejos que contienen nitrógeno, hidrógeno y carbono. La presencia de nitrógeno los relaciona con las aminas y su reacción general es una reacción básica, esto es, por lo que son llamados "álcaloides" parecidos a los álcalis, los alcaloides forman sales por reacción con los ácidos

La ricinina es un alcaloide que se agrupa con aquellos derivados de la piridina (con núcleo piridinico o piperidinico)

El ácido nicotínico es un importante intermediario en la biosíntesis de la nicotina y la anabasina. El ácido nicotínico y la nicotinamida con un grupo carboxil y el nitrógeno de la amida son incorporados intactos dentro de la ricinina. La metionina es un precursor de ambos grupos, el N- metil y el O- metil y no hay diferencia entre los dos niveles de

incorporación (Cordell, 1983).

Para encontrar la toxicidad del ricino sobre *Costelytra zealandica*, fueron extraídas varias fracciones de hojas de ricino usando cloroformo. Las hojas de ricino fueron altamente palatables para los escarabajos pero resultaron muy tóxicas. Las hojas a las que se les extrajo las fracciones, resultaron inofensivas. La principal sustancia tóxica fue identificada como el alcaloide ricinina (Burgess, 1988)

6.3.2. La ricina

La ricina es el tóxico más potente del ricino posee actividad hemaglutinante y propiedades proteolíticas que son fácilmente eliminables. Es una proteína que puede ser inactivada por calor húmedo (Mottola, 1971 a). La introducción de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con 20 % de humedad durante el proceso de desolventización (su extracción por solventes) produce una harina detoxificada (Mottola et al. , 1972)

6.3.3. El alergénico CB - IA.

El alergénico CB-IA es un complejo proteinico muy difícil de separar, sin embargo, en experimentos recientes (Thorpe, 1988), tres alergénicos fueron identificados a partir de la separación de proteínas con electroforesis. Se les denominó la 2S albumina almacenada, la 11S proteína cristalóide y la tercera se identificó como una doble proteína. Anticuerpos específicos para la 2S albumina fueron medidos y detectados en más del 96 % de pacientes sensibles al ricino, confirmando que es el mayor alergénico.

6.4. Procedimientos para la Eliminación de Tóxicos.

6.4.1. Generalidades.

Los procesos de transformación de los alimentos alteran de diversas formas sus características y su calidad. En ciertos casos, como con las proteínas, estas alteraciones pueden ser irreparables. Algunas de estas alteraciones son: pérdida y destrucción de aminoácidos y disminución de la digestibilidad de las proteínas.

En estos cambios intervienen factores como pH, temperatura, sustancias empleadas en los procesos y otros.

El efecto inicial que se observa en proteínas sometidas a tratamientos térmicos es la desnaturalización (Priestley, 1979), que puede resultar en una mejora de su digestibilidad. Un calentamiento excesivo, promueve cambios químicos que finalizan en la descomposición de la mayoría de los aminoácidos. En el caso de la cascina, todo el triptófano es destruido a altas temperaturas. Cuando están presentes otros compuestos (como la glucosa) el número de posibles interacciones aumenta y el grado de descomposición también. Además, en algunos casos se generan D- isómeros (Hayase et al 1979).

Los procesos alcalinos se conocen tiempo atrás, quizás la nixtamalización sea el proceso más antiguo. El desarrollo industrial permitió extender y diversificar su uso, aumentando la digestibilidad de los almidones y facilitando la obtención de aislados y concentrados proteínicos, así como la preservación del pescado y la destrucción de tóxicos en oleaginosas.

El uso de procesos alcalinos, sin embargo, da lugar a efectos indeseables asociados

con modificaciones químicas de las proteínas. Estos efectos guardan relación directa con pH, temperatura y tiempo de exposición. Por ejemplo, la proteína de la soya tratada con hidróxido de sodio, reduce su digestibilidad, valor biológico y utilización neta de proteína (NPU) (De Groot, 1969), lo anterior se explica por la destrucción de varios aminoácidos como metionina, trionina y lisina, formación de D- isómeros y modificaciones que dan lugar a sustancias residuales. Al tratar diferentes proteínas (lisosina, papaina, etc) con hidróxido de sodio 0.2 molar a 40 °C por 2 horas se formó lisinoalanina (Bohak, 1964)

Las proteínas de semilla de girasol expuestas a hidróxido de sodio 1 molar a 55 - 80 °C de 1 a 18 horas, formaron complejos de aminoácidos identificados como ornitina, aloisoleucina, lisinoalanina y lantionina. La presencia de estas dos últimas sustancias indican la formación de una red tridimensional rígida, que reduce el acceso a las proteínas durante la hidrólisis (Provansal 1975)

El triptofano tratado con álcali genera 15% de D- isómero. Los aminoácidos en las proteínas son recemizados fácilmente y los aminoácidos libres son recemizados con dificultad con álcali (Spies 1949)

El problema de la recemización del triptofano y otros aminoácidos radica en que no hay biodisponibilidad, no son ni siquiera absorbidos. Estos y sus metabolitos son excretados.

