

Jatropha Curcas L.

Jorge Alejandro DelaVega Lozano

Consultor Independiente, México

Agro-Proyectos y Bio-Energía

j.delavegal@gmail.com

Celular: 044.55.1264.2461 (Ciudad de México)

*No deseamos que Latinoamérica se convierta
en el Golfo Pérsico de los Biocombustibles.*

CONTENIDO

1. Introducción.
2. Perfil de la planta.
3. Cultivo.
4. Patrones en la producción vegetal.
5. Biotecnología para mejoramiento de Jatropha Curcas.
6. Plagas Asociadas a Jatropha Curcas en Nicaragua.
7. Potencial de los hongos entomopatógenos en el control. biológico de plagas.
8. Actividad de la Lecitina en Variedades Tóxicas y No Tóxicas.
9. Toxicidad de las semillas de Jatropha Curcas.
10. Detoxificación del aceite y de la pasta resultante de la extracción de aceite.
11. Producción de Biogás con Cascarilla de Frutos.
12. Biogás con la pasta resultante de la extracción de aceite.
13. Hexano, agua y enzima proteasa en la extracción de aceite.
14. Fermentación de la pasta resultante de la extracción de aceite.
15. Harina de semillas como suplemento proteico para el ganado.
16. Impactos y beneficios.
17. Objetivos.
18. Riesgos.
19. Sustentabilidad medioambiental.
20. Proyección de la productividad.
21. Características de las semillas.
22. Propiedades de biodiesel.
23. Botánica de la planta

1. Introducción

La producción local de biocombustibles mediante recursos vegetales no comestibles como la planta *Jatropha* en Latinoamérica, puede contribuir en la disponibilidad de energías renovables. Sin embargo, la producción extensiva e intensiva en gran escala que requieren los mercados internacionales puede destruir completamente las bases de producción sustentable en el campo, donde se requiere mejorar las formas de vida y combatir los efectos del cambio climático mediante la captura de carbono y la conservación de los ecosistemas.

Las consecuencias de producir biocombustibles extensivamente para exportación hacia países ricos, a fin de que se mantengan los estilos de vida en esas sociedades, pueden generar condiciones severas y agravar los problemas de seguridad alimentaria; inequidad social; pobreza; cambio climático y degradación de los ecosistemas en Latinoamérica, originando fenómenos sociales negativos e insospechados.

Los países Latinoamericanos pueden beneficiarse directamente de los biocombustibles que produzcan localmente en pequeña y mediana escala, sin destruir los ecosistemas, pero se requiere optimizar las leyes y reglamentos sobre bioenergía a fin de proteger a comunidades rurales y ecosistemas de las acciones voraces predatoras provenientes de corporaciones transnacionales con enorme ambición económica.

Los biocombustibles provenientes de vegetales no comestibles como la planta *Jatropha*, pueden producirse localmente para ser utilizados entre productores de comunidades y asociaciones agrícolas, pesqueras, ganaderas, etc. como combustible para tractores, maquinaria agrícola, barcos de pesca, generación de energía eléctrica, etc.

La biomasa para obtención de biocombustibles debe provenir de recursos vegetales no comestibles, cultivados en suelos no aptos para la producción conveniente y sustentable de alimentos donde los requerimientos de agua para irrigación sean mínimos y se considere la conservación y renovación de las fuentes en acuíferos, así como la captura de agua de lluvia.

2. Perfil de la planta

La planta *Jatropha* no es un árbol milagroso para producción de Biodiesel. Sin embargo, el cultivo sustentable de esta planta, sin interferir con la producción de alimentos, puede ser opción viable en proyectos de energías renovables porque ofrece ventajas adicionales sobre otros cultivos.

El aceite de las semillas de *Jatropha* (30% a 40%) puede ser transformado en biodiesel mediante proceso de esterificación y, en caso de variedades tóxicas de *Jatropha*, el aceite puede ser transformado en bio-pesticidas. Los sub-productos en la elaboración de biodiesel con aceite de *Jatropha* son: glicerina y pasta resultante de la extracción de aceite.

La floración en la planta *Jatropha* puede presentarse entre el 1° y 2° años en condiciones muy favorables, pero normalmente toma más tiempo (3 años). La producción de semilla se estabiliza a partir del 4° ó 5° años. 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 2ª floración, la planta no florea nuevamente, sino que se desarrolla vegetativamente.

El desarrollo del fruto toma entre 60 y 120 días desde la floración hasta la madurez de la semilla. La reproducción se detiene al inicio del período de lluvias.

Las plagas y enfermedades en la planta *Jatropha* en estado silvestre, no son gran problema. Sin embargo, en condiciones extensivas de monocultivo, las plagas y enfermedades pueden ser problema en el cultivo.

El desarrollo sustentable debe ser condición prioritaria ineludible en el cultivo de la planta *Jatropha*, porque las consecuencias negativas debido a la falta de sustentabilidad en los cultivos, pueden ser severas y agravar los problemas de seguridad alimentaria; inequidad social; pobreza; cambio climático y degradación de los ecosistemas en Latinoamérica.

3. Cultivo

La propagación se realiza mediante semillas y/o esquejes (estacas) en invernadero.

Las semillas para siembra deben ser obtenidas de plantas que mostraron altas producciones. El almacenamiento de las semillas no deberá exceder de 10 a 15 meses, supervisando la calidad en las semillas durante este tiempo.

La germinación en las semillas tiene una duración de 15 días, y comienza a partir del tercero al quinto días. El porcentaje de germinación oscila entre 60 y 90%.

Las plántulas se desarrollan durante 3 meses en invernadero, y se transplantan al campo cuando tienen una altura entre 40 y 50 centímetros.

Los esquejes (estacas) para propagación de la planta deben provenir de madera semi-sólida de *Jatropha* (ramas), con longitud de 15 a 40 centímetros, y diámetro entre 1.0 y 3.0 centímetros, a plantarse en bolsas de plástico dentro de invernadero. El crecimiento de raíces comienza en 8 a 15 días con alrededor de 80% de viabilidad. Los esquejes pueden plantarse también directamente en el campo cuando las condiciones son favorables.

La plantación en campo puede realizarse a distancia de tres metros entre plantas y en cepas (hoyos) de 30x30x30 centímetros. Habrá que controlar las malezas durante el establecimiento de la plantación y desarrollo inicial de las plantas.

