



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2011-16

I. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

En atención a la problemática nacional en la que la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica) tiene especial relevancia, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha identificado un conjunto de demandas y necesidades del Sector para ser atendidas por la comunidad científica, tecnológica y empresarial con el apoyo del “Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos”.

Estas demandas se han clasificado en el área estratégica:

I Temas Estratégicos Transversales

Cada una de las Demandas Específicas es debidamente dimensionada y acotada a través de la siguiente estructura:

I. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

Bioenergéticos

Demanda 1.1

Investigación y desarrollo de producción de moringa para la obtención de biodiesel en México

Beneficiarios del proyecto

A investigadores y productores interesados en el desarrollo del cultivo de moringa que pretendan incursionar en el área de bioenergéticos mediante la utilización, aprovechamiento de sus cultivos y de los residuos en los procesos de campo para generar más información que ayude a grupo de productores en el desarrollo y utilización de su cultivo.

Antecedentes

La disponibilidad y abundancia de materias primas oleaginosas para la producción de biodiesel varían considerablemente según la región geográfica en función del clima. El aceite vegetal más abundante en una región en particular es por lo general, la materia prima más común. Así es que los aceites de colza y girasol predominan en Europa, el aceite de palma en países de zonas tropicales, las grasas animales y aceite de soya en los Estados Unidos. Debido a que el suministro de estos aceites vegetales no es suficiente para sustituir las cantidades de petrodiesel, fijadas por ley, según la reglamentación vigente en cada país, la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas para obtener biodiesel está en marcha. El aceite de *Jatropha* y algas están recibiendo una atención creciente como materias primas, mientras que aceites menos comunes o no convencionales que han sido estudiados incluyen pongamia, caucho y moringa (Knothe *et al.*, 2009).

El género *Moringa*, pertenece a la familia de las *Moringáceas*, orden de los *Capparidales*, clase *magnoleopsida*. Incluye a 14 especies conocidas de árboles con semillas oleaginosas. De éstas, *Moringa oleifera*, que alcanza una altura de 5 a 10 m, es la más conocida y utilizada. Se atribuye el origen a la zona del sur del Himalaya y del noroeste de la India. Fue introducida en África, Arabia, el Sudeste de Asia, el Pacífico y las islas del Caribe y América del Sur, así como también en Filipinas, Camboya, Centroamérica y América del Norte. En Pakistán es ampliamente cultivada. Se desarrolla mejor en un clima tropical y es abundante cerca de la cama de arena y corrientes de los ríos.

La *M. oleifera* es de rápido crecimiento, Prospera en un amplio rango de precipitaciones (250 a 3000 mm·año⁻¹), aunque es tolerante a la sequía. Puede tolerar suelos pobres, con pH del suelo de 5.0 a 9.0.

Las semillas contienen entre 33 y 41% de aceite. El perfil de ácidos grasos es alto en ácido oleico (>70%). *M. oleifera* es comercialmente conocido como "aceite de ben "o" aceite de Behen", debido a su contenido de ácido behénico (docosanoico). El mismo posee una importante resistencia a la degradación por oxidación, tiene muchos usos medicinales y posee un elevado valor nutritivo (Rashid *et al.*, 2008).

Problemática

Moringa se cultiva en muchas regiones del mundo bajo condiciones de clima tropical, y por supuesto, prospera perfectamente en algunas regiones de México aunque sus virtudes alimenticias, culinarias y medicinales no son muy conocidas en el país. Las hojas se pueden comer en forma de ensalada o en guisos; por su buen sabor y su alto valor nutritivo (en proteínas, minerales, beta carotenos, riboflavinas y vitamina C). Suele decirse que las hojas de moringa tienen más vitamina A que la zanahoria, más calcio que la leche, más hierro que la espinaca, más vitamina C que las naranjas y más potasio que los plátanos. La fruta verde (no madura), flores y hojas contienen del 5-10 % de proteína.

Las hojas también pueden utilizarse como forraje para toda clase de ganado. En México se llegó a la conclusión de que el costo de alimentación del ganado fue 10 veces menor cuando se utilizó moringa, que cuando se alimentó con alimentos balanceados (Pérez, 2011).

También son comestibles sus grandes vainas cuando están tiernas; se cuecen y se les quita la fibra exterior, dejando una pulpa suave de un sabor exquisito semejante al de los espárragos. Sus semillas y flores también son comestibles lo mismo que las raíces.

