



Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos
Dirección General de Institutos Tecnológicos



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

Residencia profesional

Tema:

“Detoxificación de hojas de piñón”

Asesor: M.C. Evaristo Julio Ballinas Díaz

Revisores: Dra. Rocio Meza Gordillo

Dr. Arnulfo Rosales Quintero

Presenta:

Díaz Alfaro Marco Antonio



Tuxtla Gutiérrez Chiapas, a Junio del 2011

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVO ESPECIFICO	4
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE PARTICIPACIÓN	5
MISIÓN	5
VISIÓN	5
OBJETIVOS DE LA INSTITUCIÓN.....	5
PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS	7
ALCANCES Y LIMITACIONES	7
FUNDAMENTO TEÓRICO	8
ANTECEDENTES	8
TAXONOMIA	8
DISTRIBUCION GEOGRAFICA Y ORIGEN.....	9
DESCRIPCIÓN BOTANICA Y MORFOLOGICA	12
USOS Y PROPIEDADES	14
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	17
COMPOSICION QUIMICA	18
TÓXICIDAD	18
ENSILADO	24
CONGELACIÓN	24
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51

Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías para la obtención de energías renovables ha traído consigo numerosos trabajos para realizar aprovechamientos integrales y sustentables de la biodiversidad, debido a que en nuestro planeta existen numerosas especies de plantas nativas que tienen un gran potencial en la industria farmacéutica, textilera, energética, etc.

Jatropha curcas es una planta oleaginosa, pertenece a la familia Euphorbiaceae que comprende aproximadamente 8.000 especies y que en los últimos años se ha proyectado como sustituto de una fuente de aceite para la fabricación de biodiesel (biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación). Tiene la capacidad de crecer en suelos pobres y arenosos por lo tanto no requiere de gran cantidad de nutrientes y no compete con tierras destinadas para el cultivo de alimentos, además tiene una alta resistencia a las sequías lo cual convierte a esta especie arbustiva en una interesante opción de cultivo energético.

En este trabajo se trata de extender la cadena productiva de *jatropha c.* Mediante el uso de la harina de sus hojas para la elaboración de una dieta de engorda para ganado porcino, bovino. Sin embargo la utilización de este recurso alimentario tiene sus contras debido a que recientes investigaciones sobre la torta residual que queda después de la extracción del aceite han revelado que es tóxica debido a la presencia de algunos factores antinutricionales tales como: saponinas, fitatos, inhibidores de tripsina, lecitina (curcina), ésteres de forbol (12-deoxi-16-hidroxi-forbol-13-acilato), siendo los ésteres de forbol el compuesto ligado principalmente a la toxicidad debido a que el contenido de curcina no varía mucho entre especies pero sí el contenido de los ésteres de forbol lo cual indica que la toxicidad se debe principalmente a este y por lo cual los residuos de *jatropha* no pueden ser utilizados para el consumo de animales.

Tomando en cuenta los factores antes descritos la presente investigación se centra en la detoxificación de hojas de piñón mediante tratamientos físico-químicos, esto con la finalidad de realizar un aprovechamiento integral de *jatropha* y elaborar una dieta de ratones para ver la toxicidad de la harina. En la detoxificación se utilizarán solventes como el NaOH al 1%, HCl 1%, etanol 92%, NaClO al 4%, variando los tiempos de exposición al solvente. Además se realizarán tratamientos físicos con calor húmedo a 121 °C y 150 °C y se llevó a cabo un proceso de congelación para ver si el daño celular causado por la formación de cristales de hielo permite la segregación de los factores tóxicos.

Justificación

Al transcurso del tiempo se ha visto una disminución mundial en la producción de petróleo, según expertos en materia de energéticos el petróleo ha sobrestimado su capacidad productiva y podría enfrentar crisis o desabasto de sus mas grandes yacimientos, si a esto le sumamos la creciente demanda de energéticos en nuestro mundo en desarrollo, esto es una grave problema. En nuestro país no hay excepción también se ha visto una disminución en la producción de crudo, un ejemplo de ello es Cantarell que en el 2004 llegó a producir 62.1% y en el 2007 produjo 48.3% lo cual muestra una disminución en lo que respecta a la producción; esto es preocupante debido a que se estima que el 40% de los ingresos de la nación son producto de la exportación de crudo y dependemos del petróleo y el gas para satisfacer el 90% de nuestras necesidades energéticas. Ante esta situación investigadores han tomado la tarea de buscar alternativas que sean rentadoras y que no contaminen. Estas investigaciones han llevado a la utilización de los llamados biocombustibles como el biodiesel que se pretende sea sustituto parcial o total del petrodiesel o gasóleo. En México el maíz la caña son buenas opciones para la obtención de biocombustibles pero recientemente las investigaciones se han centrado hacia una planta, la *Jatropha*, un follaje que no es consumible para los animales pero que sirve como energía, debido a que puede extraerse el aceite contenido en las semillas de su fruto y utilizarse en la elaboración de biodiesel.

La perspectiva para el futuro está en las llamadas fuentes de energía renovables pero como ya se había mencionado estas alternativas energéticas deben de ser rentadoras y no deben de contaminar, he ahí la importancia de este trabajo en el cual se trata de aprovechar los desechos de *Jatropha* mediante el desarrollo de tratamientos que permitan detoxificar a las hojas y por ende a la pasta residual del piñón esto con la finalidad de poder utilizar la harina de las hojas y la pasta como fuente proteica para la engorda de ganado porcino, bovino y aves de corral.

Objetivo general

- Evaluar el efecto de los distintos tratamientos fisicoquímicos sobre la inactivación de los factores antinutricionales de la harina de hojas de *Jatropha curcas*.

Objetivos específicos

- Evaluar la toxicidad de hojas *Jatropha curcas*.
- Evaluar el efecto de los tiempos de exposición de los solventes sobre la toxicidad de las hojas de *Jatropha*.
- Elaboración e implementación de una dieta para ratones

Caracterización del área en que participó

El área donde se realizó el proyecto fue en Planta Piloto del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

Misión

Formar de manera integral profesional de excelencia en el campo de la ciencia y tecnología con actitud empresarial respecto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

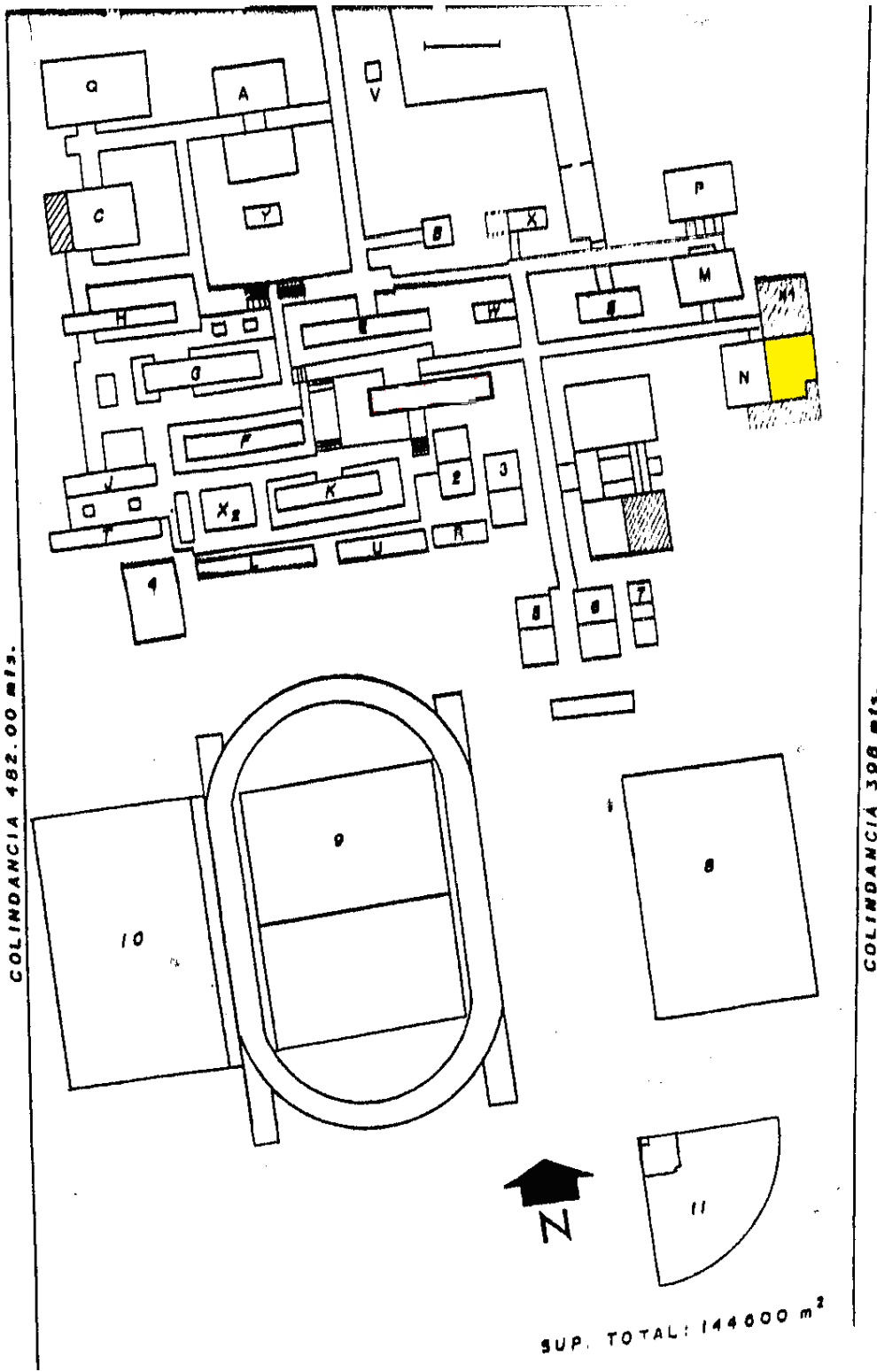
Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Objetivos de la institución