La fertilización orgánica puede realizarse mediante aplicación de estiércol durante el trasplante en cantidad de 1 a 2 kilogramos por plántula y 150 gramos de superfosfato seguidos de 20 gramos de urea después de 30 días. La aplicación de nitrógeno (urea) y fósforo (superfosfato) propicia la floración.

La poda a 35 ó 45 cm. de altura al inicio del 2° período de lluvia propicia el desarrollo de ramas laterales. La poda de formación en árboles adultos entre marzo y mayo mantiene la altura en árboles para facilitar la cosecha de frutos.

El clima para cultivo de *Jatropha* debe ser tropical o subtropical con temperatura media anual de 20°C. La planta soporta heladas leves de corta duración, mientras la temperatura no se presente por debajo de 0°C. Se desarrolla en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1200 metros preferentemente, y precipitación pluvial desde 300 hasta 1800 milímetros de lluvia ó más anuales.

Las plagas y enfermedades más frecuentes son debido al insecto *Podagrica spp* y al hongo *Cercospora spp*. Sin embargo existen otros insectos y hongos que pueden afectar las plantaciones en monocultivo extensivo e intensivo de *Jatropha*. En este sentido, las variedades de *Jatropha* tóxica son menos susceptibles a plagas por razón de su misma toxicidad.

Plagas y Enfermedades Potenciales (Bajo condiciones de monocultivo extensivo e intensivo)

Nombre	Síntomas/Daños	Fuente
<i>Phytophthora spp.</i>	Pudrición de raíz	Heller 1992
<i>Pythium spp.</i>	Pudrición de raíz	Heller 1992
<i>Fusarium spp.</i>	Pudrición de raíz	Heller 1992
<i>Helminthosporium tetramera.</i>	Manchas en hojas	Singh 1983
<i>Pestalotiopsis paraguarensis</i>	Manchas en hojas	Singh 1983
<i>Pestalotiopsis versicolor</i>	Manchas en hojas	Phillips 1975
<i>Cercospora Jatropha curcas</i>	Manchas en hojas	Kar & Das 1987
<i>Julus sp.</i>	Pérdida de plántulas	Heller 1992
<i>Oedaleus senegalensis</i>	Hojas en plántulas	Heller 1992
<i>Lepidoptera larvae</i>	Galerías en hojas	Heller 1992
<i>Pinnaspis strachani</i>	Manchas negras en ramas	Van Harten
<i>Ferrisia virgata</i>	Manchas negras en ramas	Van Harten
<i>Calidea dregei</i>	Succionan frutos	Van Harten
<i>Nezara viridula</i>	Succionan frutos	Van Harten
<i>Spodoptera litura</i>	Larva se alimenta de hojas	Meshram & Joshi
<i>Termitas e insecto dorado</i>	Afectan toda la planta	Van Harten

Los suelos para cultivo de *Jatropha*, deben ser arenosos, ventilados, bien drenados, PH entre 5 y 7, fertilidad media a escasa y con profundidad mínima de 60 centímetros.

La captura de carbono en plantaciones de *Jatropha*, 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. Entre 40% y 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.

La productividad de frutos y semillas en los árboles de *Jatropha* puede comenzar a partir del segundo o tercer años en condiciones favorables, y se estabiliza a partir del cuarto o quinto años. La cantidad de semilla por hectárea con mil árboles en estado de madurez total oscila entre 0.5 y 12.0 toneladas anuales, dependiendo de las condiciones en el cultivo y la cantidad de agua disponible.

La cosecha se realiza en dos o tres ocasiones durante al año, debido a que no todos los frutos maduran al mismo tiempo.

4. Patrones en la producción vegetal

C.L. Aker, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

Investigación para detectar patrones en la producción de flores, frutos y semillas en plantas *Jatropha Curcas* (Euphorbiaceae) de un año de edad con relación a la variabilidad en la fertilidad y humedad de los suelos durante un período de doce meses en Nicaragua:

- a) La conformación de la planta se ajusta al modelo Leeuwenberg.
- b) La floración tiende a ser episódica y responde a la variación en la precipitación pluvial.
- c) La deficiencia de nutrientes en plantas pequeñas ocasiona que la reproducción y el desarrollo terminen mucho antes del final del período de lluvias.
- d) El tamaño de las inflorescencias y la proporción de flores femeninas varían de acuerdo al vigor en los módulos de las plantaciones.
- e) El desarrollo de los frutos se presenta frecuentemente disparejo y, el crecimiento de los frutos tardíos comienza hasta después de la maduración de los frutos tempranos.

5. Biotecnología para el mejoramiento de *Jatropha Curcas*

A. da Câmara Machado, N.S. Frick, R. Kremen, H. Katinger, M. Laimer da Câmara Machado. *Institute of Applied Microbiology, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria.*

El cultivo de tejidos para la propagación rápida y mejoramiento genético en genotipos seleccionados de *Jatropha Curcas* resulta altamente deseable. Esto permite proveer rápidamente material para nuevas plantaciones, considerando genotipos seleccionados de acuerdo a sus propiedades como productividad, resistencia, etc. El inicio de cultivos asépticos provenientes de semillas que fueron almacenadas entre uno y tres años, así como la fase de reproducción han sido optimizados a partir de distintos genotipos provenientes de regiones geográficas como Nicaragua, México, Cabo Verde, Santa Lucía (Nicaragua) y Madagascar. Además de la composición en los medios de cultivo, un factor esencial fue la técnica de corte durante el proceso de propagación. Experimentos para optimizar el enraizamiento y la resistencia a los efectos climáticos están en proceso. Paralelamente se están llevando a cabo experimentos para inducir la embriogénesis somática a partir de brotes, hojas, pecíolos y tallos. Esto representa las bases necesarias para el mejoramiento genético a partir de la transformación o mutagénesis.