Su cultivo y consumo es alentado por organizaciones de ayuda humanitaria en países donde amenaza la hambruna, ya que permite alimentar a bajo costo, con rapidez y eficacia a gran número de personas. Habría que hacer campañas de difusión para inculcarle a la gente formas de cocción y/o de preparación para que resulten atractivas al paladar mexicano.

Además de nutritivas, las semillas de moringa oleifera se utilizan para elaborar biodiesel.

El problema principal que se presenta a los agricultores de moringa se asocia con el ataque de la oruga de *Noorda trimaculalis*, ya que la plaga destruye en una semana las hojas de la planta entera de una población (Beyene, 2005).

En Sinaloa, el inventario de árboles de la región es muy limitado; por lo que se requiere de la importación de semilla certificada proveniente de materiales foráneos para poder contar a futuro con un banco de germoplasma más amplio que pudiera ofrecer ventajas competitivas respecto a los biotipos locales.

Demanda

Consolidar un proyecto que permita contar con la información básica del cultivo de moringa, y lograr que productores, investigadores e interesados en la agroenergía aborden el tema para evaluar el potencial de este cultivo como fuente para bioenergéticos.

Objetivo general

Caracterizar, evaluar y determinar el potencial agronómico y energético de moringa para la producción de insumos bioenergéticos, asociada a la producción de forrajes y alimentos.

Objetivos específicos

- Estudiar las características botánicas, morfológicas y bioquímicas de la planta de moringa como cultivo bioenergético en México.
- Desarrollar tecnologías sustentables para la moringa como cultivo bioenergético en México.
- Evaluar la competitividad del cultivo de moringa como cultivo bioenergético en México.
- Identificar genotipos de moringa con potencial para producción de bioenergéticos en México.
- Ensayar diferentes procesos para obtención de biodiesel a partir de moringa en México.
- Determinar los usos potenciales de coproductos de moringa antes y después de la extracción de aceite, especialmente para la alimentación humana y animal.
- Estudió sobre capacidad de reducción de metales pesados en aguas residuales o para potabilizar.

Justificación

Moringa es una planta leñosa, popular en regiones tropicales y subtropicales. Tiene flores bisexuales con pétalos blancos, estambres amarillos, perfumadas, se puede reproducir por estacas o semillas. Frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud, que contienen de 12 a 25 semillas por fruto (Foidl et al., 2003).

El rendimiento obtenido por hectárea es de 3000 kg de semillas equivalente a 900 kg de aceite por hectárea, comparable con la soya que también rinde 3000 kg de semillas/ha pero sólo el 20% de aceite (Falasca y Bernabé, 2009).

Es una especie no tóxica que tiene múltiples usos, tales como alimentos, medicinas, alimentación y biocombustibles. Moringa prospera en una amplia gama de temperaturas de 0 a 40° C, y precipitaciones de 250-1000 milímetros, razón por la cual puede implantarse en diferentes regiones de México. Al ser

tolerante a la salinidad, el anegamiento, la sequía, y leves heladas, puede implantarse bajo diferentes tipos de suelos. Los árboles comienzan a producir después de 6-8 meses y producen flores y frutos todo el año bajo condiciones de clima tropical.

Las semillas contienen un 35-40 % de aceite, y la torta que queda luego de la extracción de aceite posee alto contenido en proteína bruta (casi el 60%), lo que la convierte en una fuente conveniente de alimento para animales. Se estima que 1 hectárea de moringa puede producir 1000-2000 L.año⁻¹ de biodiesel (Do Anh *et al.*, 2009). Hay tres ventajas principales de la producción de biodiesel a partir de *Moringa oleifera*, en comparación con aceites comestibles (Biswas, 2008).

1. En primer lugar, la forestación con moringa puede potencialmente aumentar la cobertura verde para secuestrar más CO₂ que otros cultivos oleaginosos no arbóreos (por ejemplo, colza).
2. En segundo lugar, la producción de biodiesel a partir del aceite de *Moringa oleifera*, reducirá la demanda de aceite comestible para la producción de biodiesel y disminuirá la presión sobre granos oleaginosos comestibles, evitando el aumento de precios y poder satisfacer la creciente demanda de alimentos.
3. En tercer lugar, estas plantas perennes al ser tolerantes a la salinidad, inundaciones y sequías no compiten con las tierras destinadas a cultivos comestibles. Una gran superficie de tierras afectadas por salinidad moderada podrían ser potencialmente dedicadas al cultivo, aumentando la productividad de las tierras a la vez de producir el secuestro de carbono, mitigando el cambio climático.

Moringa es un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales y permiten el cultivo mecanizado. