

EL PIÑÓN MEXICANO: UNA ALTERNATIVA BIOENERGÉTICA PARA MÉXICO

Jorge Martínez Herrera

Profesor Investigador del Departamento de Biotecnología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional

jmartin@ipn.mx

Resumen

La contaminación ambiental es una de las causas del calentamiento global y por ende del cambio climático, las emisiones de CO₂, NO_x, CH₄ y otros gases han sido los responsables de este deterioro ambiental; así mismo la deforestación de nuestros bosques y selvas. Por otro lado, la disminución de nuestras reservas de petróleo pronosticadas para nueve años, y el incremento del precio internacional del crudo, ha provocado un estado de alerta mundial, por lo cual se deben tomar medidas precautorias.

De acuerdo al último estudio de la Secretaría de Energía, la producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en el mediano plazo de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial, así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

Existen otras fuentes vegetales silvestres en México con alto contenido de aceite, como la *Jatropha curcas* L. que no forma parte de los cultivos básicos y que por sus ventajas agronómicas es interesante y que puede dar un impulso a la agricultura en la República Mexicana.

El piñón, piñoncillo o pistache mexicano como se le conoce en Morelos (*Jatropha curcas* L.) pertenece a la familia de las Euphorbiaceae, nativa de México y Centroamérica, crece de forma silvestre y se encuentra en la selva baja caducifolia. Arbusto perenne, que puede vivir durante más de 40 años ampliamente cultivado en Centroamérica, África y Asia. La planta de *J. curcas* es resistente a la sequía y crece en suelos pobres y arenosos, en climas tropicales y semitropicales, en altitudes que van desde los 0 a los 1600 msnm, el látex de sus hojas, se ha utilizado en medicina tradicional y también como cerca viva, y reforestar zonas erosionadas. El rendimiento de semilla reportado para *J. curcas* varía de 0.5 a 12 ton/año/ha, dependiendo del tipo de suelo, fertilización y condiciones de riego. Además, que desde el primer año se obtiene semilla. Un promedio anual de producción de semilla alrededor de 5 Ton/ha puede esperarse en excelentes tierras y precipitaciones de 900-1200 mm. Sólo en México, existen variedades denominadas como "notóxicas" 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.

Palabras clave: Biodiesel, *Jatropha curcas*, contaminación ambiental

Abstract

Environmental pollution is one of the causes of global warming and therefore climate change, CO₂, NO_x, CH₄ and other gases have been the perpetrators of this environmental degradation; Likewise deforestation of our forests and jungles. On the other hand, the decline of our oil reserves predicted for nine years, and an increase in the international price of crude oil has resulted in a global state of alert, which should take precautionary measures. According to the latest study by the Ministry of Energy, the production of biodiesel on a commercial scale may be feasible in the medium-term actions that must include comprehensive technical, economic and environmental consultation with the agriculture and agribusiness, and a major effort in research and technological development. There are other sources wild plants in Mexico with high oil content, such as *Jatropha curcas* L. That is not part of the staple crops and their agronomic benefits are interesting and that could give a boost to agriculture in the Mexican Republic. The piñón, piñoncillo or pistache Mexican as it is known in Morelos belongs to the Euphorbiaceae family, native to Mexico and Central America, grows wild and is in the low caducifolia. Perennial shrub, which can live for over 40 years extensively cultivated in Central America, Africa and Asia. The *J. curcas* plant is resistant to drought and poor soils and grows in sandy, tropical and semi-tropical climates, at altitudes ranging from 0 to 1600 m, the latex of its leaves, has been used in traditional medicine as well as near alive, and reforest areas eroded. The yield seed reported to *J. curcas* varies from 0.5 to 12 tons/year/ha, depending on the type of soil, fertilizer and irrigation conditions. In addition, since the first year is obtained seed.