6. Plagas Asociadas a *Jatropha Curcas* en Nicaragua

C. Grimm, J.-M. Maes *Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria, Entomological Museum S.E.A., León, Nicaragua*

Plagas y artrópodos benéficos se encontraron en plantaciones de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) en Nicaragua. La plaga principal: *Pachycoris klugii* Burmeister (Heteroptera: Scutelleridae) que daña los frutos en desarrollo. La segunda plaga más frecuente fue: *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Het.: Coreidae). Adicionalmente, doce especies de insectos se alimentan de esta planta. Entre otras plagas se incluyen: el perforador de tallos *Lagocheirus undatus* (Voet) (Coleoptera: Cerambycidae), grillos, comedros de hojas y orugas. Entre los insectos benéficos se encontraron polinizadores, predadores y parásitos. El potencial de los insectos benéficos está en estudio.

7. Potencial de los hongos entomopatógenos en el control biológico de plagas

C. Grimm, F. Guharay *Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria. Proyecto CATIE/INTA-MIP (NORAD), Managua, Nicaragua*

Las plagas principales en *Jatropha Curcas* L. (Euphorbiaceae) que causan abortos en frutos y malformaciones en las semillas en Nicaragua son: *Pachycoris klugii* Burmeister (Heteroptera: Scutelleridae) y *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera: Coreidae).

El control biológico potencial sobre estas plagas mediante hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) mostró en laboratorio hasta 99% de mortandad en *Leptoglossus zonatus* y 64 % en *Pachycoris klugi* (Metsch, Sorok, Dallas Bals & Vuill). Ambas especies de hongos son producidos masivamente en Nicaragua mediante dos etapas en los sistemas de producción sobre arroz esterilizado en bolsas de polipropileno. Fórmulas en aceite y agua fueron probadas exitosamente en las plantaciones utilizando aspersores.

8. Actividad de la Lecitina en Variedades Tóxicas y No Tóxicas

E.M. Aregheore, H.P.S. Makkar, K. Becker Department of Agricultural Sciences, College of Education, Warri, Delta State, Nigeria. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany.

La actividad de la lecitina en la harina de semillas de variedades tóxicas y no tóxicas de *Jatropha Curcas* fue investigada mediante el método de aglutinación de látex. No hubo diferencia significativa en la actividad de la lecitina en variedades tóxicas y no tóxicas. Ambas fueron sometidas a tratamientos en calor seco a 130°C y 160°C durante 20, 40 y 60 minutos, y en calor húmedo con 60% de humedad a 100°C y 121°C durante 20, 40 y 60 y 10, 20 30 minutos. Los tratamientos en calor húmedo a 100°C, y en calor seco a 130°C y 160°C durante 60 minutos, no inactivaron la lecitina en ninguna de las dos variedades.

La aglutinación del látex se presentó a los 10 y 20 minutos en calor húmedo a 121 °C. Sin embargo la aglutinación no se presentó después de 30 minutos. Esto sugiere que: el tratamiento con calor húmedo es más efectivo que con calor seco para inactivar las lecitinas; las lecitinas pueden ser inactivadas mediante calor húmedo a 121°C durante 30 minutos; las lecitinas probablemente no son el principio tóxico en la harina de semillas de *Jatropha*. La prueba de aglutinación fue llevada a cabo en presencia de iones de Ca^{2+} , Mn^{2+} y Mg^{2+} . El ión Mn^{2+} fue el mejor. Una concentración de 0.286 mM de Mn^{2+} fue mantenida en la mezcla del ensayo.

9. Toxicidad de las semillas de *Jatropha Curcas*

M. Trabi, G.M. Gübitz, W. Steiner, N. Foidl, Institute of Biotechnology, Graz University of Technology, Graz, Austria, Proyecto Biomasa, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Las semillas de *Jatropha Curcas* pueden contener hasta 60% de ácidos grasos en patrones similares a los aceites comestibles. La composición de los aminoácidos; el porcentaje de aminoácidos esenciales; y el contenido mineral de la pasta resultante de la extracción de aceite, puede ser comparada con pastas similares utilizadas como forraje. Pero, debido a diversos principios tóxicos en la *Jatropha Curcas*, incluyendo lecitina(curcina); ésteres de forbol; saponinas; inhibidores de proteasas; y fitatos, el aceite, la semilla o la pasta resultante de la extracción de aceite de *Jatropha Curcas* puede ser utilizada en la nutrición animal o humana.

Se realizaron experimentos en peces para determinar la toxicidad de las diferentes fracciones, así como la influencia del calor y de la alcalinidad en la pasta resultante de la extracción de aceite. Los resultados mostraron que la pasta resultante de la extracción de aceite proveniente de semillas y/o harina de semillas tratadas con calor fue menos tóxica que aquella sin tratamiento previo mediante calor en las semillas, mientras que la toxicidad del extracto oleoso alcohólico no cambió después del tratamiento con álcali caliente.

10. Detoxificación del aceite y de la pasta resultante de la extracción de aceite

H. Gross, G. Foidl, N. Foidl, Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Biomasa, Managua, Nicaragua, Sucher & Holzer Austria

En laboratorio se efectuaron tratamientos para detoxificar el aceite y de la pasta resultante de la extracción de aceite de *Jatropha Curcas*, a fin de remover elementos tóxicos como los ésteres de forbol y la curcina.

Los peces alimentados únicamente con la pasta resultante de la extracción de aceite previamente tratada con calor presentaron una mortandad de 100%. Sin embargo, la extracción de aceite con etanol al 92% (o éter etílico) dio como resultado una pasta resultante de la extracción de aceite de *Jatropha Curcas* con la que se alimentó a los peces que se desarrollaron sin problemas y no presentaron síntomas de intoxicación.

Las misma pasta resultante de la extracción de aceite con etanol o éter etílico fue suministrada a un grupo de ratones que se desarrolló más lentamente que aquellos alimentados con soya. Los ratones tampoco presentaron síntomas de intoxicación.

11. Producción de Biogás con Cascarilla de Frutos

O. López, G. Foidl, N. Foidl, Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Biomasa, Managua, Nicaragua. Sucher & Holzer, Austria.

Digestión anaeróbica mediante cascarilla de frutos de *Jatropha Curcas* fue realizada en laboratorio.

El experimento se llevó a cabo en un filtro anaeróbico de flujo vertical con volumen de 23.8 litros. El reactor trabajando a temperatura ambiental. Reteniendo la masa 3 días y añadiendo NaOH únicamente al inicio de la reacción para estabilizar el pH.

Se obtuvieron 2.5 litros de biogás por día (70% metano). La degradación del material fue entre 70 y 80%. Las cascarillas de los frutos se sometieron a un pre-tratamiento para separar las fibras a fin de evitar la obstrucción del reactor.