Se han encontrado alteraciones renales en ratas alimentadas con una dieta que contiene 20% de proteínas tratadas con álcali, la inducción de toxicidad está relacionada con la formación de lisinoalanina (Woodard y Short, 1973). Otros estudios no revelan efectos histológicos en similares circunstancias (Van Beek et al. 1974)

En pollos y borregos alimentados con productos proteínicos tratados con álcali, se

ha observado deficiente desarrollo, y en pollos a niveles altos de alimentación se ha observado efectos tóxicos (Woodard, 1973)

Algunos trabajos, (Gutierrez, 1984) indican el decremento de triptofano en caseína y harina de pescado cuando fue tratado con álcali, siendo mayor este decremento cuando fue usado $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

6.4.2. Procedimientos físicos, químicos y biológicos para la eliminación de los tóxicos.

Uno de los métodos que utilizan un álcali, consiste en calentar la harina de ricino con tres veces su peso de agua y 4 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 100 °C durante 15 minutos. El pH se ajusta a 5 con ácido fosfórico y finalmente el producto se seca

La desalergenización con vapor se hace sometiendo a la harina a una presión de 10 lb /pulgada cuadrada por una hora con una relación líquido-sólido de 1:2

La detoxificación con amoníaco utiliza calentamiento a 80 °C durante 45 minutos con una solución 6 normal de amoníaco (Mottola et al. 1972 b)

En los tres casos se elimina la toxicidad de la harina pero su valor nutritivo varía. Como se puede observar en el cuadro No. 21, el tratamiento con hidróxido de calcio es el que más reduce los niveles de aminoácidos.

El alcaloide ricinina no es afectado con el tratamiento con hidróxido de calcio o con vapor. El tratamiento con amoníaco (Hinkson et al. 1972) baja el contenido de ricinina, pero forma compuestos nuevos cuyos efectos nos son desconocidos.

Lavados de agua seguidos por extracción con etanol y un lavado final con HCl diluido, fueron de relativa eficacia para la eliminación de los efectos tóxicos.

Cuadro No. 21. Aminoácidos en la pasta de Ricino g / 16 g de N.

Aminoácidos	Sin tratar	Amoníaco	Cal	Vapor
Lisina	2.8	2.27	1.91	2.76
Histidina	2.05	2.02	1.71	1.92
Arginina	11.34	10.34	7.59	9.71
Treonina	3.54	3.32	2.00	3.36
Glicina	4.21	4.05	4.61	4.05
Valina	6.00	5.54	5.59	5.72
Isoleucina	4.91	4.68	4.52	4.64
Leucina	6.52	6.18	5.27	5.60

Fuente: Mottola (1972)

Laufey et al (1971) trató la harina de ricino con agua hirviendo utilizando un percolador de cafetera. Cada extracción duró 10 min usando 1000 ml de agua por cada 200 gramos de harina. Realizó 4 extracciones sucesivas secando posteriormente a 105°C.

En otro tratamiento la harina fue sometida a cocción directa en agua hirviendo sin extracción. Los tratamientos propuestos por Laufey et al (basados en calor húmedo) eliminan la ricina y el CB-IA. La ricinina es eliminada en su mayor parte por los lavados con agua caliente o alcohol, pues este alcaloide es soluble en agua caliente y en alcohol.

En estos tratamientos se informó de pérdidas de proteína soluble, minerales, carbohidratos y de concentración del contenido de fibra cruda.

En recientes estudios (Rao, 1988) se encontró que dietas para corderos conteniendo un 25% de pasta de ricino detoxificado por medio de calor húmedo, provocaban daño renal y hepático.

Yozo (1960) reportó la eliminación de la actividad hemaglutinante en el ricino.

mediante el tratamiento consistente en la utilización de enzimas provenientes de los microorganismos *Cunninghamella homothallica* y *Mucor javanicus*. Existe una patente en los Estados Unidos de América que utiliza bacterias del género *Clostridium* y que informa de una completa detoxificación del ricino (Darzins, 1960).

Gardner et al (1960) para desactivar la ricinina y el CB-1A, uso tratamientos térmicos bajo varias condiciones de humedad y temperatura, tratamientos químicos con hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, hipoclorito de sodio, formaldehído, amonía, sulfato de amonía, permanganato de potasio y urea, así como varias combinaciones de estas. También probó fermentación aeróbica, digestión enzimática (tripsina) y calentamiento a elevadas temperaturas.

Todos los tratamientos reducen los contenidos de ricina y CB-1A en distintos grados, siendo los más efectivos: tratamientos con calor húmedo, con amonía, con formaldehído y tripsina. Este estudio se realizó sin tomar en cuenta el posible uso de la pasta del ricino en la alimentación.

6.4.3. Concentración y aislamiento de las proteínas.

6.4.3.1. Generalidades.

Desde la década de los sesentas ha tenido una especial atención el desarrollo de técnicas para la separación y concentración de las proteínas de oleaginosas, aun cuando las harinas crudas eran ya ampliamente usadas en la alimentación animal.