Promover el desarrollo integral y armonico del educando con los demas, consigo mismo y con su entorno, mediante una formacion intelectual que lo capacite en el manejo de los metodos y los lenguajes sustentados, en los principios de identidad nacional, justicia, democracia, cultura, que le permitan una mente y cuerpo sanos.

Plano de la institución



Problemas a resolver, priorizándolos

Durante la elaboración del presente proyecto de investigación se pretende establecer un tratamiento adecuado para la detoxificación de los metabolitos secundarios tóxicos que se encuentran en el piñón.

Con el establecimiento de este tratamiento se busca realizar un aprovechamiento integral de la planta *jatropha* y evitar que sus desechos sean tirados y puedan causar problemas de contaminación.

Este estudio al igual que muchos mas que se han centrado en el aprovechamiento de los residuos de *jatrofa* son una base importante para que se siga investigando y desarrollando tecnologías que permitan darle un valor economico a los residuos y que estos residuos puedan ser parte de un programa sustentable que tiene como finalidad elevar el nivel socioeconomico del estado.

Alcances y limitaciones

En este trabajo, se pretende crear la pauta para la elaboración de un producto que sea hecho a base de harina de hojas de *jatropha* y que sirva como fuente proteínica a los animales, para ello primero se realizaron tratamientos fisicoquímicos para extraer y degradar a los metabolitos secundarios, mediante la exposición a solventes tales como el hipoclorito de sodio al 4%, etanol al 92%, hidróxido de sodio al 1%, ácido clorhídrico al 1%, también se realizaron tratamientos térmicos ácidos y alcalinos para ver el efecto de la temperatura, se realizó un ensilado en el cual se utilizó suero lácteo y melaza esto con la finalidad de que las bacterias acidolácticas acidificaran el medio para ver si así se degradaban los compuestos tóxicos; se realizaron también tratamientos físicos como la congelación y tratamientos con calor húmedo a altas temperaturas (121, 150 °C). Además se elaboró la dieta para las ratas.

Dentro de las limitaciones que se presentaron en la realización de este trabajo fue la falta de equipo, como por ejemplo; molinos que facilitaran la obtención de la harina de las hojas por lo cual la molienda se realizó en licuadora, la falta de vapor de las calderas para la realización de los tratamientos térmico ácido y alcalino en las marmitas, otra limitante fueron los reactivos, debido a que no hay en los laboratorios de nuestra institución (melaza, suero lácteo para el ensilado) lo cual retardo las actividades, en el caso del ácido clorhídrico también fue un problema conseguirlo ya que se utilizó como solvente y por lo tanto se tenía que trabajar con grandes cantidades por lo que los demás laboratorios no querían prestar más que pequeñas porciones.

La materia prima también fue una limitante ya que en este caso no se pudo trabajar debido a que en invierno las plantas de piñón tiran sus hojas y crecen

hasta el mes de abril lo cual retraso el experimento, todos estos factores impidieron que no se lograra implementar la dieta debido a falta de tiempo.

Fundamento teórico

Antecedentes

Jatropha curcas es originaria de México y Centroamérica, se encuentra ampliamente distribuida en zonas áridas, semiáridas y regiones tropicales, florece en suelos erosionados, requiere poca humedad y nutrientes, cada inflorescencia rinde un manojo de aproximadamente 10 frutos, mismo que requiere de 90 días desde la floración hasta la maduración de la semilla, la fruta produce de 1 a 4 semillas negras, cada una aproximadamente de 2 cm de largo y 1 cm de diámetro; pesan alrededor de 0.75g, el embrión contiene de 27 a 32% de proteínas y de 58 a 60% de lípidos. Estudios con semillas de 26 plantas no comestibles muestran que el aceite de *Jatropha curcas* es el más apto para su conversión a biodiesel por lo que es considerada como la más promisoría fuente de aceite para su producción.

Taxonomía

La familia Euforbiácea comprende aproximadamente 8000 especies incluidas en 321 géneros, uno de ellos es el género *Jatropha*, que pertenece a la tribu Joannesieae de Crotonoideae y que contiene aproximadamente 170 especies conocidas.

A continuación se detalla la clasificación taxonómica completa del piñón:

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Euphorbiales
Familia: Euphorbiaceae
Género: *Jatropha*
Especie: *curcas*

El nombre de su género, *Jatropha*, se deriva del vocablo griego iatrós, que significa doctor, y trophé, que significa comida, lo cual vuelve implícito su uso medicinal. Linneo fue el primero que nombró al piñón como *Jatropha curcas* L. de acuerdo a la nomenclatura binomial de su libro "Species Plantarum", que es utilizado hasta la actualidad.

Esta planta es conocida comúnmente como: piñón (Ecuador, Guatemala), piñón manso (Brasil), tubang-bakod, tuba-tuba (Filipinas), purging nut, physic nut, barbados nut (USA). También la podemos encontrar con los nombres científicos: *Ricinus jarak*, *Ricinus americanus*, *Jatropha acerifolia* y *Jatropha edulis*. Heller (1996) menciona numerosos nombres vernáculos para el piñón como: pourghère, pignon d'Inde (Francés); purgeernoot (Holandés); Purgiernuß, Brechnuß (Alemán); purgueira (Portugués); fagiola d'India (Italiano); dand barrî, habel meluk (Arábigo); kanananaeranda, parvataranda (Sanskrito); bagbherenda, jangliarandi, safed arand (Hindi); kadam (Nepal); yulutzu (Chinesa); sabudam (Tailandés); jarak budeg (Indonesia); bagani (Costa de Marfil); kpoti (Togo); tabanani (Senegal); mupuluka (Angola); butuje (Nigeria); makaen (Tanzania); piñoncillo (México); coquillo, tempate (Costa Rica); tártago (Puerto Rico); mundubi-assu (Brasil); piñol (Perú) y piñón (Guatemala).

Distribución geográfica y origen de la especie

El piñón es una planta perenne nativa de los trópicos americanos. Su distribución se extiende a través de toda América tropical y otras regiones tropicales y subtropicales en el mundo. Se le puede encontrar principalmente en países como Filipinas, Tailandia, Burma, Indonesia, Malasia, India, China, Japón, Jamaica, Puerto Rico, Madagascar, Argentina, Venezuela México, entre otros.

Los suelos de su hábitat natural formados bajo un clima tropical, se originaron a través del proceso de laterización, produciéndose liberación de hierro y óxido de aluminio, dando como resultado suelos rojos, denominados lateríticos pertenecientes al orden de los oxisoles. Si bien son suelos de muy baja reserva de nutrientes y fertilidad natural, al fertilizarlos pueden ser altamente productivos. El piñón crece en suelos salinos, arenosos y rocosos; y sus hojas se caen en invierno, formando un mulch que luego fertiliza la zona de la raíz.

Las primeras investigaciones y recolecciones documentadas hace 60 años sostienen que las colecciones se hicieron en la flora "natural" de las Américas, en diferentes formas de vegetación como: bosque húmedo, bosque seco tropical, bosque seco y espinoso. Heller (1996) afirma que es altamente probable que el centro del origen del piñón esté en México (y América Central) ya que no se lo ha encontrado, en las formas de vegetación mencionadas, en África y Asia, y solo se lo encuentra en forma de cultivos. Sin embargo, el "verdadero" centro de origen no ha sido encontrado. Además sostiene que para dilucidar el origen, los sitios originales de colecta en México y América Central deberían ser revisados y la diversidad existente analizada preferiblemente con técnicas moleculares.

Probablemente desde el Caribe, esta especie fue distribuida por embarcaciones portuguesas hacia las islas de Cabo Verde y desde Guinea Bissau hacia otros países de África y Asia.

La distribución actual de la especie refleja que su introducción ha sido más exitosa en regiones secas de los trópicos con precipitaciones anuales de 300 a 1000 milímetros; esto ocurre principalmente en altitudes bajas (0 – 500 metros), en

áreas con una temperatura anual promedio sobre los 20 °C, aunque puede crecer en altitudes mayores tolerando ligeramente el clima frío .

En México la planta se encuentra en forma silvestre en estados como Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Sonora, Sinaloa, Puebla, Hidalgo y Morelos, pero sólo es utilizada de manera tradicional por los pobladores de la región de Papantla, Veracruz, la Huasteca Hidalguense y la Sierra de Puebla en la preparación de diferentes platillos como tamales, pollo en pipián (mezclado con semillas de calabaza y ajonjolí), con huevo o simplemente tostada en comal. En Morelos, el piñón se localiza en Yautepec, Cuautla, Jiutepec, Miacatlán, Axochiapán y Sierra de Huautla; se tiene evidencia de su consumo en forma directa y tostada en comal. Sólo en México, existen variedades denominadas como “no tóxicas” pues no presentan los ésteres de forbol, responsables de la toxicidad, por lo que su empleo en la alimentación humana y/o animal es posible





Descripción botánica y morfología

El piñón o *Jatropha curcas* es un árbol pequeño de tipo arbustivo, de corteza suave y color verde gris, que al corte exuda un látex blanquecino.

Normalmente crece de tres a cinco metros, pero puede alcanzar los 10 metros bajo condiciones favorables.

Es una especie resistente a sequías y muchas de sus partes son utilizadas en la medicina tradicional, sin embargo sus semillas son tóxicas para los humanos y muchos animales. Esta planta presenta un crecimiento articulado, con discontinuidad morfológica desde la base. Su dormancia es inducida por fluctuaciones en las precipitaciones, temperatura y luz.

El tronco de una planta adulta mide aproximadamente 20 centímetros de diámetro, su xilema es poco resistente y su médula desarrollada; su floema encierra canales comprimidos, que se prolongan hasta las raíces, por donde circula el látex, el cual al secarse toma una coloración café con aspecto de resina. Las ramas son distribuidas y largas, y presentan cicatrices que se forman por la caída de las hojas. El tronco y las ramas son recubiertas por una corteza serosa, que al secarse se desprende en láminas finas.

Normalmente su sistema radicular consta de una raíz central y cuatro periféricas en plantas obtenidas de la germinación de semillas. La raíz central no se forma usualmente en la propagación vegetativa a partir de estacas.

Las hojas

Sus hojas, de color verde claro brillante, son alternadas a sub opuestas, tienen de tres a cinco lóbulos con un filotaxis espiral, y su peciolo mide entre 6 y 23 milímetros. Cuando son jóvenes presentan una coloración rojo-vino, y a medida que crecen se tornan verdes, pálidas y brillantes, con nervaduras blanquecinas y salientes en su cara inferior, su peciolo es largo y verdoso, del cual parten las nervaduras divergentes .

Las flores

Las inflorescencias son formadas en la parte terminal de las ramas y son complejas, poseen inflorescencias principales y coflorescencias con paracladio; botánicamente se conoce con el nombre de cima.

La planta es monoica y sus flores son unisexuales, ocasionalmente puede ocurrir el hermafroditismo en las flores. Las flores masculinas poseen diez estambres arreglados en dos distintas estructuras espirales de cinco estambres en una sola columna en el androceo, ubicados muy cerca la una de la otra. En el gineceo, los tres estilos finos están conectados sobre los dos tercios de su longitud, dilatándose hacia la bifurcación del estigma. En condiciones de crecimiento

continuo, la producción de flores resulta en un alto número de flores femeninas con semillas durmientes.

Partes importantes del piñón: A. Rama con inflorescencia, B. Corteza, C. Nervaduras de la hoja, D. Flor con pistilo, E. Flor estaminada, F. Corte transversal de fruto inmaduro, G. Frutos, H. Corte longitudinal del fruto I. Semilla; A - C y F - H tomados de Aponte 1978; D y E tomados de Dehgan 1984.10

Este tipo de inflorescencia (cima) se desarrolla conjuntamente con las hojas nuevas, y las flores masculinas y femeninas se encuentran dispuestas en la misma inflorescencia, aunque las flores masculinas se encuentran en mayor número en las extremidades de las ramificaciones y las femeninas en mayor número en el resto de la ramificación.

Inflorescencia de piñón (*Jatropha curcas*).

La polinización de las flores del piñón se da gracias a la intervención de los insectos; posiblemente en su mayoría por mariposas. En condiciones de invernadero, la polinización debe hacerse de forma manual. (Heller, 1996).

La floración en la planta de piñón puede presentarse entre el primer y segundo año en condiciones muy favorables, pero normalmente toma más tiempo (tres años). La producción de semilla se estabiliza a partir del cuarto o quinto año. Al parecer la formación de flores está relacionada con el periodo de lluvias. Puede florear nuevamente después de producir frutos cuando las condiciones permanecen favorables por otros 90 días, pero después de esta segunda floración, la planta no florea nuevamente, sino que se desarrolla vegetativamente. Los frutos

El fruto del piñón es seco, con tres lóculos, liso, coriáceo, capsular, ligeramente corpulento, con el ápice y la base de forma aguda. Entre los carpelos se puede distinguir la presencia de surcos suaves. El endocarpio es leñoso (rígido y duro), con pequeños orificios en los puntos de unión de los carpelos, a través de los cuales pasan cordones fibrosos que se distribuyen por las partes dorsal y ventral de los lóculos. El fruto seco presenta dehiscencia, provocando que los lóculos se abran longitudinalmente exponiendo las semillas. Además, el fruto está constituido por un pericarpio de cáscara dura y leñosa; en un inicio, es de color verde, luego se vuelve amarillo, castaño y negro, de acuerdo al estado de maduración. El fruto tiene una medida de 2,5 a 4 centímetros de longitud y 1,5 a 3 centímetros de diámetro.

Los frutos son producidos una vez al año, si la mezcla de suelo es buena y la temperatura es suficientemente alta. Cada inflorescencia rinde un racimo de aproximadamente diez o más frutos (Vendiola & Idlao, 2006).

Las semillas

La semilla de piñón es relativamente grande, de tegumento quebradizo, y estructura resinosa. Arruda y colaboradores (2004) describen que debajo de la envoltura de la semilla existe una película blanca que recubre la almendra. El albumen es blanco, oleaginoso y contiene un embrión provisto de dos cotiledones achatados.

De acuerdo a Barroso y colaboradores (1999), todas las euforbiáceas tienen endospermos carnosos y ricos en reservas oleaginosas. De aquí la importancia de esta especie, considerada promisoría, según Arruda y colaboradores (2004), por su elevado contenido de aceite (25 a 40%), superior a las oleaginosas utilizadas en el mercado de biocombustibles. Según Silveira (1934), cada semilla contiene de 27,9 a 37,33% de aceite, aunque la almendra contiene de 5,5 a 7% de humedad y de 52,54 a 61,72% de aceite.

Las semillas maduran luego de que la cápsula cambia de color verde a amarillo aproximadamente de dos a cuatro meses luego de la fertilización. En la parte superior posee una prominencia carnuda, la carúncula, que se encuentra próxima a la micrópila. Cuando la semilla está seca, la carúncula tiene una extremidad cónica con dos lóculos escasamente visibles. Las dimensiones de las semillas cuando están secas son aproximadamente: 1,3 a 1,7 centímetros de largo y 0,5 a 1,5 centímetros de ancho.

Semilla de piñón. A. Semilla con tegumento, B. Semilla sin tegumento. (te: tegumento, ca: carúncula) (Laboratorio de Cultivo de tejidos – ESPE, Sangolquí – Ecuador, 2009).

Como se mencionó anteriormente, los cotiledones del embrión son muy largos pero con un espesor mínimo, foliáceos y funcionan como órganos de reserva, siendo una particularidad encontrada en el albumen o endospermo alrededor del embrión. El contorno de los cotiledones es ovalado, con nervaduras marcadas y un eje hipocótilo – radícula de forma cilíndrica y recta. Genéticamente el piñón es una especie diploide, con $2n = 22$ cromosomas.¹³

Aspecto morfológico del fruto y semilla de *Jatropha c.* A. Detalle del fruto, B. Corte longitudinal del fruto (en: endocarpo; ep: epicarpo; me, mesocarpo), C. Corte transversal del fruto (lo: lóculos), D. Detalle de la semilla (ca: carúncula, te, tegumento), E. Detalle de la semilla mostrando el embrión (en: endosperma, co: cotiledón, e: eje embrionario). Ilustración botánica: Dalilhia Nazaré dos Santos (Tomado de Nunes et al., 2009, p. 209).