12. Biogás con la pasta resultante de la extracción de aceite

R. Staubmann, G. Foidl, N. Foidl, G.M. Gübitz, R.M. Lafferty, V.M. Valencia Arbizu, W. Steiner, Institute of Biotechnology, Graz Technical University, Austria, Proyecto Biomasa, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua

Entre 50% y 60% del peso de las semillas de *Jatropha Curcas* queda como pasta resultante de la extracción del aceite conteniendo proteína, carbohidratos y compuestos tóxicos. Se requiere tratamiento posterior para alimentar a animales con esta pasta resultante de la extracción de aceite que es un buen sustrato para la producción de biogás. Se han utilizado biodigestores de flujo vertical para obtener biogás con filtros en cada reactor para la obtención de metano.

13. Hexano, agua y enzima proteasa en la extracción de aceite

E. Winkler, G.M. Gübitz, N. Foidl, R. Staubmann, W. Steiner, Institute of Biotechnology, Graz University of Technology, Austria. Proyecto Biomasa, Managua University of Technology (UNI), Nicaragua.

Extracción de aceite con: Hexano 98%; Agua 38%; Proteasa Alcalina 86%.

14. Fermentación de la pasta resultante de la extracción de aceite

Trabi, G.M. Gübitz, W. Steiner, N. Foidl, Institute of Biotechnology, Graz University of Technology, Graz, Austria. Proyecto Biomasa, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Un hongo fue aislado de la semillas de *Jatropha Curcas* en Nicaragua e identificado como *Rhizopus oryzae* (Went & Prinsen Geerlings). harina de semillas y pasta resultante de la extracción de aceite fueron utilizadas como sustratos para fermentaciones con el hongo *Rhizopus oryzae*.

El hongo se desarrollo bien en ambos sustratos sin añadir levaduras, pero la cascarilla de las semillas sin adición de levaduras no fue un buen sustrato. El hongo produjo un amplio espectro de enzimas hidrolíticas apropiadas para incrementar la extracción de aceite. Incluso la fermentación de las semillas o de la pasta resultante de la extracción de aceite mediante el hongo *Rhizopus oryzae* podría ser factible para degradar las sustancias tóxicas.

Los experimentos mostraron que utilizar la pasta resultante de la extracción de aceite como sustrato para el hongo *Rhizopus oryzae* y producir más aceite, podría ser mejor que usarla como forraje, particularmente porque no existe una forma práctica y económica para su detoxificación.

15. Harina de semillas como suplemento proteico para el ganado

H.P.S. Makkar, K. Becker, Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480), University of Hohenheim, D-70593 Stuttgart, Germany.

Estudios en laboratorio mostraron que la harina de semilla de *Jatropha Curcas* conteniendo 1% a 2% de residuos de aceite presentó niveles de proteína cruda entre 58% y 64% de los cuales el 90% fue proteína verdadera. Los niveles de aminoácidos esenciales, excepto lisina, fueron altos. Sin embargo, la harina de semilla de variedades en Cabo Verde y Nicaragua fue altamente tóxica en la alimentación de peces, ratas y pollos, mientras que la harina de semillas de la variedad Mexicana no resultó tóxica.

Durante 7 días se suministró harina de semillas de la variedad no tóxica a peces, en proporción al 50% con harina de pescado. Se observó mucosidad en las heces, y los rendimientos en el desarrollo de los peces no tuvieron variación comparados con el grupo de peces al que no se le suministró harina de semillas de *Jatropha Curcas*. El contenido de proteína y aminoácidos esenciales en la variedad no tóxica fue similar al de las variedades tóxicas, de Cabo Verde y Nicaragua. Adicionalmente, en experimentos con ratas el índice de eficiencia de la proteína en la harina de semillas de la variedad no tóxica fue alrededor de 86% comparada con proteína proveniente de la caseína. Esto sugiere que ambas variedades, tóxica y no tóxica, son buenas fuentes de proteína. Pero la harina de semillas debe ser detoxificada antes de suministrarla como alimento a los animales.

La alimentación con harina de semillas de la variedad no tóxica, sin tratamiento previo con calor, puede tener efectos subclínicos negativos en el desempeño de los animales a largo y mediano plazos. Los factores que restringen la utilización óptima de la harina de semillas proveniente de ambas variedades, tóxica y no tóxica, son: Altos niveles de inhibidor de la actividad de la Tripsina (21 a 27 mg. de tripsina inhibida por cada gramo de materia seca); Lecitina (51 a 102 expresado como el inverso del la concentración mínima en miligramos de harina de semillas de *Jatropha* por milímetro en el ensayo que produjo hemaglutinación); Fitato (concentración entre 9% y 10%); Saponinas (en niveles entre 2.6% y 3.4%); Esteres de Forbol presente en la pulpa de las semillas de la variedad tóxica (2.2% a 2.7% miligramos por gramo, virtualmente ausentes en la variedad Mexicana 0.11 miligramos por gramo).

Taninos, cianógenos, inhibidores de amilasa y glucosinolatos no fueron detectados en ninguna de las variedades. Los inhibidores de tripsina, y la lecitina, pueden ser destruidos mediante tratamiento con calor. La harina de semillas, de las variedades tóxicas y no tóxicas, no tratada previamente con calor mostró bajos niveles de degradación del nitrógeno en rumen. La harina de semillas tratada con calor mostró un incremento en la degradación de nitrógeno en el rumen entre 38% y 65%. La harina de semillas, de la variedad Mexicana, tratada con calor y químicos como NaOH y NaOCl, o extrayendo el aceite con 80% a 90% de etanol, metanol o éter etílico, mostró posibilidades para detoxificar la harina de semillas en variedades tóxicas.

16. Impactos y beneficios

Impactos positivos en el desarrollo:

- . 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.

Impactos positivos en el medio ambiente:

- . 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).

Beneficios a inversionistas:

- . Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- . Acceso al mercado de biomasa y biocombustibles.
- . Acceso al mercado de bonos de carbono.
- . Obtención de certificados de reducción de emisiones de CO₂.
- . Deductibilidad de las inversiones
- . Creación de capacidad técnica y comercial.

Beneficios a productores:

- . Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- . Aseguramiento de ingresos adicionales duraderos.
- . Acceso a biocombustibles.
- . Obtención de asistencia técnica y capacitación.
- . Aprovechamiento de suelos improductivos marginales.
- . Disminución de la dependencia en cultivos agrícolas alimentarios.
- . Mayor influencia en el ámbito rural.
- . Se evita la degradación de los suelos y la deforestación.
- . Creación de capacidad técnica y comercial.

17. Objetivos

- . Producción sustentable de biomasa y biocombustibles para consumo local.
- . Captura de dióxido de carbono atmosférico (reducción de emisiones).
- . Asegurar recursos alternativos de energía.
- . Disminuir la interdependencia y vulnerabilidad en el abastecimiento de petróleo.
- . Opción frente al decremento en las reservas de petróleo y otros combustibles fósiles.
- . Reducir las emisiones de CO₂ frente al cambio climático global.
- . Mejorar las condiciones económicas en el sector rural.
- . Desarrollo regional mediante nuevas actividades.
- . Fomentar la biodiversidad y la conservación ecológica.
- . Propiciar cambios positivos considerando que el mercado agrario en países en desarrollo subsiste aceptando precios bajos, y en países desarrollados subsiste mediante subsidios altos.
- . Promover inversión en ejidos y comunidades sin desplazar a sus habitantes.
- . Fomentar el uso de energía renovable sustentable.
- . Aprovechamiento de suelos no aptos para producción alimentos.
- . Aprovechar las condiciones favorables de clima y suelos.
- . Proporcionar asistencia técnica y capacitación a productores agrícolas y pecuarios.
- . Apoyar a productores e inversionistas en el desarrollo de proyectos.
- . Fomentar la expansión de cultivos regionales sustentables mediante proyectos piloto.
- . Crear capacidad técnica y comercial.
- . Tener influencia positiva, nacional e internacional, en los sectores gubernamentales y privados con relación a leyes y reglamentos sobre la producción de biomasa para obtención de bio-energía.
- . Apoyar el desarrollo de infraestructura en un entorno equitativo y abierto.
- . Aprovechamiento de los subproductos derivados de la elaboración de biocombustibles.
- . Generar contratos de producción de biomasa en regiones rurales.
- . Obtener beneficios de los bonos por captura de carbono en plantaciones.
- . Obtener certificados por reducción de emisiones de CO₂.
- . Evitar la desertificación y la degradación de los suelos.
- . No utilizar alimentos para producción de energía.
- . Propiciar la formación de asociaciones de productores de biomasa y biocombustibles que permitan ingresos adicionales a productores e inversionistas en comunidades rurales.

18. Riesgos

- . *Riesgos Naturales:* Incendios, plagas y enfermedades en los cultivos; productividad menor a la esperada; sequías; inundaciones; vientos dañinos y heladas.
- . *Factores Antropogénicos:* Invasión de terrenos; robo de cosechas; vandalismo; escasez de fuerza laboral.
- . *Riesgos Políticos:* Cambios en las políticas; inestabilidad en los gobiernos.
- . *Factores Económicos:* Cambios en tasas de interés; moneda; costos; precios a la baja de la biomasa, biocombustibles y bonos de carbono; precio de los terrenos.

19. Sustentabilidad medioambiental

Sustentabilidad o sostenibilidad es la característica que conserva en el tiempo a los sistemas dinámicos de los que depende el desarrollo y la vida en el planeta, dentro del contexto evolutivo de la humanidad. Es en el más amplio sentido, la condición dinámica de la sociedad. La correlación entre sustentabilidad medioambiental y desarrollo económico, resulta compleja. Cada una de la economías en los países, enfrenta retos interconectados necesariamente con el medio ambiente. En algunos países se resuelven los problemas de contaminación medioambiental, y se controlan los recursos naturales relativamente bien, mientras que otros países no. Esto indica que habitualmente en la definición de desarrollo no se incluye el destino medioambiental.

Los índices de sustentabilidad medioambiental se encuentran estrechamente relacionados al potencial de desarrollo en los países, y son útiles como guía en la implementación y sostenimiento de políticas vinculadas a la protección y conservación de los ecosistemas en función del desarrollo conveniente en el largo plazo.

De acuerdo con el estudio sobre Sustentabilidad Ambiental elaborado en 2005 a iniciativa del Foro Económico Mundial, en colaboración con el Centro de Legislación y Política Ambiental de la Universidad de Yale, y el Centro Internacional Red de Información de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Columbia, los países con los índices de sustentabilidad medioambiental más altos son: Finlandia, Noruega, Uruguay, Suecia e Islandia, en los lugares 1,2,3,4 y 5 respectivamente. Los países con los índices más bajos de sustentabilidad medioambiental son: Corea del Norte, Irak, Taiwán, Turkmenistán y Uzbekistán, en los lugares 146, 143, 145, 144 y 142 respectivamente. México en el lugar 95 de la lista que contiene 146 países. Estados Unidos en el lugar 45.

Países con riqueza económica y alto ingreso per cápita como Arabia Saudita (lugar 136) y Kuwait (lugar 138) tienen índices de sustentabilidad muy bajos. Es decir su riqueza terminará en el mediano o corto plazos, mientras que Uruguay y Guyana en los lugares 3 y 8 respectivamente, no son países con alta riqueza económica, ni alto ingreso per cápita, sino que han puesto énfasis en la conservación de sus ecosistemas considerando el desarrollo potencial en el largo plazo. Generalmente, los países ricos ejercen mayor tensión ecológica al extraer recursos del medio ambiente, ya sea de sus naciones o de otros países.

La Comisión Brundtland

La sustentabilidad ha sido un objetivo ampliamente aceptado por todos los países desde que fue introducido por la Comisión Brundtland. La característica de la sustentabilidad, ya sea económica, social, ecológica, productiva, etc., hace necesario el desarrollo de metodologías para medir y valorar de forma objetiva y clara el cumplimiento de los requisitos sobre sustentabilidad. Se utilizan indicadores de la sustentabilidad para percibir las tendencias o fenómenos que no es posible detectar de inmediato ni fácilmente, y permiten comprender, sin ambigüedades, el estado de la sustentabilidad de un sistema, o los puntos críticos que ponen en peligro la sustentabilidad.