Cuando exista la intención de usar la harina en la alimentación, el manejo de la semilla, su procesamiento y el manejo y conservación de la harina debe ser muy cuidadoso.

La contaminación de semillas y harinas por micotoxinas es un serio problema que requiere mucha atención. En 1960, alrededor de 100 000 pavitos, murieron por comer torta de cacahuate contaminada por *aspergillus flavus* (Nnoachovitch, 1969, Orr 1967)

Es recomendable que en el procesamiento de la semilla de oleaginosas se separe la corteza, ya que esta constituye gran parte del peso del material y contiene sustancias que pueden influir en la eficiencia del proceso y en la calidad del producto

El epispermo de la semilla de ricino tiene una gran dureza y abrasividad y es la parte no digerible más importante de la harina de ricino, eliminar la cascara resulta entonces muy conveniente

Se puede separar la fibra cruda y concentrar de esta forma la fracción proteínica. El resultado de estos estudios se observan en el siguiente cuadro

Cuadro No. 22. Estudio de la Pasta de Ricino a Diferentes Contenidos de Episperma.

Malla No.	Rendimiento %	Humedad %	Proteína %	Grasa cruda %	Fibra cruda %	Ceniza %	E.L.N. %
0	16.85	6.39	21.13	5.01	46.63	4.71	20.82
10	46.90	6.18	29.79	10.20	47.94	4.79	6.89
16	5.50	5.96	25.47	15.06	46.66	5.80	6.85
20	30.72	5.09	39.99	23.82	26.12	2.87	4.98

Fuente. Experimento Preliminar Realizado por el Autor de esta tesis.

El calor generado en el proceso de desgrasado debe ser el mínimo posible, de manera que no se afecte a la proteína y se facilite su separación.

6.4.3.2. Concentración de la proteína.

Un concentrado de proteína es definido como un producto con un contenido mínimo de 70% de proteína (N x 6.25) en base seca.

Los concentrados de proteína son producidos comercialmente mediante tres procesos básicos, en los que al extraer grasas, azúcares, materia nitrogenada soluble y otros constituyentes menores, la proteína es concentrada.

El primer proceso implica la extracción de material con agua acidificada al pH que sea el punto isoelectrónico de la mayoría de las proteínas presentes. Como el producto resultante es de naturaleza ácida, es necesario neutralizar con álcali antes del secado.

En otro proceso, los carbohidratos son separados por lavado con una solución de alcohol al 60 u 80 %

En el tercer proceso, la proteína es desnaturizada por calor húmedo y después extraída con agua.

La concentración de la proteína en el producto final es del 70% (a partir de harina desgrasada) en los tres procesos.

Los productos producidos por lavado con alcohol y agua, y los obtenidos con calor húmedo, tienen baja solubilidad de la fracción nitrogenada por la desnaturización de la

proteína. La utilización del tratamiento ácido proporciona alta solubilidad de la fracción nitrogenada.

Los concentrados pueden variar en color, sabor, tamaño de partículas y en su capacidad de absorción de agua y grasas que son características importantes en la fabricación de alimentos (Guerra, 1975), (Arjona, 1984).

6.4.3.3. Aislamiento de las proteínas.

La proteína es extraída con un medio acuoso alcalino, las variables de extracción tales como el tamaño de las partículas, relación líquido-sólido, pH, tiempo de agitación y temperatura, se seleccionan para optimizar el proceso.

La fracción de proteínas solubles es separada de la fracción insoluble por centrifugación. El extracto es posteriormente llevado al punto isoeléctrico de la mayor parte de las proteínas presentes, precipitándose estas como un fino cuajo, este cuajo es separado de las sustancias solubles y lavado para purificar las proteínas.

Una vez lavado puede ser neutralizado a pH 7 y después secado. Los aislados son secados generalmente por aspersión.

La producción de aislados de proteína varía del 30 al 40 % del peso de la harina desgrasada y contiene no menos de 90 % de proteína (N x 6.25) en base seca.

Los aislados tienen un bajo contenido de fibra cruda y si son neutralizados cuando aún se encuentran en solución producen una proteína altamente soluble. Si la neutralización

es posterior, el aislado es insoluble.

La parte insoluble de la harina (60 al 70 % del peso) tiene alto contenido de fibra cruda, carbohidratos y proteínas insolubles. Una vez seco es manejable y puede tener un uso agropecuario.

El agua usada durante el proceso contiene entre el 1 y el 2 % de sólidos (azúcares, proteínas, minerales y componentes menores).

La solubilidad de las proteínas está determinada por factores principalmente:

- a) Su grado de hidratación.
- b) Su densidad y distribución de cargas a lo largo de la cadena.
- c) La presencia de compuestos no proteínicos como fosfatos, carbohidratos y lípidos, los cuales pueden o no enlazarse con la proteína.

Los principales agentes que logran efectuar dichos cambios son la fuerza iónica, el pH, las propiedades dieléctricas del disolvente, la temperatura y tiempo de agitación.

El tiempo de agitación a emplear está en función del tipo, tamaño y composición de la molécula estudiada, de la interacción de los agentes estabilizantes que contiene, así como la solución extractora que se utilice (Guerra, 1975).

La fuerza iónica constituye no solo una medida de concentración, sino también del número de cargas eléctricas, de los cationes y aniones proporcionados por una sal.

Las sales neutras ejercen un efecto marcado en la solubilidad de las proteínas.

globulares y esto está relacionado con las fuerzas iónicas que desarrollan. La solubilidad aumenta cuando se reduce el grado de interacción de las propias moléculas del soluto, lo que trae consigo que se produzca un mayor contacto entre el soluto y el disolvente. Los cationes y aniones de las sales neutras, tienen afinidad por los grupos iónicos provenientes de los aminoácidos ionizables, por lo que evitan la interacción entre las moléculas de proteínas a través de sus grupos cargados. Al inhibir dicha interacción, aumenta considerablemente la solubilidad de las proteínas.

Debido a la naturaleza anfótera de las proteínas, la solubilidad depende del pH; es mínima en el punto isoeléctrico, pero aumenta considerablemente al alejarse de él.

Las proteínas pueden actuar como cationes o como aniones, de tal manera que al tener la misma carga eléctrica desarrollan cargas de repulsión entre ellas, que repercuten en un aumento de su solubilidad y estabilidad. Estas fuerzas son mínimas en el punto isoeléctrico, lo que permiten que tiendan a precipitarse (Arjona, 1984).

Existen varios trabajos sobre la extracción de la proteína de ricino; Tartakouski (1944) obtiene proteína con un tratamiento a base de NaCl al 10 % y calentamiento a 50 °C. Kodangekar, (1946) obtiene un aislado de proteína (89.6 %) usando NaOH al 0.5 a un pH de 11.73.

Polit (1976) utiliza NaOH 0.5 % a un pH de 11 con una relación líquido - sólido (peso - volumen) de 1:5 elevando la temperatura a 45 °C. La proteína soluble es precipitada a un pH de 5.8 y secada a 100 °C.

Sattar (1977) estudia los agentes solubilizantes y precipitantes. Obtiene baja

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

producción a pH 11.6 con Na OH al 0.3 % como sulubilizante y 5 % de ácido acético como precipitante. La viscosidad de la solución es comparable con la caseína

Lalonde (1984) encontró que la viscosidad - de gran importancia en varios usos alimenticios- es incrementada con la presencia de urea , laurilsulfato de sodio y salicilato de sodio.

Respecto a la calidad de la proteína (Sattar,1977) reporta más metionina , valina y tirosina y menos arginina y leucina en el aislado de proteína que en la harina cruda. Singhal (1984) no encontró cistina y Polit (1976) y Yoon (1980) reportan como aminoácido limitante a la lisina y a los aminoácidos azufrados Mourge (1958) encuentra una transformación parcial de lisina en homoarginina y Khvostova (1983) reporta altos contenidos de arginina en los aislados de proteína de ricino

Respecto al secado, Kopeikovskii (1966) señala una disminución en la cantidad y calidad de la proteína cuando se incrementó el tiempo de secado Informa de pérdidas ligeras de nitrógeno total cuando el secado es llevado a cabo a 180 °C.

Cuadro No. 23. Variables en donde se encuentra la mayor solubilidad de proteína

pH	13.2
Efecto de la fuerza iónica	0 (molaridad)
Efecto de la grasa	A mayor cantidad de grasa, mayor solubilidad
Relación Agua - Sólidos	15 ml. /g

Fuente: Experimento Preliminar Realizado por el Autor de esta Tesis

Cuadro No. 24. Análisis Bromatológico del concentrado de proteína (%).

	Cenizas	Humedad	Proteína	Grasa Cruda	Fibra Cruda	E. L. N. *
Alfado de Proteína	1.4	13	50	34	2.1	12.6

Fuente: Experimento preliminar Realizado por el autor de esta tesis.

*Extracto libre de nitrógeno.

6.4.4. Otros Métodos para la Eliminación de Tóxicos del Ricino.

Como el último método que mencionaremos para disminuir la toxicidad del ricino esta el fitomejoramiento Khvostova (1983) en trabajos sobre selección de ricino, encontró un decremento del 81 al 22.5 % de la toxicidad inicial, sin disminución de la productividad. Sus resultados indican que no existe correlación entre la duración del periodo de crecimiento, peso de las semillas, contenido de aceite y resistencia a infección por *fusarium*.

6.5. Otros Usos de la Pasta del Ricino.

En México, la harina de ricino es utilizada como combustible y como fertilizante. Para este último uso es altamente apreciada en Japón y Europa para aplicación en jardinería y horticultura.

La calidad de la torta como fertilizante depende directamente de las condiciones de la semilla. En una tonelada de torta se encuentran aproximadamente las siguientes cantidades de nutrientes básicos.

Cuadro No. 25. Nutrientes Básicos en la Pasta de Ricino

Nitrógeno	50 - 70 Kg.
Fosforo	19 Kg.
Potasio	14 Kg.

Fuente: Landaverde (1942)

Comunmente la harina se usa como fertilizante aunque puede tener otros muchos usos como los ya vistos y otros como la obtención de enzimas lipolíticas y proteasas, como veneno para roedores, en la fabricación de pesticidas, (controla nemátodos, específicamente *Meloidogyne incognita* (Jaehn, 1984) e insectos (Evans, 1989, Sharma 1990)), para la obtención de glicerol, ácido glutámico, carotenoides, esteróides, tocoferol y lecitina

VII.- ALTERNATIVAS DE INVESTIGACIÓN Y USOS DEL RICINO.

La primera pregunta que nos hacemos, es el porqué este cultivo que requiere relativamente pocos cuidados, que se adapta a múltiples ambientes, que es importante en la industria mundial y que puede ayudar a combatir la miseria de zonas marginadas, no ha sido promovido. Prácticamente no existe en México, investigación sobre este cultivo, pero el paquete tecnológico está al alcance de cualquiera. Maquinaria, nuevas variedades de ricino, nuevos usos, son investigados y reportados en revistas científicas de países como la India, Brasil, Estados Unidos y otros más, indicando la importancia que se otorga a este cultivo. Entonces no se entiende porqué en México, esta industria está a punto de desaparecer y se ha preferido gastar unos 7 000 000 de pesos al año, para importar aceite en vez de invertir recursos en una actividad en la que por condiciones ecológicas y recursos humanos, seríamos eficientes y que beneficiaría a una población marginada.

Con la capacidad industrial instalada para el beneficio del ricino y los rendimientos actuales, bastaría cultivar unas 7000 hectáreas para abastecer el mercado nacional de aceite de ricino.

Realizar esta investigación es de capital importancia, para determinar si es posible la revitalización y beneficio de este cultivo. No es lo mismo una falta de visión o de eficiencia, que la deliberada intención de olvidar esta actividad por motivos económicos o políticos.

Por otra parte, tradicionalmente la planta y semilla del ricino, han tenido un uso medicinal que no ha sido confirmado científicamente. Muchas plantas usadas en medicina tradicional son efectivas, pero otras muchas no solo no ayudan, sino que son tóxicas.

Para determinar estos efectos es necesaria la investigación química de la planta. Tanto la UNAM como la UACH, poseen laboratorios donde se realiza investigación en fitoquímica y en los que se pueden separar los compuestos

De la misma manera es necesario probar si realmente tiene efectos fungicidas y antivirales.

El efecto insecticida y nematocida (contra *meloidogyne incognita*) está documentado, pero no se ha determinado si es económicamente viable. No hay estudios sobre la obtención comercial de la ricinina ni sobre los efectos precisos de este alcaloide sobre varias especies de insectos y nemátodos. Tampoco se conocen los efectos laterales de la ricinina.

El hecho de que en Nigeria se use la semilla del ricino en la alimentación humana después de tratarla por fermentación, nos abre la posibilidad de utilizarla también en México, si no para uso humano, si para la alimentación animal. La tecnología que usan en Nigeria debe ser necesariamente sencilla, pues es una tecnología tradicional. Para su utilización, debe determinarse la calidad del alimento, se debe investigar si no hay remanentes de tóxicos y otros factores antinutricionales y es necesario conocer que microorganismos intervienen en esta fermentación y en que condiciones actúan. También es importante conocer la acción del aceite de ricino en el organismo. Esta tecnología podría ser también utilizada en el tratamiento de la pasta de ricino.

Es necesario probar tanto las variedades regionales como las variedades obtenidas en el extranjero y determinar las condiciones óptimas de cultivo. Paralelamente a esta adopción y adaptación de nuevas variedades se debe iniciar un programa de fitomejoramiento para encontrar nuevas variedades con mayor rendimiento, mayor contenido de aceite y proteína, resistencia a enfermedades, tolerancia a factores ambientales, menor contenido de tóxicos, menor espesor de la testa o facilidad para desprenderse, tamaño, indehiscencia y otras muchas características deseables.

Según Janson (1974), las descascaradoras mecánicas son fácilmente adquiribles en los Estados Unidos, Francia y Sudáfrica. Estas máquinas son fundamentales para fomentar el cultivo del ricino, pues el descascarar a mano es sumamente cansado y una de las razones por las cuales el campesino prefiere no sembrar ricino.

También las cosechadoras mecánicas pueden obtenerse de los países con alta producción de ricino. Si en algún momento hubiera la prohibición por parte de estos países, de exportar estas máquinas, se pueden diseñar estos aparatos a partir de los usados para otras oleaginosas.

Si se lograra importar las descascarilladoras y cosechadoras, deberán adaptarse a las condiciones nacionales.

Lateralmente a la modernización agrícola, debe reordenarse la industria beneficiadora del ricino, con la tecnología que es ampliamente conocida, principalmente el uso de extractoras continuas y extractoras por solventes. Sería interesante conocer la posición de las procesadoras de otras oleaginosas con respecto al ricino.

La pasta de ricino puede ser utilizada en la alimentación animal con los procedimientos de concentración y aislamiento de proteínas, ya que contiene un 40 % de proteína. Necesitamos saber si en estos procesos no quedan remanentes tóxicos y factores antinutricionales, si la proteína es de calidad y si es palatable. Es necesario determinar con precisión el proceso de obtención del alimento y realizar estudios de mercado y comparativos, para saber si la utilización de este alimento, es realmente viable.

El aceite de ricino puede tener otros usos, como la protección de semillas contra insectos y la pasta de ricino además de los distintos compuestos que se pueden obtener de ella podría ser un eficaz veneno contra roedores, con un uso similar al de la warfarina.

VIII.- CONCLUSIÓN.

El ricino es una planta de importancia para la industria mundial y es exitosamente cultivada en diversos países del mundo

Esta planta es resistente a condiciones ambientales adversas, tiene una amplia capacidad de adaptación y puede ser un importante recurso que ayude a superar la inopia en que se encuentran varias comunidades marginadas de nuestro país

La capacidad instalada de la industria nacional del ricino, es suficiente para satisfacer la demanda interna de aceite de ricino

Es necesario realizar una investigación socio - económica sobre el cultivo y beneficio del ricino para detectar los problemas que impiden el desarrollo de esta actividad. Casi no hay investigación en México sobre el ricino y sus transformaciones. Los datos disponibles son muchas veces contradictorios, por lo que será necesario realizar una investigación de campo

Una investigación fitoquímica proporcionaría información sobre los posibles usos terapéuticos del ricino, así como su uso como insecticida, nematocida y fungicida. Paralelamente, se puede experimentar sobre los efectos del aceite y pasta del ricino sobre insectos, hongos y nemátodos

Siendo el descascarado de la semilla del ricino una labor intensa que desanima su cultivo, es necesario la adaptación de descascaradoras mecánicas Para el uso de estas descascaradoras, es necesario contar con semillas de tamaño homogéneo

Deben cultivarse variedades mejoradas de alta producción, de tamaño homogéneo, con mayor contenido de aceite, testa delgada, menor cantidad de tóxicos, mayor cantidad de proteína y otras características deseables

Es posible incrementar, para fines de exportación, este cultivo, para lo cual es indispensable el análisis del mercado mundial y determinar si es redituable la modernización de la industria del ricino Esta modernización incluye la introducción de nuevas prensas y el uso de la extracción por solventes

Para el buen funcionamiento de la industria del ricino, deberá estar garantizado el suministro de materia prima La industria y el cultivo del ricino, deben desarrollarse paralelamente.

Un nuevo uso del aceite de ricino, es el de proteger los granos almacenados contra ataque de insectos. La pasta de ricino es útil como insecticida y como nematocida.

Al usar la pasta de ricino, se deben seguir medidas de seguridad tales como el uso de goggles y mascarillas. El contacto con los alérgenos del ricino es peligroso.

La pasta y semilla del ricino pueden utilizarse en la alimentación animal. Dos procedimientos han demostrado ser efectivos en la detoxificación del ricino: La fermentación y el aislamiento de la proteína.

Por su poder hemaglutinante, la pasta de ricino podría ser útil para controlar roedores.

**of Castor Plants on the Accumulation of Stored Substances in Seed Vopr Biokim Maslinch.
Kul'Zdachamu Sel 66-77 (in Chem Abs)**

- 10 Calero, E. (1973). Como Cultivar La Higuera en La Zona Montañosa de Manabí y Guayas INIAP Quito, Ecuador.
11. CIPS, (1983) (Centro de Investigación del Pacífico Sur) Guía para la Asistencia Técnica Agrícola en los Valles Centrales de Oaxaca DGEA SARH México
- 12 Cordell, G. A. (1983) Introduction to Alkaloids a Biogenetic Approach Ed John Wiley and Son E. U. A.
- 13 Cuadra, V. D. (1981) Ricinus Communis L. Folleto Centro de Química Aplicada
14. Saltillo, Mexico
- 15 Darzins, E. (1966) (Edible Castor Cake Patente U.S. 2,920,963 Jan. 1960)
- 16 De Groot, A. y Slump P. (1969) Effects of Severe Alkali Treatment of Protein on Amino Acids composition and nutritive value. *J. Nutrition* 98, 45-46.
17. Dominguez, X., Sponer E. and Slim J. (1952) Castor Oil as a Starting Material for Laboratory Preparations *J. of Chem Educ* 29 446-448
18. Dublyanskaya, N. F. (1961) Make up of the Seed and Oil of Regional Varieties of the Castor Oil Plant. *Masloboino Zhirovaya Proms* 27(11) 20-21 (Chem. Abst.)
- 19 Escalona, S. M. (1975) Proyecto de una Agroindustria para el Cultivo y Beneficio de La Higuera. Tesis (parte II) Ing. Químico Ind. UNAM México
- 20 Estrada, V. F. (1934) Estudio Químico del Aceite de las Semillas de Higuera de las Principales Variedades Mexicanas Tesis Fac. de Química UNAM México