Keywords: Biodiesel, *Jatropha curcas*, environmental pollution

INTRODUCCIÓN

Ante el grave problema de la contaminación ambiental, el hecho de que las reservas de combustibles fósiles se agotarán en un futuro y el incremento del precio internacional del crudo muchos países han decidido impulsar el desarrollo y uso de fuentes de energías alternativas, que ofrecen grandes ventajas sobre las fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

En este año, México ha considerado el uso de energías alternativas como el biodiesel, el bioetanol, la energía solar y eólica entre otras. De acuerdo al último estudio de la Secretaría de Energía (SENER, 2006), la producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en el mediano plazo de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial, así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

Existen otras fuentes vegetales silvestres en México con alto contenido de aceite, como la *Jatropha curcas* L. (piñón, piñoncillo o pistache mexicano) que no forma parte de los cultivos básicos y que por sus ventajas agronómicas es interesante y que puede dar un impulso a la agricultura en la República Mexicana.

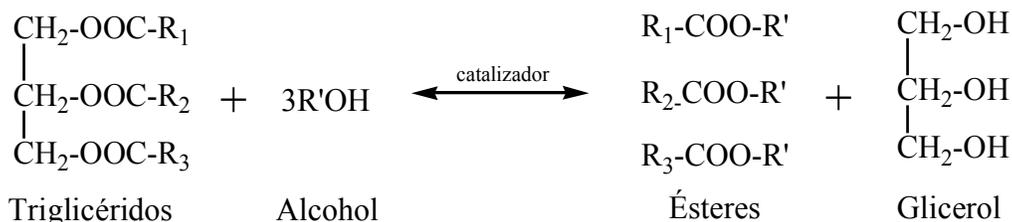
Antes de destacar el potencial del piñón mexicano, es conveniente explicar qué es el biodiesel, cómo se obtiene y cuáles son algunas de sus ventajas.

EL BIODIESEL

El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de oleaginosas, de grasas animales y grasas recicladas. Al igual que el diesel del petróleo, el biodiesel funciona en los motores de combustión interna. Se puede usar en mezclas con el diesel, las más conocidas son B20 y B100, es compatible con casi todos los motores que actualmente operan con diesel y los vehículos no requieren de ninguna modificación en el motor y tienen la misma eficiencia que el diesel común.

¿COMO SE OBTIENE EL BIODIESEL?

El aceite se hace reaccionar con un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador como el hidróxido de sodio o potasio, reacción que se denomina como "transesterificación" para producir los ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos. A estos ésteres se les conoce como biodiesel ya que pueden ser usados como combustibles. Un subproducto la reacción es el glicerol, compuesto que tiene aplicación en la industria química (plásticos, pinturas) cosmética, farmacéutica, de explosivos, etc.



Reacción de Transesterificación

VENTAJAS DEL BIODIESEL

Las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen en un 100 %.

La emisión de hollín se disminuye un 40-60%

La de hidrocarburos un 10-50%.

La emisión de monóxido de carbono (CO) baja a un 10-50%.

Se reduce igualmente la emisión de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), y en particular de los siguientes derivados, de comprobada acción cancerígena: Fenantrén 97%; Benzoflúorantren 56%; Benzopirenos 71%.

La emisión de compuestos aromáticos y aldehídos se reduce un 13%

El metilésteres 100% biodegradable, en menos de 21 días, desaparece toda traza del mismo en la tierra.

Desarrollo

El piñón, piñoncillo o pistache mexicano (Figura 1) como se le conoce en Morelos (*Jatropha curcas* L.) pertenece a la familia de las Euphorbiaceae, nativa de México y Centroamérica, ampliamente cultivada en Centro América, África y Asia. La planta de *J. curcas* es resistente a la sequía y crece en suelos pobres y arenosos, en climas tropicales y semitropicales, en altitudes que van desde los 0 a los 1600 msnm, el látex de sus hojas, se ha utilizado en medicina tradicional y también como cerca viva, y reforestar zonas erosionadas (Makkar et al. 1998; Martínez et al., 2006). El rendimiento de semilla reportado para *J. curcas* varía de 0.5 a 12 ton/año/ha, dependiendo del tipo de suelo, fertilización y condiciones de riego. El arbusto de *J. curcas* tiene un periodo productivo de más de 40 años. Además, que desde el primer año (9-10 meses) se obtiene semilla. Un promedio anual de producción de semilla alrededor de 5 Ton/ha puede esperarse en excelentes tierras y precipitaciones de 900-1200 mm (Francis et al. 2005). En la tabla 1, de acuerdo a estudios realizados con plantaciones piloto de *J. curcas* en Morelos, se puede obtener un rendimiento de 5/ton/año/ha al quinto año con una densidad de 2,500 plantas. Las semillas de mexicanas tienen un contenido de aceite entre 55-60% en promedio.



Figura 1. Planta de *J. curcas* y frutos inmaduros

Tabla 1. Rendimiento proyectado por hectárea en plantación piloto en Morelos, México

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|--|-----|------|--------|--------|------|
| Rendimiento de semilla (ton/ha) | 1.2 | 2.6 | 3.1 | 4.3 | 5.0 |
| Producción de aceite L/ha (50% ext.) | 600 | 1300 | 1550 | 2050 | 2500 |
| Biodiesel obtenido L/ha (97% conversión) | 582 | 1261 | 1503.5 | 1988.5 | 2425 |
| Pasta residual Kg/ha (60% proteína) | 600 | 1300 | 1550 | 2050 | 2500 |

En México, la planta se encuentra en formas silvestres en diversos estados de la república mexicana, como Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Sonora, 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 y entre ellas se encuentran las semillas provenientes de Yautepec y Cuautla (Figura 2) (Martínez et al. 2004; Martínez et al. 2006).



Figura 2. Semillas de *J. curcas* no tóxicas con y sin testa

Las semillas de *J. curcas* de Morelos poseen un 25-30% de proteína y 55-60% de aceite que pueden ser convertidos a biodiesel mediante transesterificación. La conveniencia de conversión del aceite de *J. curcas* a biodiesel ha sido claramente demostrada por diversos investigadores. Con rendimientos superiores al 98% (Foidl et al., 1996; Francis et al., 2005). En la tabla 2, se muestra la composición de ácidos grasos del aceite de *J. curcas* proveniente de Morelos.

Las propiedades físico-químicas del aceite de *J. curcas* se observan en la tabla 3. y en la tabla 4, se presentan las características del biodiesel obtenido de *J. curcas*, éste, cumple con los estándares internacionales europeos, además presenta ventajas sobre el diesel pues disminuye la emisión de una variedad de contaminantes. Las emisiones de CO₂ y SO₂ se reducen en un 80 y 100%, respectivamente comparado con el petro-diesel (Francis et al., 2005; Kumar et al., 2007). Este puede ser usado al 100% o en mezclas con diesel (B20, B85, B100).

La pasta residual de *J. curcas*, obtenida después de la extracción de aceite, contiene un 50-60% de proteína cruda comparada con el 45% de la harina de soya. Con la posibilidad de emplearse en la elaboración de alimentos balanceados e incluso su incorporación y/o combinación en diferentes productos alimenticios.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del aceite de *J. curcas* de Morelos, México

| Ácido graso | (%) |
|-------------|-------|
| Oleico | 41-42 |
| Linoléico | 42-44 |

| | |
|--------------|---------|
| Palmítico | 9-11 |
| Esteárico | 2-3 |
| Mirístico | 0.3-0.4 |
| Palmitoleico | 0.3-0.4 |

(Martínez *et al.*, 2006)

Tabla 3. Propiedades físico químicas del aceite de J. curcas

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Valor calorífico | 37.8 MJ/kg |
| Apariencia | Líquido amarillo claro |
| Gravedad específica a 30°C | 0.92 |
| Acidez | 1.24 |
| Índice de saponificación | 197 |
| Índice de Yodo | 102 |
| Materia insaponificable | 0.4% |

(Francis *et al.*, 2005)

Tabla 4. Comparación entre el biodiesel de J. curcas, diesel y la norma oficial de la Unión Europea (U.E.) y Estados Unidos (E.U.)