Usos y propiedades

Uso medicinal

El piñón ha sido utilizado principalmente como cultivo en cercas vivas para evitar el paso del ganado; aunque en comunidades locales, también es utilizado con fines medicinales. La savia, aceite, ramas, madera y hojas han sido reportadas en usos externos para curar heridas, hemorragias, reumatismo y otras enfermedades

de la piel. Nath y Dutta (1992) demostraron que la propiedad de sanar heridas se debe a la curcina, una enzima proteolítica aislada del látex. Otros usos medicinales que se le atribuyen son: como laxante, remedio para la tos, antídoto para el envenenamiento, alivia el dolor de muelas, se usa para tratar la gonorrea y sífilis, y alivia los dolores causados por esguinces.

Se ha reportado que también es eficaz en el tratamiento de hidropesía, ciática y parálisis. La droga obtenida de *Jatropha curcas* denominada "Dravanti", que tiene un sabor picante y astringente, ha presentado propiedades antihelmínticas; esta droga trabaja como un limpiador de todas las impurezas en el sistema digestivo. El jugo de las hojas es usado para inflamaciones de la lengua en bebés y también se usa para curar la sarna, eczema y la tiña de la piel.

Además, preparaciones con todas las partes de la planta, incluyendo semillas, hojas y corteza, frescas o cocidas, son usadas en la medicina tradicional con propósitos veterinarios. Muanza y colaboradores (1995) encontraron que un extracto con metanol de las hojas de piñón proporciona una protección moderada en cultivos de células linfoblastoides humanas contra los efectos citopáticos del VIH.

Materia prima para productos industriales

El aceite de las semillas es utilizado como materia prima en muchos países para la manufactura de velas, jabón y barniz. También se utiliza en lámparas de aceite, en estufas como combustible en lugar de queroseno, y sustituto del diesel. Las hojas, raíces y corteza pueden ser utilizadas en la industria de la tinta. El color negro azulado puede ser producido de la corteza y de las raíces se obtiene el amarillo.

Pesticida y fungicida

El extracto de las semillas del piñón, que contiene ésteres de forbol, se ha utilizado en el control de varias plagas, en muchos casos con éxito. Debido a que se encuentra en una fase experimental, no puede ser utilizado en el campo por los agricultores todavía. Otros ensayos experimentales presentan una actividad moluscocida muy pronunciada. Debido a que esta especie contiene sustancias cianofóricas en las hojas, corteza, raíces y frutos, se las utiliza para fabricar fungicidas contra chinches.

Recuperación de suelos

La planta de piñón, por sus características de resistencia a las sequías y bajos requerimientos en la cantidad de agua, tiene un uso potencial en la recuperación de suelos erosionados; además sus cultivos pueden darse en suelos improductivos y desgastados, para aprovechar los pocos recursos con los que cuenta ese tipo de suelo y propiciar un rendimiento integral.¹⁵

En Madagascar se usa el piñón como una planta de soporte en plantaciones de vainilla, también se la usa para dar sombra a plantaciones de café, aunque su mayor utilización está en la conformación de cercas vivas. Con un enfoque integral, la torta, que se obtiene de las semillas luego de la extracción de aceite, es rica en nitrógeno, fósforo y potasio, y se la puede usar para la fertilización y acondicionamiento del suelo.

Protección ambiental

La captura de carbono en plantaciones de piñón, así como en otros tipos de plantaciones, ocurre únicamente durante el desarrollo de las plantas hasta llegar su estado de madurez. Es en troncos y ramas donde el carbono queda almacenado. La cantidad de carbono (CO₂) que el árbol captura, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la madera del árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. De 40 a 50% de la biomasa de un árbol (madera: materia seca) es carbono. Es necesario conservar los árboles para evitar que el carbono (CO₂) contenido en ellos se emita a la atmósfera.

Biodiesel

El aceite extraído de las semillas de piñón se ha convertido en una de las mejores opciones para la producción de biodiesel, además no es necesario realizar modificaciones ni ajustes en las maquinarias.

En el cultivo, el rendimiento de las semillas es aproximadamente de seis a ocho toneladas métricas por hectárea; al contener un 37% de aceite en las semillas, se calcula un rendimiento de 2100 a 2800 litros de aceite por hectárea.

Mediante cromatografía de gases se ha determinado la composición de los ácidos grasos encontrados en el aceite de piñón, luego de una metilesterificación: ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2). El promedio del contenido de los ácidos grasos saturados es 16 bajo: 15,38% de ácido palmítico y 6,24% de ácido esteárico; en cambio el contenido de los ácidos grasos insaturados es alto: 40,23% de ácido oleico y 36,32% de linoleico. Dependiendo del origen, las cantidades de ácido oleico y linoleico pueden ser mayores.

El especial interés que se muestra en el cultivo de piñón se debe especialmente a que puede ser usado potencialmente en la producción de 17 aceite en zonas marginales semiáridas, sin competir con la producción de alimentos para consumo humano; además este combustible puede ser usado parcialmente para sustituir el costo en las importaciones de aceite para países sin salida al mar. Para la producción de biodiesel se debe someter el aceite a un proceso de transesterificación, que involucra el uso de metanol, que es un químico tóxico e inflamable. Para esto se requiere de equipos mixtos que sean a prueba de explosiones, lo cual no siempre está al alcance de países subdesarrollados. En Nicaragua se está construyendo una planta, con la colaboración de una fundación austriaca, que pretende producir 1600 toneladas de ésteres de metilo anualmente a un costo de US\$ 0,74 por galón.

En general, parecería que las bases tecnológicas no presentan problemas que no puedan ser resueltos. Los análisis económicos han demostrado que el combustible de piñón puede competir con el combustible de diesel fósil. Existen diferentes proyectos que involucran al piñón como un cultivo para resolver problemas energéticos en varios países, y se ha estudiado a fondo la sustentabilidad y los muchos beneficios que acarrea poner en marcha este tipo de cultivo. Entre estos proyectos se puede mencionar:

“Propagación generativa de *Jatropha curcas* L. en Kalahari Sand (Jepsen,

Henning & Nyathi, 2003), “*Jatropha curcas* L. su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética” en Guatemala (Octagon, 2006); “Posibilidades de éxito de *Jatropha curcas* L. en Argentina” (Falasca y Ulberich, 2006); “Propagación de piñón (*Jatropha curcas*) en la isla Leyte, Philipinas (Feike et al., 2007), “Desarrollo de tecnología para la producción sustentable de piñón (*Jatropha* spp) como alternativa para obtener bioenergéticos e incrementar los índices de desarrollo de los agricultores” en México (Salvador et al., 2007), entre otros.

Otros usos

Luego de la extracción del aceite de piñón, se obtiene una pasta o torta que puede ser utilizada en la alimentación de animales; de acuerdo a la variedad que se utilice, esta torta puede ser tóxica, y debe someterse primero a 18 un proceso de detoxificación con etanol o éter etílico para ser apto para el consumo. Con la cascarilla de los frutos se puede producir biogás (70% metano) en reactores anaeróbicos; lo mismo se puede realizar con la torta resultante de la extracción de aceite, además esta torta se puede fermentar ya que contiene un hongo identificado como *Rhizopus oryzae* que puede incrementar la producción de aceite ya que produce un amplio espectro de enzimas hidrolíticas. Además la harina de las semillas también puede servir como suplemento proteico para el ganado.

Importancia de la especie

La principal importancia del piñón radica en la utilización del aceite extraído de su semilla, según ERGAL (2008), este aceite puede ser utilizado directamente como combustible, no así otros aceites vegetales derivados de cultivos como soya, higuera y algodón, que necesariamente tienen que ser transformados a biocombustibles para poder ser utilizados, esto es debido a que estos tipos de aceites tienen un contenido elevado de ácidos grasos poliinsaturados y otros compuestos químicos que representan problemas de combustión en los motores. Otro punto a favor, es que el biodiesel de piñón contiene más oxígeno, con altos valores de cetano, incrementando la calidad de la combustión, es limpio, no tóxico, amigable con el ambiente y económico; conjuntamente con esto, su costo de producción es bajo. Esta puede ser una buena plantación para una eco restauración en todos los tipos de suelos poco fértiles.

Se pueden citar muchos impactos positivos que se obtienen al cultivar el piñón, y están enmarcados dentro del desarrollo económico, social y medioambiental, entre los que se destacan:

Generación de empleos en comunidades rurales.

Beneficios para inversionistas y productores.

Productores en comunidades rurales aseguran ingreso adicional duradero.

Uso de terrenos improductivos.

Obtención de bonos de carbono y certificados de reducción de emisiones de CO₂.

Se evita la utilización de alimentos para elaboración de biocombustibles.

Se participa en programas y mecanismos relacionados con energía limpia.

Promoción de la sustentabilidad en el medio rural.

Captura de CO₂ atmosférico.

No se interviene en el ciclo del carbono.

Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.

Se favorece la bio-diversidad y conservación ecológica en zonas marginales.

Reducción en el uso de energía fósil primaria.

Disminución de las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero).

Composición química

El género *Jatropha* contiene: alcaloides, saponinas, esteroides, toxoalbuminas, compuestos cianogénicos. Además, contiene aceites fijos, ácidos grasos (palmítico, oleico, linoleico, esteárico). La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio. Las hojas presentan estigmasterol y glicósidos flavonoides.

Toxicidad

Se le llama veneno a cualquier sustancia que introducida en poca cantidad en el organismo animal por cualquier vía, le ocasiona trastornos graves.

El género *Jatropha* tiene muchos factores tóxicos como por ésteres de forbol, saponinas, fitatos, inhibidores de tripsina.

Ácido fítico

El ácido fítico y sus sales constituyen la principal forma de almacenamiento de fósforo, la estructura química consiste en una molécula con seis grupos fosfato de nombre químico *myo*-inositol 1,2,3,4,5,6-hexafosfato (Anderson, 1914; Neuberg, 1909), algunas de sus interacciones se presentan en la figura 2.

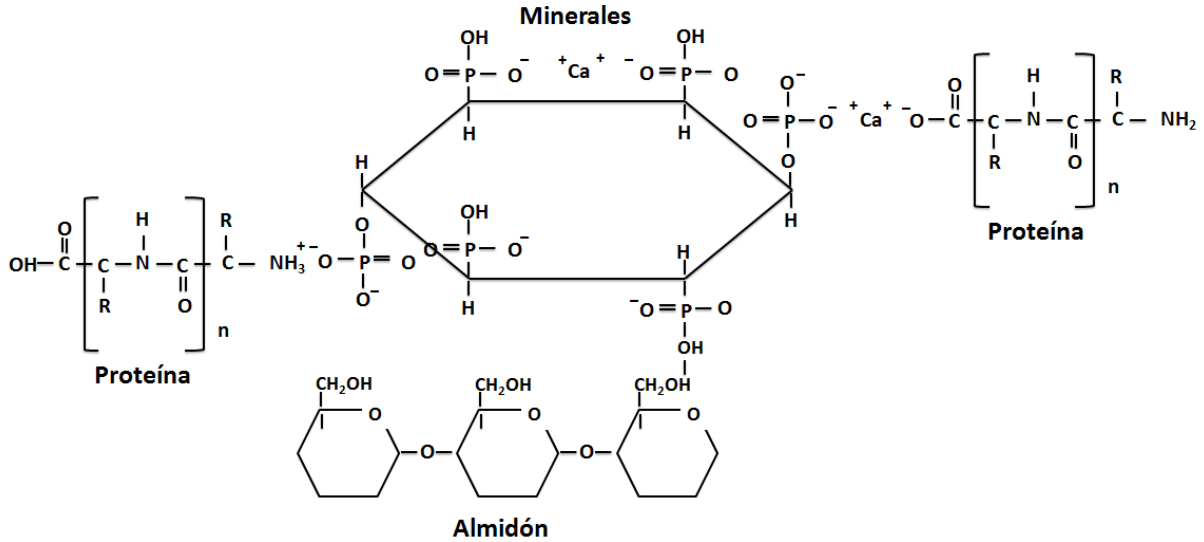


Figura 2. Estructura de ácido fítico y posibles interacciones de este con proteínas, minerales y almidón (Neuberg, 1909).

Según la estructura de Anderson, el ácido fítico a pH neutro y al pH al que normalmente se encuentran los alimentos, es una molécula cargada negativamente por lo que puede formar complejos o unirse a moléculas cargadas positivamente como cationes o proteínas (Wang, 1998). El ácido fítico es en las plantas el mayor depósito de fósforo de que éstas disponen, ya que del fósforo total presente, un 60-90% se encuentra en forma de fítato (Cherian, 1980). En las semillas de cereales, oleaginosas y leguminosas los niveles de ácido fítico son elevados y constituyen del 60 al 82% del fósforo total, las raíces y tubérculos presentan de 21 a 25% (Ravidran, 1994). En cereales, el ácido fítico constituye del 64 al 85% del fósforo total, localizándose la mayoría de estos en las aleuronas celulares, en la mayoría de las semillas de las leguminosas el ácido fítico constituye aproximadamente el 80% del fósforo total y se localiza en el cotiledón y ejes embrionarios (Reddy, 1981).

La interacción del ácido fítico con las proteínas es pH dependiente, mientras que con los cationes la interacción es debida exclusivamente a sus grupos fosfatos, estos pueden unirse a un solo grupo fosfato, a dos grupos fosfatos de una misma molécula o a grupos fosfatos de diferentes moléculas (Thompson, 1987; Wang, 1998). En la semilla, el ácido fítico se encuentra como una mezcla de sales con varios cationes como K, Mg, Ca, Mn, Zn y Fe (Batí, 1989; Yoshida *et al.*, 1999). La solubilidad de las sales del ácido fítico varia con el pH, las sales de Na y Mg son solubles a pH bajo e insolubles a pH elevados, por lo que a pH fisiológico serán insolubles, de ahí el descenso en la biodisponibilidad mineral (Han, 1988) el grado de interacción entre el ácido fítico y las proteínas depende de la carga de la proteína, de su conformación y de las interacciones con minerales a un pH dado. A pH por debajo del punto isoeléctrico de las proteínas, estas se encuentran cargadas positivamente y el ácido fítico negativamente, bajo estas condiciones se genera una fuerte interacción electrostática entre el grupo amino terminal de las proteínas y los ésteres fosfato del ácido fítico, formándose un complejo binario insoluble (Cheryan, 1980). A pH intermedio por encima del punto isoeléctrico de las proteínas, estas al igual que el ácido fítico, presentan carga negativa, y bajo estas condiciones no es posible una interacción. Sin embargo, sí puede realizarse a través de la formación de un complejo ternario con cationes divalentes como Ca^{2+} o Mg^{2+} . El ácido fítico puede unirse también al almidón, bien directamente a través de puentes de hidrógeno o indirectamente mediante las proteínas a las que se asocia (Fig. 2) (Thompson, 1987). Además, por su estructura altamente reactiva, el ácido fítico es un excelente agente quelante, presentando una gran afinidad por todos los elementos trazas polivalentes como Cu^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} y Ca^{2+} Existe una relación inversa entre la absorción de estos minerales y la concentración de ácido fítico (Cheryan, 1980).

Lectinas

Son un grupo de proteínas de origen no inmune que comparten la propiedad de enlazarse de forma específica y reversible a los carbohidratos, ya sean libres o

que formen parte de estructuras más complejas, estas proteínas tienen dos sitios de unión por molécula: un azúcar específico y una molécula glicosilada. Como característica principal tienden a aglutinar a las células a las cuales se unen (Goldstein *et al.*, 1980). La aglutinación consiste en la agregación sistemática de las células mediada por macromoléculas (anticuerpos o lectinas) que reconocen estructuras moleculares determinadas (anticuerpos) sobre la superficie celular, este proceso depende de antígenos, localización en la célula, tipo de macromolécula y medio de reacción. Cuando las células que se aglutinan son glóbulos rojos, el fenómeno se llama hemaglutinación.

Las semillas de las leguminosas son fuentes ricas en lectinas. En los vegetales, la mayoría de las lectinas se encuentran en órganos de reserva, lo cual es una evidencia indirecta de su papel como proteínas de defensa. La mayoría de estas moléculas están presentes en los cotiledones y endospermos de las semillas y constituyen de 2 a 10% del total de las proteínas de éstas (Hernández *et al.*, 1999), se cree que dentro de las plantas estas proteínas pueden tener diferentes funciones como son: regulación fisiológica, defensa mecánica contra el ataque de microorganismos, almacenamiento de proteínas, transporte de carbohidratos, estimulación mitogénica, reconocimiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* (Pusztai, 1991).

La toxicidad de las lectinas se caracteriza por la capacidad de inactivar a los ribosomas, dentro de las lesiones patológicas que se describen con la ingesta o administración de lectinas en animales y humanos, se observa la presencia de parenquimatososis, degeneración de grasa y edema en varios tejidos, también se describe que las lectinas se unen a grupos glicosilados de la membrana de las células epiteliales del tracto digestivo, impidiendo la absorción de nutrientes, además la presencia de coágulos en los capilares de todos los órganos y hemorragias locales en el sitio de aplicación (cuando éstas son usadas para la prevención del cáncer).

Ésteres de forbol

La estructura de los ésteres de forbol depende del esqueleto de carbonos diterpénicos, contiene cuatro anillos designados como A, B, C, y D, el grado de hidroxilación de esta estructura base en diferentes posiciones forma una variedad de ésteres de forbol (Fig. 3) (Goel *et al.*, 2007).

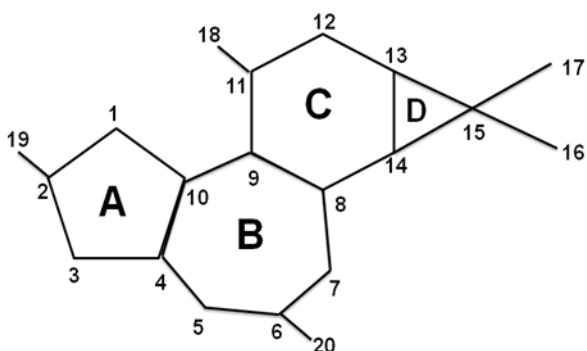


Figura 3. Estructura base de ésteres de forbol.

Los ésteres de forbol son moléculas anfifílicas y presentan tendencia a unirse a los receptores fosfolípidos de la membrana, los efectos iniciales incluyen, la modificación de las actividades de los receptores de las células, mayor ingesta de 2-desoxiglucosa y otros nutrientes, altera la adhesión celular, induce al ácido araquidónico para la síntesis de prostaglandinas, inhibe el factor de crecimiento de células receptoras y altera el metabolismo de los lípidos. Los animales que ingieren plantas que sintetizan estos compuestos muestran una disminución del rendimiento de la leche y reproducción (Goel *et al.*, 2007). Se ha encontrado que los ésteres de forbol son potentes promotores de tumores ya que estimulan a las proteínas kinasa C, que está relacionada con las señales de transducción y en el

desarrollo de células y tejidos produciendo una gran variedad de efectos biológicos en una amplia gama de organismos. Durante las señales de transducción normal la enzima kinasa es activada por el diacilglicerol incrementando la afinidad de la enzima por fosfatidilserina contenida en la membrana, una sobre activación de la enzima induce su traslado al plasma, conduciendo a una proliferación celular que amplifica la posibilidad del desarrollo de células cancerígenas. Los ésteres de forbol no inducen la formación de tumores pero promueven su crecimiento, por esta razón son considerados como cocarcinogénicos. La toxicidad de las semillas de *Jatropha* se ha estudiado ampliamente en animales como cabras, ovejas, ratones y peces. En la mayoría de los casos se observó una disminución del nivel de glucosa, aumento de la concentración de arginasa, glutamato y oxalacetato transaminasa, además de falta de apetito, ingesta reducida de agua, diarrea, deshidratación y efectos hemorrágicos en diferentes órganos (Adam, 1974; Adán y Magzoub, 1975; Makkar y Becker, 1999). En otro estudio con carpas (*Cyprinus carpio*), los ésteres de forbol causaron efectos adversos a una concentración de 15 µg/g (Becker y Makkar, 1998). Los moluscos también han sido investigados debido a su importancia en la prevención de la esquistosomiasis, ya que los ésteres de forbol contenidos en *Jatropha curcas* también son eficaces bioplaguicidas contra diversos caracoles de agua dulce (Liu *et al.*, 1997), vectores de *Schistosoma manzoni*.

Los ésteres de forbol se han identificado en la familia Euphorbiaceae principalmente en los géneros *Croton* y *Jatropha*. *Croton tiglium* es la planta de la cual se han aislado la mayor cantidad de estos compuestos, (Hecker, 1974). Otras especies del género *Croton* en las que se han encontrado altas concentraciones de ésteres de forbol son *Croton antisiphiliticus*, *Croton bonplandianus* y *Croton caudatus*. En lo que respecta al género *Jatropha*, se han encontrado principalmente en *Jatropha curcas* (Kumar, 1980).

Ensilado

El ensilado es un proceso de conservación del forraje basado en una fermentación láctica del pasto que produce ácido láctico y una disminución del pH por debajo de 5. Permite retener las cualidades nutritivas del pasto original mucho mejor que el henificado, pero precisa de mayores inversiones y conocimientos para conseguir un producto de calidad.

También se denomina así al forraje obtenido mediante este proceso.

Existen varias maneras de almacenamiento y conservación de forrajes:

La vía seca cuyo resultado es el heno. La conservación es posible gracias a la desecación, bien únicamente bajo la acción del sol (secado natural) o complementándose con aire caliente producido por quemadores que llevan a un porcentaje de humedad de alrededor del 15% en el forraje, lo que asegura su estabilidad.

La vía húmeda llamada «ensilado», que se aplica tanto a las gramíneas forrajeras como al maíz y, eventualmente, a subproductos alimenticios como la pulpa de remolacha, los bagazos de cerveza, etc. Es difícil tener éxito con algunos forrajes como la alfalfa, bajos en azúcares y con alto contenido en nitrógeno soluble, que produce malos olores.

Congelación

En alimentos que son enfriados bajo los 0°C; se comienza a formar hielo a la "Temperatura crioscópica" (comienzo de la congelación), que es también la temperatura característica de fusión, es decir, temperatura a la cual se funde el último cristal de hielo en una descongelación suficientemente lenta. El comienzo de la congelación depende en gran medida de la concentración de las sustancias disueltas y no de su contenido en agua.

Una vez que el agua ha comenzado a congelarse, la cristalización es función de la velocidad de enfriamiento, al mismo tiempo que a la difusión del agua a partir de las disoluciones o geles que bañan la superficie de los cristales de hielo. Si la velocidad de congelación es lenta, los núcleos de cristalización serán muy pocos por lo que los cristales de hielo crecen ampliamente, los que pueden provocar un rompimiento de las células, ya que éstas están sometidas a una presión osmótica y pierden agua por difusión a través de las membranas plasmáticas ; en consecuencia, colapsan ya sea parcial o totalmente.

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

-obtencion de la materia prima

Las hojas que se utilizaron en el experimento fueron recolectadas de manera aleatoria en la colonia Plan de ayala, donde aun son utilizadas como cercas.

Una vez recolectadas las hojas se prosiguió con los tratamientos fisicoquímicos:

1.- Secado sola

El secado se realizo en secadores solares por 8 horas a un rango de temperatura de 50 a 70 °C

Una vez secas las hojas se prosigue ala molienda para la obtencion de la harina, la harina obtenida es almacenada en bolsas hermeticas.

2.- secado en estufa de aire

Las hojas son colocadas en charolas de aluminio y se somete a secado en estufa de aire a una temperatura de 65°C, despues se moelen, se obtiene la harina y se almacena en bolsas hermeticas.

3.- Tratamiento alcalino

Colocar las hojas de piñon en recipientes de acero inoxidable y agregar una solucion de NaOH al 1% variando los tiempos de exposicion al solvente (10, 20, 30 min.), posteriormente se realiza el secado en estufa y se muelen las hojas secas, para que se almacenen en bolsas hermeticas.

3.- Tratamiento acido

Colocar las hojas de piñon en una solucion de HCl al 1% a diferentes tiempos De exposicion

10, 20 y 30 minutos.

Secar las muestras en estufa de aire.

Moler y almacenar en bolsas hermeticas

4.- Tratamiento térmico alcalino

Se calentara la solucion de NaOH al 1% hasta que alcance un rango de temperatura de 90 a 100 °C, posteriormente se colocaran las hojas de piñon en la solucion variando los tiempos de exposicion 10, 20 y 30 minutos.

Secar las muestras en estufa de aire

Moler y almacenar en bolsas hermeticas

5.- Tratamiento térmico ácido

Se calentará la solución de HCl al 1% hasta que alcance un rango de temperatura de 90 a 100 °C y se colocarán las hojas de piñón en la solución variando los tiempos de exposición (10, 20 y 30 minutos).

Secar en estufa de aire

Moler y almacenar en bolsas hermeticas

6.- Tratamiento alcohólico

El tratamiento alcohólico se realizará con etanol a una concentración de 92 % y a diferentes tiempos 10, 20 y 30 minutos.

Secar en estufa de aire

Moler y almacenar

10.- Tratamiento térmico a alta temperatura

El tratamiento térmico a alta temperatura se realizará en autoclave a una temperatura de 121 y 150 °C por 15 minutos.

Secar en estufa de aire

Moler y almacenar

11.- Congelación

Colocar las hojas en bolsas hermeticas y meterlas a un congelador, una vez que se congelen las hojas escurrirlas y secarlas en estufa de aire, para que después se proceda con la molienda y el almacenamiento de la harina obtenida .

12.- Ensilado

Colocar 1 kg de hojas de piñón en bolsas hermeticas y mezclar las hojas con melaza (100 g/ kg) y suero lácteo (20g/kg), variar los tiempos de ensilado 5,6, 7 días.

Secar, moler y almacenar

16.- Elaboración de una dieta para ratas

Mezclar la harina obtenida de las hojas de jatropha con harina de trigo, variando las concentraciones de la harina de jatropha (5,10, 15%).

Resultados

Rendimientos

Tratamiento	Masa de la materia prima utilizada para el tratamiento (g)	Masa obtenida después del tratamiento, secado y molienda (g)	Rendimiento (%)
Secado solar	1000	245	24.5
Secado en horno	1000	241	24.1
Tratamiento con NaOH al 1% (10 min.)	1000	264	26.4
Tratamiento con NaOH al 1% (20 min.)	1000	238.5	23.85
Tratamiento con NaOH al 1% (30 min.)	1000	230	23
Tratamiento con HCl al 1% (10 min.)	1000	220	22
Tratamiento con HCl al 1% (20 min.)	1000	229.5	22.95
Tratamiento con HCl al 1% (30 min.)	1000	199	19.9
Tratamiento termico (90-100°C) con NaOH	1000	206	20.6

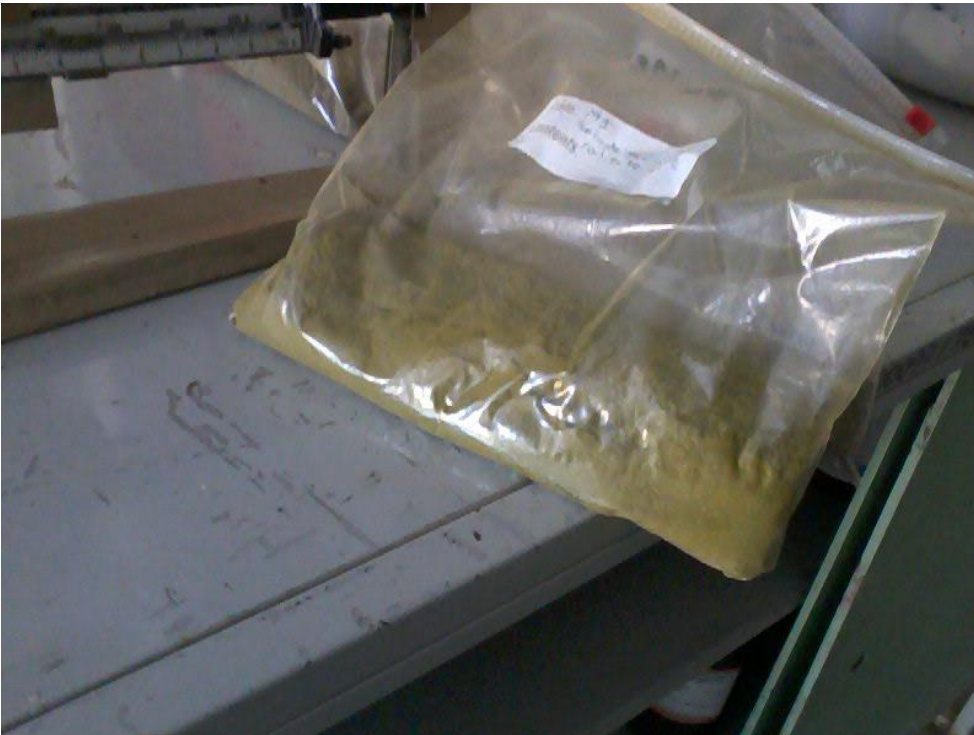
al 1% (10 min.)			
Tratamiento termico (90-100°C) con NaOH al 1% (20 min.)	1000	160	16
Tratamiento termico (90-100°C) con NaOH al 1% (30 min.)	1000	170	17
Tratamiento termico (90-100°C) con HCl al 1% (10 min.)	1000	223.5	22.35
Tratamiento termico (90-100°C) con HCl al 1% (20 min.)	1000	225	22.5
Tratamiento termico (90-100°C) con HCl al 1% (30 min.)	1000	213	21.3
Tratamiento alcoholico con etanol al 92 % (10 min.)	1000	134.5	13.45
Tratamiento alcoholico con etanol al 92 % (20 min.)	1000	208	20.8
Tratamiento alcoholico con etanol al 92 % (30 min.)	1000	173	17.3
Tratamiento con NaClO al 4% (10 min.)	1000	182.5	18.25

Tratamiento con NaClO al 4% (20 min.)	1000	190	19
Tratamiento con NaClO al 4% (30 min.)	1000	196.5	19.6 5
Tratamiento termico con calor humedo 121°C	1000	254	25.4
Tratamiento termico con calor humedo 150°C	1000	249	24.9
Congelación	1000	236	23.6
Ensilado (5 dias)	1000	333	33.3
Ensilado (6 dias)	1000	330	30
Ensilado (7 dias)	1000	330	30

El secado se realizo en la es tufa de aire de planta piloto



Despues del secado las hojas no sufrieron ningun cambio apar ente y la harina que se obtuvo despues de la moliendo era de color verde.



El tratamiento con NaOH se realizo en recipientes de plastico.

Las hojas tratadas con hidroxido de sodio eran verdes en un principio pero despues se pusieron cafes



La sol de NaOH que sirvio como solvente se torno de color rojizo oscuro.



Se pudo observar que mientras mas tiempo estaban en contacto las hojas con la sol de NaOH mas se oscurecian. Las harinas obtenidas fueron las siguientes



El tratamiento ácido también se realizó en recipientes de plástico



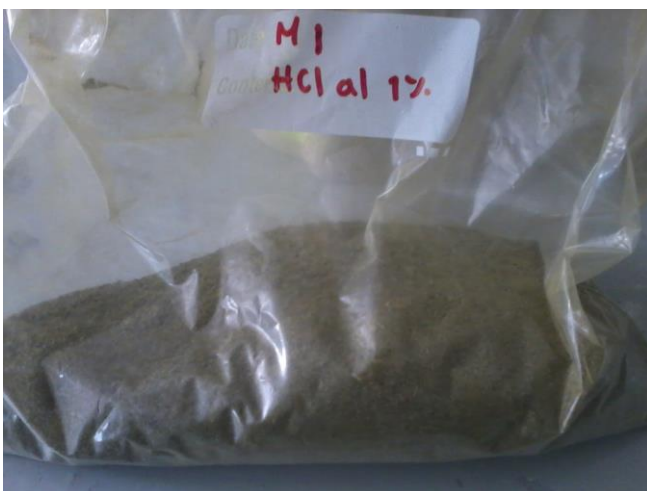
Y se pudo observar que las hojas perdieron su color verde y se pusieron de color café claro, cabe señalar que algunas hojas se les crio como una especie de mooh eran de color blanco (no era en todas las hojas, ni en toda la hoja)

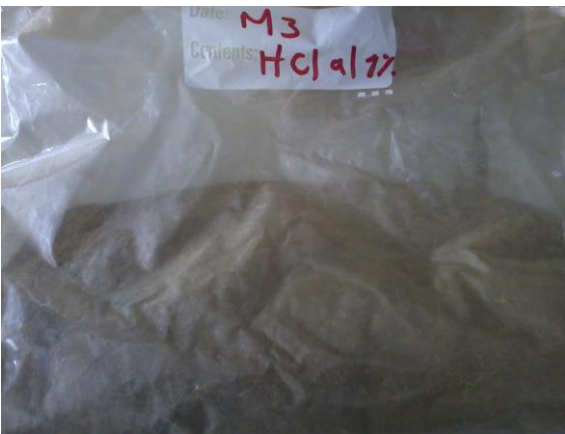
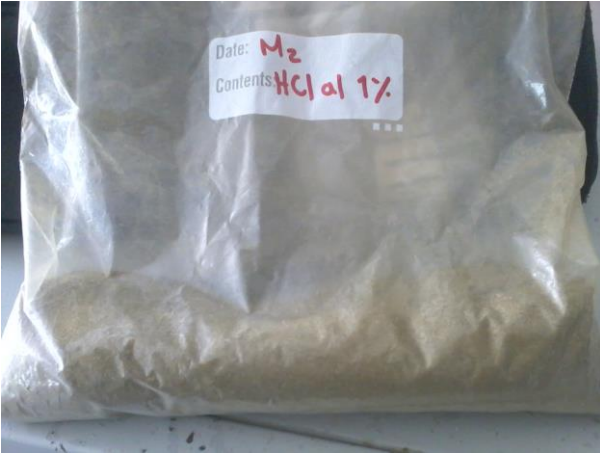


El solvente utilizado se torno de color cafe



Las harinas obtenidas fueron las siguientes





Para el tratamiento termico alcalino se coloco la solucion de NaOH al 1% en recipientes de acero inoxidable y se calento con una par rilla hasta alcanzar una temperatura de 94 ° C



Se pudo observar que las hojas desues del tratamiento se agudaron, se batian, se pegaban y se pusieron de color negras.



El solvente se tornno de color rojizo.

Las harinas ob tenidas fueron las siguientes



Las hojas del tratamiento termico acido no se obscurecieron tanto como las tratadas con NaOH, pero se pusieron de color verde oscuro, no se agudaron, ni pegaron , algunas de las hoja s se pusieron amarillas



Se observo que mientras mas conforme pasaban mas tiempo expuestas al solvente y ala temperat ura se obscurecian mas.

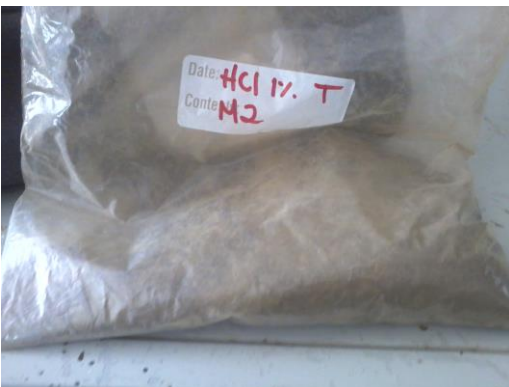
Cabe señalas que Las hojas secas del tratamiento 1 y 2 se pusieron de color cafesit as y se les formo como manchas, una especie de homgo de color blanco.



Para el tratamiento 3 las hojas se pusieron muy aguadas de tal forma que no podian se pararse, se pegaron y eran de color amarillo obscuro.



El solvente que se utilizo se torno de color cafe oscuro, las harinas obtenidas son las siguientes.





Para el tratamiento en autoclave las hojas tratadas eran de color verde pero después del tratamiento se pusieron de color verde-café pero prevalecía el color café.



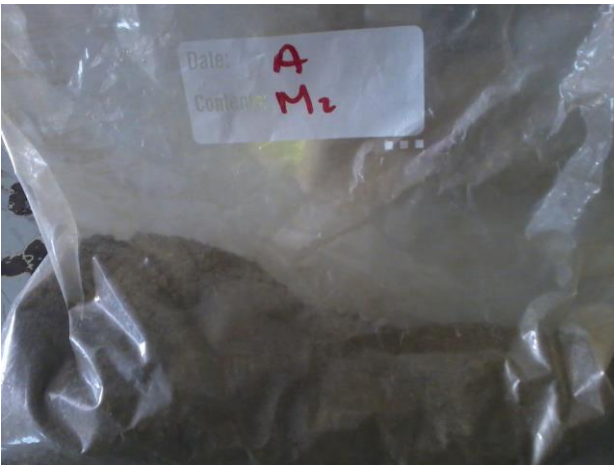
La harina obtenida de la molienda es la siguiente



Para el tratamiento a 150°C las hojas se pusieron del mismo color que el tratamiento a 121, pero estas se agudaron, eran muy pegajosas y se desacian fácilmente, al momento agregar un poco de agua se observó que desprendían un exudado color rojizo.



La harina obtenida después de la moliente se muestra en la siguiente imagen.



Para el tratamiento con hipoclorito cabe señalar que en el tratamiento de mayor exposición al solvente o sea el de 30 min provocó que algunas de las hojas se pusieran de color blanco por partes.



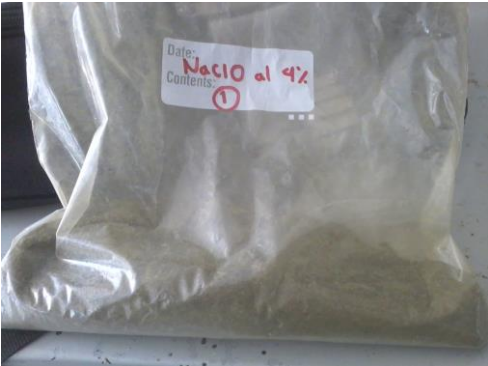
El solvente utilizado se torno de color marillo opaco pero mientras mas tiempo pasaban las hojas expuestas mas amarilla se ponía el solvente:

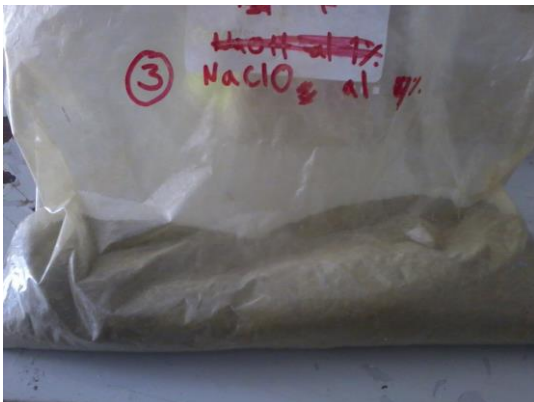


Algunas de las hojas que ya estaban secas se pusieron de color café oscuro y algunas conservaron su color.



Las ha rinas son las si guientes





Para el tratamiento alcoholico el etanol u tilizado como solvente se torno de comlor verde y las hojas no su fireron nin guna decoloracion





Sin embargo ala hora de realizar el labad de las hojas desp ues del tratamiento el agua utilizada se puso de color blanco.



Las harinas obtenidas son las siguientes



Para el ensilado las hojas, la melaza y el suero se mezclaron en recipientes de plástico para posteriormente ser almacenadas en bolsas hermeticas.



La harina obtenida era de color cafe oscuro





Para la congelacion las hojas fueron colocadas en bolsas hermeticas y sometidas a bajas temperaturas, la harina obtenida fue la siguiente



Conclusiones y recomendaciones

Debido a la gran demanda de proteínas de origen vegetal y animal, se ha estado investigando en fuentes proteicas no convencionales, en este caso se ha estado tratando de utilizar la harina de jatrofa para fuente proteica para animales, sin embargo como ya se habia mencionado para que esto sea posible se debe primero extraer o degradar a los factores antinutricionales.

En este caso por falta de tiempo no se logro concluir en su totalidad el presente trabajo experimental, sin embargo se pretende terminar este proyecto posteriormente; la determinacion de la toxicidad de la harina de las hojas se realizara de una forma directa debido a que se le implantara a un cierto numero de ratas esto para ver el indice de mortalidad.

En el caso de los tratamientos que ya se han hecho podemos observar que los rendimientos mas altos se dieron en el ensilado esto puede deberse a que se le agrega melaza y suero lacteo los cuales pudieron aumentar la masa de las hojas. Por otra parte los solventes utilizados siempre se teñian de un color lo cual nos indica de que si se extrajo algo, en el caso de los tratamientos con calor humedo se ve que hay un cambio de coloracion en las hojas y se espera que por las altas temperaturas se hayan degradado algunos de los factores toxicos.

Para la congelacion se espera que la ruptura de las celulas permita segregarse a los factores toxicos, sin embargo en este experimento no se pudo ver si en verdad se logro la detoxificacion debido a los problemas antes descritos.

Como ya habiamos mencionado esta investigacion se encuentra enfocada en el sector alimenticio y se pretende crear la pauta para la utilizacion de la harina de jatropha, para esto se necesita realizar muchas investigaciones debido a que las hojas de jatropha casi no han sido estudiadas por eso no se encuentran en la bibliografia datos como la composicion bromatologica de las hojas.

Para la detoxificacion de las hojas pueden seguirse realizando experimentos pero ahora lo ideal seria tratar con hongos y bacterias para ver si estos microorganismos pueden degradar los compuestos toxicos o se pueden hacer modificaciones geneticas de tal forma que los genes que producen los compuestos toxicos no se expresen.

Por otra parte la harina de jatropha puede tambien utilizarse para la formacion de abono esto para enriquecer a los suelos destinados para cultivo de frutas y hortalizas.

Referencias bibliográficas y virtuales

<http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=pt&u=http://br.oocities.com/plantastoxicas/jatropha.html&ei= pt1TZa8LI74sAPKjaXLBA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=3&ved=0CCkQ7gEwAg&prev=/search%3Fq%3D12-deoxi-16-hidroxi-forbol-13-acilato%26hl%3Des%26prmd%3Divnsb>

<http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>

<http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treRebecaLM09.pdf>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Jatropha>

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar21/HTML/articulo03.htm>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-27682009000200003&script=sci_arttext

<http://www.dcb.rsip.ipn.mx/encuentro/resumenes/vegetal/carteles/Verdugo%20Torres%20Alma%20Jesus%20de%20Belen.pdf>

<http://hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EO/CBO-18.pdf

http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2010/T2970.pdf

<http://www.gotaverde.org/userfiles/file/D17c%20Manual%20Cultivo%20Jatropha.pdf>

<http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/boletines/2010/INTA%20BC-INF-2010%20calidad%20de%20aceite%20de%20jc.pdf>

<http://farmacia.udea.edu.co/~ff/saponinas2001.pdf>

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/apbot-farm2c/montesm02/09.html

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/730/73000311.pdf>

<http://www.vetifarma.com.ar/vetinews/interesgeneral.php?dest=4>

http://www.alanrevista.org/ediciones/1998-1/lipoxigenasas_inhibidores_tripsina.asp

<http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>

<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/779/14/T-ESPE-026781-1.pdf>