De tal manera, los indicadores de la sustentabilidad contribuyen operacionalmente sobre el concepto de desarrollo sustentable en los países, porque en los indicadores intervienen factores que permiten definir acciones concretas para corregir errores o desviaciones del objetivo deseado. Su utilización permite evaluar en qué medida un sistema, cumple con los requisitos de sustentabilidad, cuáles son sus puntos críticos, y su evolución en el tiempo.

La Comisión Brundtland de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ante la irrefutable evidencia de la existencia de límites para el desarrollo de la humanidad, precisó, en la década de 1990, que las políticas para crear modelos de desarrollo en los países, deben ser adecuadas para que las generaciones futuras tengan oportunidad de una calidad de vida, al menos igual a la de las generaciones presentes. Fue a este enfoque al que se denominó Desarrollo Sustentable.

Tendencias y Equilibrios

En la década de 1980, investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), realizaron un análisis sobre las tendencias y equilibrios globales. Sondearon el comportamiento del capital en función del tamaño de las familias; la disponibilidad de alimentos; y la cantidad de recursos naturales para el sostenimiento de la vida humana en el planeta. Los resultados en este análisis pronosticaron escasez mundial severa de agua y alimentos a partir del año 2025. Sin embargo, en esta investigación no se consideraron los efectos negativos que emergieron ulteriormente en el medio ambiente y que aceleran las tendencias negativas, como por ejemplo, el calentamiento global del planeta y, la producción de biocombustibles con granos alimenticios.

El mismo análisis indica que, de continuar las tendencias actuales, la escasez de agua y alimentos podría presentarse antes del año 2025 y llegar a niveles catastróficos. El uso de los recursos naturales, no únicamente debe basarse en la biología y la ecología, sino también en la ética, la política y la sociología. Ninguna de las economías, ya sean capitalistas o socialistas, consideraron desde su inicio la sustentabilidad medioambiental que es lo compatible con la vida. Vivimos ahora las consecuencias por no haber considerado la sustentabilidad medioambiental. Hay cada día menos disponibilidad de agua y enormes problemas de contaminación que afectan la vida y la salud.

En este sentido, el conjunto de circunstancias e intereses globales de corporaciones y actores que desean conservar su dominio, han propiciado que más del 90% de la riqueza mundial, se encuentre en manos de sólo el 1% de la población. Esta distribución sumamente desigual de la riqueza global influye negativamente para que se mantengan o se agudicen las viejas tendencias que no permiten los cambios necesarios en la dirección correcta para el desarrollo sustentable y, puede originar fenómenos sociales negativos e insospechados. Los modelos de desarrollo deben considerar la interconexión entre los ecosistemas; los límites en los recursos naturales; el peligro de carecer de recursos naturales como agua y suelos fértiles para producción de los alimentos que consumimos.

Ciencia y Tecnología

El enorme avance científico y tecnológico no ha mostrado todavía utilidad para evitar la destrucción de los ecosistemas y la extinción de especies, ni para mitigar las condiciones de desigualdad humana y de pobreza en muchos países y regiones, sino por el contrario, la tecnología en ocasiones ha causado daños en el medio ambiente.

En este sentido, se requiere una orientación diferente en las economías mundiales, tomando en cuenta la protección y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, conducida por la innovación científica y tecnológica, y por una conciencia social en aumento. Es decir, modelos económicos, tecnológicos y de producción radicalmente distintos a los que han prevalecido en las últimas décadas, conociendo que lo sustentable es lo compatible con la vida. Esta nueva orientación resulta indispensable para el desarrollo en México y en otros países donde el flujo elemental de los recursos naturales continúa siendo de tipo lineal consistente en extraer, producir, vender, usar y eliminar. Este flujo lineal puede ser substituido por un flujo circular donde los residuos de un proceso actúan como materias primas de otro.

Nunca antes como ahora, la humanidad había logrado niveles tan altos en tecnología y conocimiento científico, ni la vida en el planeta había estado tan amenazada como ahora. Las predicciones sobre los efectos negativos relacionados al cambio climático y a la utilización de alimentos para elaborar biocombustibles dejan de ser hipótesis y, se convierten en realidades. Así lo evidencian las más recientes investigaciones y observaciones sobre los fenómenos climáticos y sus efectos en los ecosistemas que sostienen la vida en el planeta.

Gases de Efecto Invernadero

Aún reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, la inercia del cambio climático y sus impactos se mantendrían a lo largo de los próximos siglos. El daño está hecho. Los dirigentes en países ricos donde se genera la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que afectan negativamente el medio ambiente global y la vida en el planeta, tienen la tarea y la responsabilidad de reducir las emisiones de estos gases. Debe exigirse a los países que generan la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, una respuesta responsable por los daños globales que vienen causando en relación al cambio climático y, que cumplan con la reducción de emisiones para estabilizar la atmósfera.

El Cambio Climático

Indudablemente el daño está hecho. Los cambios climáticos impactan negativamente la producción de alimentos, el abastecimiento de agua, la viabilidad de los ecosistemas y los beneficios ambientales que los ecosistemas ofrecen a la humanidad. Los glaciares han tenido un retroceso sin precedentes debido al calentamiento global; regiones enteras han sido afectadas; animales y vegetales han sido desplazados o han muerto, debido a su incapacidad de adaptación. La creciente intensidad en los desastres naturales ha generado cientos de miles de víctimas y multimillonarios costos materiales; se han formado vectores transmisores de enfermedades en regiones donde antes no se presentaban.