| | Biodiesel (J. curcas) | Diesel | Norma E.U. | Norma U.E. |
|------------------------------|-----------------------|--------|------------|-------------|
| Densidad g/mL(30°C) | 0.88 | 0.85 | --- | >0.8 |
| Punto combustión (°C) | 192 | 55 | 130 min | >55 |
| Viscosidad cinemática @ 15°C | 4.84 | 2-8 | 6.0 max | 5 |
| Potencial calorífico (MJ/kg) | 41 | 45 | --- | No definido |
| No. Cetano | 52 | 47.5 | 47 min | >48 |
| Contenido Ester (%) | >99 | 0 | --- | >99 |
| Contenido Azufre (%) | 0 | <0.5 | 0.0015 max | <0.55 |
| Carbón residual | 0.024 | <0.35 | 0.050 max | <0.1 |

(Knothe *et al.*, 2004 ; Kumar *et al.*, 2007)

Actividades en México

En México, se han iniciado fervientemente el establecimiento del cultivo de J. curcas en forma extensiva en algunos estados del país; como Michoacán quienes dieron principio en el año 2006, iniciativa por parte del Gobierno del Estado de Michoacán-Daimler-Chrysler (México)-Propalma-CEPROBI-IPN. Asimismo el pasado, 27 de septiembre de la año en curso, se inauguró, en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán, una planta industrial de biodiesel con una capacidad de 1,500/ton/año. Asimismo, en Chiapas, en el presente año, el gobernador creó la Comisión de Bioenergéticos de Chiapas que tiene como objetivo principal obtener biodiesel a partir de J. curcas y también se instalará en Cintalapa y en otros municipios plantas para obtener biodiesel. El CEPROBI-IPN, estableció en mayo del 2006 el primer lote experimental en Chiapas de Corzo con semilla "notóxica" proveniente de Morelos y Veracruz. El pasado 16 de febrero, 2007 inició el proyecto productivo de cultivo de Jatropha en el estado de Sinaloa, con el establecimiento del primer lote demostrativo auspiciado por Fundación Produce Sinaloa, A.C., ubicado en el Campo Experimental de Sinaloa de Leyva. En Monterrey, el ITESM ha comenzado a evaluar la adaptación del

cultivo de piñón en el Campo Experimental de Hualauises a partir del 2006, proyecto a cargo del Dr. Armando Llamas Terrés. Hay algunos indicios también de actividades con piñón en Oaxaca, Campeche, Yucatán, Sonora, Veracruz, Tabasco y Guerrero.

Por otro lado, en el estado de Morelos, el CEPROBI-IPN, la Dra. Alma L. Martínez Ayala retomó el estudio de la *J. curcas* en 1999, con la caracterización molecular de las proteínas de reserva de *J. curcas*. Estudios más recientes se basan en la caracterización nutricional y no nutricional de cuatro genotipos, dos de ellos colectados en Morelos y dos en Veracruz con la particularidad de encontrar 3 genotipos no tóxicos, con un alto contenido de grasa y proteína, por tal motivo, se realizó la evaluación biológica en animales de experimentación (ratas y peces) con el propósito de utilizar la harina residual para consumo animal e incluso humano. Así mismo se realizaron pruebas para detoxificar harina de *J. curcas* de variedades tóxicas, con el propósito de encontrar un método efectivo de eliminación de los ésteres de forbol, compuestos responsables de la toxicidad y poder utilizar la pasta residual derivada de la extracción del aceite en países de la India y África, para su conversión a biodiesel. (Martínez-Herrera, et al., 2006). Cabe señalar que los tratamientos térmicos en seco y acuosos no eliminan a los ésteres de forbol de las semillas de *J. curcas* tóxicas.