21. Evans, D.C. (1989) Traditional pest control in Ecuador : effects of castor leaves on Coleoptera pest in corn. *Tropical pest Management* 35 2, 146 – 149.
22. Fernandez, H. (1961). Proyecto de Instalación de una Planta de Higuierilla. Tesis. Ing. Químico Ind. IPN, México.
23. Flores, L. (1976) Estudio de la Composición Química del Aceite de Ricino. Tesis. Fac. de Química. UNAM. México.
24. Fregoso, G.D. (1946). Deshidratación del Aceite de Ricino para la Obtención de Pinturas. Tesis. Fac. De Química. UNAM. México.
25. Fuller, G., Walker, H. Mottola, A. (1971) Potential for Detoxified Castor Meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 48 (16) 616-618.
26. García, R. H. (1984) Enciclopedia de las Plantas Medicinales Mexicanas. Ed. Posadas Sa. Ed. México.
27. Gardner, H., D' Aquin, E., Koltun, S. et al. (1960) Detoxification and Deallergenization of Castor Beans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 37 142-148.
28. Guerra, M.J. and Park, Y.K. (1975) Extraction of Sesame Seed Protein and of Molecular Weight by Sodium Dodecyl Sulfate. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 52 (1) 72-74.
29. Gutierrez, O. y Soriano, S.J. (1984) Efecto del Alkali Sobre la Disponibilidad de Triptofano. Tesis. Fac. de Química. UNAM. México.
30. Guzmán, S.E. (1970). El Cultivo de la Higuierilla en Oaxaca. Folleto. Dep. de Extensión Agrícola. Esc. Nal. de Agric. Chapingo. México.
31. Hayase, F., Kato, H. and Fujimaki, M. (1979), Recemization of Amino Acids Residues in Casein Roasted with Glucose and / or Methyl Linoleate. *Agric. Biol. Chem.* 43: 2459-2465.

32. Harden, L.M. (1975) , Cotonsced a Technological Breackth Tought in the World Food Crisis. N Acta Jour. Jan.
33. Heredia, N.J (1975),Proyecto de una Agroindustria para el Cultivo y Beneficio de La Higuierilla. Tesis (Parte I), Ing. Químico Ind IPN, México
34. Hinkson, J., Elliger, C.,and Fuller, G (1972) The Effect of Amination upon Ricinine in Castor Meal J Am. Oil Chem. Soc. 49. 196-199
35. Ibarra, D. S. (1943) , La Higuierilla. Ed. Trucco. México
36. Jaehn, A. (1984) ,Use of Castor Bean as Nematicide in Coffe Nurseries. Nematologia Brasileira. 8. 285 - 294.
37. Janson, H., (1973) . Castor Bean Processing. Oleagineux 28 (6) 307 - 310
38. (1974) ,Producción y Elaboración del Aceite de Ricino. ONUDI. Nueva York, E U A
39. Khvostova, I.V. (1983)Improving the Quality of the Protein Complex of Castor Oil Seeds. Maslo-Zhir Prom.- St (7) 17- 19 en Chem. Abs.
40. Kodangekar,P. Mandlekar, M and Mehta,T (1946) Utilization of vegetable-oil cake for the production of protein. J Ind Chem Soc. 9, 34-44
41. Koshiyama, L (1968) ,Chemucal and Physical Properties of a Protein in Soybean Globulin. Cereal Chemist 45: 394
42. Kopeikouskii, V (1966) Changes in the proteins of castor beans during drying. Pishchevaya Teknol 3: 15-17 (Chem. Abs)
43. Lalonde, L. Fountaun, D. Kermodé, A. (1984) A comparative study of the insoluble storage proteins and the lectins seeds of euphorbeaceas. Can. J. Bot. 62 (8) : 1671-1677

44. Landaverde, A. (1942). Las Plantas Oleaginosas. Ed. Trucco. México.
45. Laufey, V. and Fisher, H. J. (1971) Castor Bean Meal as a Protein Source for Chickens. Detoxification and Determination of Limiting Amino Acids. *J. Nutr.* 101. 1185 - 1192.
46. Mackie, A.B. Calhoun SD (1991) World oilseed and products trade, 1962- 1988. Statistical Bull. U.S. Dep. Of Agric. No. 819
47. Martínez, B. E. (1970). Prueba Comparativa de Adaptación y Rendimiento de dos Variedades y cuatro Híbridos de Higuerrilla Enana en el Municipio de General Escobedo, Nuevo León. Tesis Univ. Agron. Antonio Narro. Saltillo, Coah. México
48. Martínez, M. (1936) Plantas Útiles de México. Ed. Botas. 2a. Ed. México
49. Meyer, E. W. (1971) . Oilseed Protein Concentrates and Isolates. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 48. 484.
50. Miller, G. y Lachange, P. A. (1973) Protein Chemistry and Nutrition. Ed. Food Product Development
51. Mottola, A. C., Mackey, B., Herring, V. et al. (1972 a) Castor Meal Antigen Deactivation Pilot Plant Ammonia Process. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 49. 662-664
52. Mottola, A. C., Mackey, B., Walker, H. G. et al. (1972 b) Castor Meal Antigen Deactivation -Pilot Plant Lime Process. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 49. 662-664
53. Mourge, M., Baret, R., Reynaud, J. et al. (1958) Study of Proteins in seed of Ricinus (*Ricinus Communis*). *Bull. Soc. Chim. Biol.* 40. 1453-1463
54. Murow, I. S. (1944) . Proyecto de una Planta para Obtener Aceites Sulfonados. Especialmente de Ricino. Tesis Fac. De Química. UNAM, México
55. Noachovitch, G. (1969) Graines Oleagineuses et Problemes Alimentaires. Número Especial de Annales

del "Institut National Agronomique, Tomo V Paris, Francia.