Estudio sobre sustentabilidad medioambiental

En el estudio sobre Sustentabilidad Ambiental elaborado en 2005 a iniciativa del Foro Económico Mundial, en colaboración con el Centro de Legislación y Política Ambiental de la Universidad de Yale, y el Centro Internacional Red de Información de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Columbia, se tomaron en consideración los siguientes cuestionamientos y factores:

Cuestionamientos:

1. *¿Los ecosistemas se mantienen sanos, con tendencia a mejorar o a deteriorarse?*
2. *¿Las tensiones por acciones humanas en el medio ambiente son suficientemente leves que no dañan los ecosistemas?*
3. *¿La población y los sistemas sociales resultan afectados negativamente por daños en los ecosistemas?*
4. *¿Las instituciones políticas consideran los modelos y actitudes sociales, y extienden redes para propiciar respuestas eficientes en la población frente riesgos y retos en el medio ambiente?*
5. *¿Se presenta cooperación entre países para resolver problemas comunes relacionados con circunstancias negativas en el medio ambiente?*

Factores:

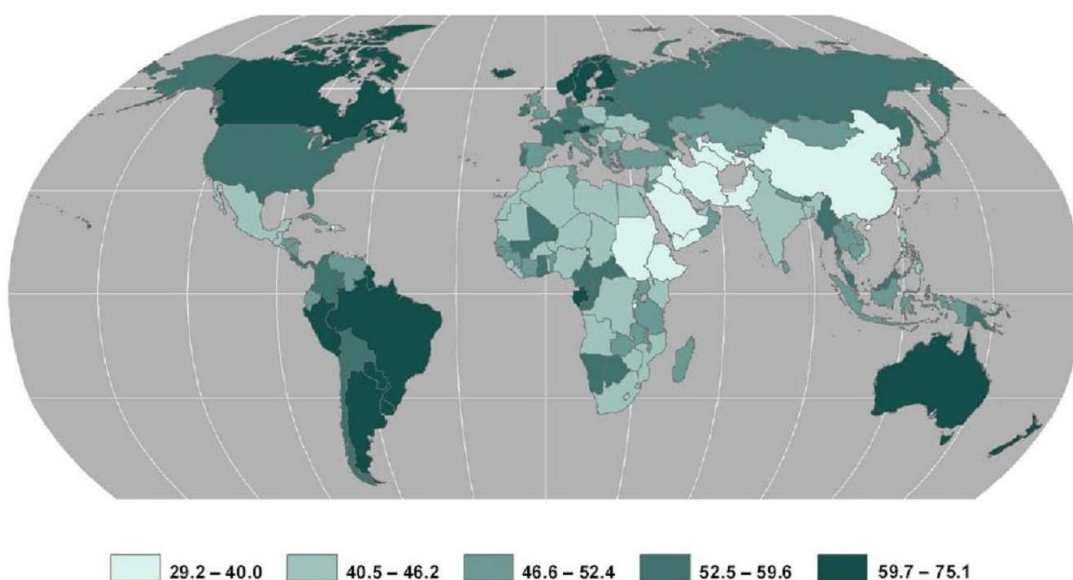
1. *Calidad Urbana del Aire:* Concentración de partículas suspendidas, y de NO₂ y SO₂ (gr./m³).
2. *Cantidad de Agua Per Cápita:* Agua superficial y acuíferos subterráneos (M³).
3. *Calidad del Agua:* Concentraciones de NO₃, NO₂ y NH₃; oxígeno disuelto; sólidos suspendidos; fósforo; plomo disuelto (mg./l), y coliformes fecales (Nº/100ml).
4. *Biodiversidad:* Porcentaje conocido en riesgo: plantas; aves y mamíferos.
5. *Suelos:* Severidad en la degradación de los suelos producida por seres humanos.
6. *Contaminación del Aire:* Emisiones de: SO₂; NO; compuestos orgánicos volátiles (toneladas métricas por milla cuadrada); consumo de carbón (billones de BTU/milla cuadrada); cantidad de vehículos (por milla cuadrada).
7. *Contaminación y Consumo de Agua:* Fertilizantes químicos por hectárea; contaminantes orgánicos industriales (kg./día); emisión de contaminantes industriales por unidad de superficie; consumo de agua en relación con el potencial de renovación anual de los recursos acuíferos.
8. *Tensión en los Ecosistemas:* Porcentaje de: deforestación; pérdida de humedales y áreas cubiertas por bosques.

9. *Basura y Presión de Consumo*: Porcentaje de: hogares con recolección de basura; métodos sustentables en la disposición de basura; presión en los consumidores que propicia compras y desperdicios; desperdicios nucleares.
10. *Tensión Poblacional*: Incremento en los índices de población que presentan riesgos en el medio ambiente.
11. *Sustento Básico de la Población*: Porcentaje de: población urbana y rural con acceso al agua potable de buena calidad, y a electricidad; calorías ingeridas en los alimentos comparadas con los requerimientos totales normales.
12. *Salud Pública*: Enfermedades infecciosas por cada 100 mil habitantes; mortalidad infantil por cada mil nacimientos.
13. *Capacidad Científica y Tecnológica*: Investigadores, científicos e ingenieros por cada millón de habitantes; inversión en investigación, tecnología y desarrollo con base al porcentaje del producto interno bruto; cantidad de literatura científica (artículos) por cada millón de habitantes.
14. *Leyes y Manejo de la Ecología*: Reglamentos sobre transparencia y conservación de ecosistemas; Porcentaje de la población con acceso a sistemas de sanitarios; superficie del país protegida bajo los reglamentos internacionales sobre ecología.
15. *Condiciones y Seguimiento en los Ecosistemas*: Índice de variables en la sustentabilidad medioambiental; disponibilidad de información para el desarrollo sustentable; cantidad de estaciones para el monitoreo de la calidad del agua por cada millón de habitantes.
16. *Eficiencia Ecológica*: Producción y uso eficiente de la energía en base a kilowatts hora relacionados al producto interno bruto; energía hidroeléctrica y renovable en base al total de energía producida e incremento en la producción y uso energías renovables e hidroeléctrica (%).
17. *Combustibles Fósiles y Corrupción*: Precio al público de la gasolina y diesel; porcentaje de subsidios a combustibles fósiles en base al producto interno bruto; índice de percepción de la corrupción.
18. *Cooperación Internacional*: Membresías en organizaciones intergubernamentales para la sustentabilidad medioambiental; elaboración y presentación de reportes sobre el medio ambiente en el país; estrategias y acciones para la conservación de la biodiversidad biológica; niveles ratificación para la protección sobre los efectos del ozono; acciones organizacionales para la conservación de bosques y océanos.
19. *Capacidad de Debate Político*: Por cada millón de habitantes, la cantidad de organizaciones medioambientales, establecidas y operando en el país que son miembros de la Organización Internacional de Conservación Ambiental: libertad civil para organizarse en el desarrollo de actividades relacionadas con la protección y conservación del medio ambiente.