En el año 2005 se inició en CEPROBI, el cultivo experimental de *J. curcas*. Se propagaron semillas de Yautepec, Morelos. La primera cosecha fue a los 9 meses. El contenido de proteína en las semillas cosechadas de Morelos fue de 30% y aceite del 53% valores significativamente diferentes a los obtenidos para la misma semilla silvestre colectada en el 2004 con 32% de proteína y 55% de aceite. (Martínez et al., 2006). Es importante mencionar, que el CEPROBI-IPN, contribuyó de manera significativa, proporcionando plantas identificadas como "notóxicas" de Morelos y Veracruz para el establecimiento de las plantaciones en Michoacán, Chiapas, Sinaloa, Monterrey. En estos momentos se tiene en el campo Experimental "Emiliano Zapata" de CEPROBI, una selección de genotipos de *J. curcas*, provenientes de diferentes estados de la República Mexicana identificados como no tóxicos y que en 18 meses, han dado dos cosechas (Figura 3), la primera en noviembre (2006) - enero (2007) y la segunda en agosto-noviembre, 2007. Se han identificado semillas notóxicas de Veracruz, Morelos, Hidalgo, Tabasco, Sinaloa, Guerrero y Michoacán. Debido a la gran adaptabilidad de la planta en el estado de Morelos y su clima, es posible realizar plantaciones cada mes, con su riego de auxilio en épocas de astiaje, lo cual, resultaría invaluable debido a que se tendría cosecha todo el año del fruto de piñón. Actualmente, en CEPROBI también se está evaluando la pasta residual, que es el subproducto derivado de la extracción del aceite, para preparar diversos alimentos para consumo humano y animal y que se lograría el aprovechamiento integral del piñón. Se tiene un gran avance respecto a la propagación "in vitro" mediante cultivo de tejidos, pues no se cuenta con la semilla necesaria para establecer un gran número de hectáreas actualmente en México.



Figura 3. Selección de genotipos a con altos rendimientos

Conclusiones

Es importante aclarar para producir el piñón mexicano no sería necesario sustituir los cultivos existentes en México por otros; podrían utilizarse todas aquellas tierras marginales, sin uso agrícola o no aptas para la agricultura, y de esta manera el campesino podría obtener un ingreso extra con la venta de semilla y/o aceite de piñón. Esta actividad podría resultar muy remunerable para el sector campesino del país, que actualmente atraviesa por una severa crisis.

Al mismo tiempo, se pretende asociar cultivos tales como: el jitomate, calabacita, frijol y cacahuate con la planta de *J. curcas*, lo que permitiría aprovechar de manera integral la tierra y obtener una mayor cantidad de ganancias económicas.

En el ámbito ambiental, el establecimiento de cultivos de *J. curcas* serviría para reforestar las áreas que presentan el grave problema de desertización y/o pérdida del suelo, así como de la retención de los mantos freáticos, además de ser útil como bastión para la captura del CO₂ y por ende podría ayudar disminuir la contaminación.

La transformación del aceite a biodiesel; biocombustible que sustituirá a corto plazo de manera parcial al petrodiesel, será parte importante del desarrollo Nacional, ya que como bioenergético dará el impulso en muchos Estados de México; aunado a esto, la generación de empleos definitivos, a corto, mediano y largo plazo.

Finalmente, sería importante atender con mayor énfasis para la introducción del biodiesel en México, el sector agrícola. Por ello, es recomendable establecer un amplio plan de subsidio a la agricultura, así como los estímulos para una economía rural más dinámica.

Bibliografía

Francis G., Eddinger R., Becker K. (2005). A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nat. Res. Forum* 29, 12-24.

Foidl N., Foidl G., Sanchez M., Mittelbach M. y Hacker S. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology*, 58, 77-82.

Knothe G., Gerpen V.J., Krahl J. (2004). *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press, Urbana, Illinois, U.S.A.

Kumar-Tiwari, A. Kumar A. Raheman H. (2007). Biodiesel production from *Jatropha* oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: An optimized process. *Biomass and Bioenergy*, 31, 569-575.

Makkar H.P.S.; Becker K., Schmook B. (1998). Edible provenances of *J. curcas* from Quintana Roo state of México and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. *Plant Food for Human Nutr.* 52, 31-36.

Martínez-Herrera, J., Chel-Guerrero, L., Martínez-Ayala, A. L. 2004. The nutritional potential of Mexican piñón (*Jatropha curcas*). Toxic and antinutritional factors. In *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oil seeds*. (Múzquiz, M., Hill, G. D., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M. and Burbano, C., Editors), Wageningen Academic Publisher, The Netherlands. Pp. 185-188.

Martínez-Herrera, J., Siddhuraju P., Francis G., Dávila O. G., Becker K. (2006). Chemical composition, toxic/antimetabolic