56. Ocampo, C. G (1974), Metodo para Aislar la Proteina de Soya Tesis Fac. de Quimica . UNAM, México.
57. Orr, E. and Adair , D . (1967) The production of Protein Foods and Concentrates from Oilseeds Tropical Products Inst Londres, Inglaterra
58. Polit, P. , Agarbien, C., (1976) Proteins from Ricinus CommunisJ Agric Food Chem 24 (4) 795 - 798
59. Prociado, C.A. (1959) ,La Higuera o Ricino. Monografía DGEA S A G México
60. Priestley, R.J (1979),Effects of Heating on Foodstuffs Applied science Publisher Ltd Londres, Inglaterra
61. Poltanec, A. (1995) Effects of short term waterlogging on growth of castor bean during early vegetative growth Kaen-Kaset-Khon Kaen Agriculture Journal 1995, 23 2, 81-86
62. Provansal, M., Cuq, J and Cheffel, J.L. (1975) Chemical and Nutritional Modifications of Sunflowers Proteins Due to Alkaline Processing J Agric Food Chem 23 918-941
63. RAFL, (1990). Biotechnology and Castor Oil Communiqué, January- February
64. Rao, N.P and Reddy, B S (1988) Effect of castor bean meal (CBM) on the physiopathology of lambs Livestock-Adviser 1988, 13 8, 21-30, 22
65. Reyes, M. (1991),Detección de Rucina en la Pasta de Ricino Tesis Fac de Quimica UNAM México
66. Robles, S R . (1980) Producción de Oleaginosas y Textiles De Limusa México
67. Rocha, M J (1952), Refinación de Aceites Vegetales Tesis Fac de Quimica UNAM, México

68. Sattar, A. and Haq, M. (1977). Studies on the Utilization of Castor Oil Cake Part. I Isolation and Evaluation of Proteins. *J. Sci. Ind. Res.* 12 (1-2) 6-12
69. Sharma, S. Vasudevan, P. Nadin, M. (1990). Insecticidal value of castor (*Ricinus communis*) against termites. *International Biodeterioration* 27:3 249-254
70. Singhal, K., Mudgal, V. (1984). Aminoacids profile of some conventional protein supplements. *Ind. J. Amin. Sci.* 54(10) 990-992
71. Singh-U. N., Pandey, N. D. and Singh, Y. P. (1994). Effectiveness of vegetable oils on the development of *Callosobruchus Chinensis* Linn. Infesting Stored gram. *Indian Journal of Entomology* 1994, 56, 3, 216-219
72. Spies, J. and Chambers, D. C. (1949). Chemical Determination of Tryptophan in Proteins. *Anal. Chem.* 21: 1249 - 1266
73. Tartakouski, M. and Matveer, V. (1944). Preparation of castor bean proteins. *J. Appl. Chem.* 17 274-281
74. Thorpe, S. (1988). Allergy to Castor Bean. *J. Aller. Clin. Im.* 82, 1, 67-72
75. Uribe, Z. S. (1977). Investeccion de Aflatoxinas en Cacahuete Mexicano. Tesis. Fac. de Quimica UNAM Mexico
76. Uzogara, S. (1990). A Review of Traditional Fermented Foods, Condiments and Beverages in Nigeria: Their Benefits and Possible Problems. *Ecol. Of Food and Nutr.* 24, 4, 2267 - 2285
77. Van Beek, L., Fearon, V. and de Groot, A. J. (1974). Nutritional Effects of Alkali - Treated Soy Protein in rats. *J. Nutr.* 104, 1650 - 1655.
78. Vaughan, J. G. (1970). *The Estructure and utilization of oil seeds*. Ed. Chapman and Hall LTD Londres, Inglaterra

79. Villaseñor, B. (1956).Aprovechamiento Industrial del Aceite de Higuera. Tesis. Fac. de Química UNAM. Mexico.
80. Weiss, E.A. (1971).Castor, Sesame and Safflower. Ed. Leonard Hill. Londres, Inglaterra.
81. Woodard, J. and Short, D. (1973). Toxicity of Alkali-Treated Soy Protein in rats. *J. Nutr.* 103: 596 - 574.
82. Yoon, Joo-Ok (1980). Studies on the preparation of food proteins from castor bean protein. *Hanguk suk'pum Kwahakhoe chi* 12 (4): 263- 271 (chem. Abs.).
83. Yozo, O. (1960). Decomposition of Phytagglutinins. I. Hemagglutinins in Extract of Some Plants seeds. *Hiroshima Igaku* 8: 2207 - 2213 (Chem. Abs.)