20. *Impacto Global*: Superficies de bosques; déficit ecológico; emisiones per cápita de CO₂ y SO₂ a la atmósfera; consumo per cápita de cloro-fluoro-carbonos; flotas pesqueras que operan con buenos niveles de sustentabilidad; plantas nucleares peligrosas; contribuciones financieras a programas sobre el medio ambiente global; acumulación de productos tóxicos en los suelos; pérdida de tierras para cultivos; pérdida de humedales; porcentaje del presupuesto gubernamental destinado a proteger los ecosistemas; evaluación de impactos ambientales; cumplimiento de leyes ambientales nacionales e internacionales; rango de reciclaje de residuos; subsidios a la agricultura, pesca, consumo de agua, electricidad y combustibles fósiles.

Indices de Sustentabilidad Global

29.2 el más bajo; 75.1 el más alto.



Referencias

2005 *Environmental Sustainability Index. Benchmarking National Environmental Stewardship*, Yale Center for Environmental Law and Policy. Yale University Center for International Earth Science Information Network and Columbia University in collaboration with: World Economic Forum; Geneva, Switzerland Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy. G. M. Gübitz, Graz, University of Technology, Austria. M. Mittelbach, Karl-Franzens, University Graz, Austria. M. Trabi, Graz University of Technology, Austria. Symposium "Jatropha 97", Managua, Nicaragua, Febrero 23 al 27, 1997, patrocinado por el Ministerio Austriaco de Asuntos Exteriores y Sucher & Holzer Graz Dbv-Verlag für die Technische Universität Graz Uhlandgasse 8, A-8010 Graz, Austria.

20. Proyección de la productividad

Proyección de productividad estimada por planta bajo condiciones favorables de cultivo

Producto Kg.	Años 1-2	Años 3-4	Años 5-6	Años 7-8	Años 9-10	Años 11-30	Promedio 1-30
Semilla	0.10 0.80	2.00 4.00	4.50 5.50	6.00 7.00	7.50 8.50	9.00 10.0	5,400
Aceite 35 %	.035 .280	0.70 1.40	1.60 1.90	2.10 2.45	2.60 3.00	3.15 3.50	1,900
Bio Diesel	.034 .270	0.67 1.36	1.55 1.85	2.03 2.38	2.52 2.90	3.06 3.40	1,840
Glicerina	.003 .025	.060 .130	.150 .170	.180 .230	.250 .290	.300 .340	0.180
Co₂ Captura	1.60 3.20	4.80 6.40	8.00	8.00	8.00	8.00	6.00
Pasta	0.05 0.45	1.5 2.0	2.5 3.0	3.5 4.0	4.5 5.0	5.5 6.0	3.17

Información basada en datos de producción en Centroamérica, India y Africa

21. Características de las semillas.

Características de las semillas			
Contenido	Masa 60 %	Cáscara 40 %	Harina
Proteína Cruda	25.6	4.5	61.2
Lípidos (aceite crudo)	56.8	1.4	1.2
Cenizas	3.6	6.1	10.4
Fibra detergente neutra	3.5	85.8	8.1
Fibra detergente ácida	3.0	75.6	6.8
Lignina ácido detergente	0.1	47.5	0.3
Energía bruta (MJ/Kg.)	30.5	19.5	18.0
<i>Fuente: J. de Jongh, 15-03-2006, edited by W. Rijssenbeek.</i>			

22. Propiedades del biodiesel

Propiedades del biodiesel	
Peso Específico	0.870 a 0.89
Viscosidad 40°C	3.70 a 5.80
Punto de Ignición	130 °C
Valor Calorífico Alto (btu/lb.)	16,978 a 17,996
Valor Calorífico Bajo (btu/lb.)	15,700 a 16,735
Azufre (% del peso)	0.00 a 0.0024
<i>El Bio-Diesel tiene propiedades similares del Diesel Convencional</i>	

Fórmula para elaboración experimental de biodiesel		
Jatropha Aceite	Alcohol Metanol 95% Puro	Hidróxido de Sodio (sosa cáustica)
Un Litro	200 mililitros	Cinco Gramos

Procedimiento:

1. Mezclar el hidróxido de sodio con el alcohol (metanol) hasta disolver el hidróxido de sodio.
2. Añadir la solución alcohol-hidróxido de sodio al aceite calentado a 60°C, mezclar suavemente.
3. Dejar la solución en reposo. El Bio-Diesel queda en la superficie y la glicerina en el fondo.
4. Extraer la glicerina y el Bio-Diesel.
5. Lavar el Bio-Diesel con agua (aspersión) 2 ó 3 veces para eliminar la parte jabonosa.

23. Botánica de la planta

Jatropha Curcas L

1. Altura: 4 a 8 metros de alto.
2. Vida productiva: 30 a 40 años.
3. Tallo: erguido y ramas gruesas.
4. Madera del árbol: ligera (poca densidad).
5. Hojas verdes: 6 a 15 cm. largo y ancho.
6. Fruto oval 40 mm. longitud aprox.
7. Cada fruto contiene 2 a 3 semillas.
8. Semillas color negro: longitud 11 a 30 mm.
9. Semillas anchura 7 a 11mm..
10. 1000 Semillas Frescas = 0.750 a 1.0 Kg. aprox.
11. 2000 Semillas Secas = 0.750 a 1.0 Kg. aprox.
12. Aceite en semillas 30 a 40%.
13. Ramas contienen látex blanquizco.
14. Cinco raíces en semillas germinadas.
15. Una raíz central y 4 laterales en semilla germinada.
16. Sin hojas en sequía e invierno su desarrollo queda latente.
17. No soporta frío ni heladas prolongadas.
18. 80% del aceite es insaturado.
19. Aceites principales: oleico y linoleico principalmente.

Otras variedades de Jatropha en México

De acuerdo con investigación y colección en herbarios de México se han encontrado dos especies adicionales de *Jatropha* además de la *Jatropha Curcas* y son:

- a) *Jatropha Perezia* con presencia en la región del río Balsas en el Estado de Michoacán.
- b) *Jatropha Dehganii* con presencia en lomeríos del río Armería en el Estado de Jalisco.

Ambas especies pertenecientes a la sub-sección (Cav.) Muell.

Fuente: Instituto de Ecología y Herbario de la Facultad de Ciencias UNAM –Jaime Jiménez Ramírez.

Jorge Alejandro DelaVega Lozano
Agro-Proyectos & Bioenergía, México
j.delavegal@gmail.com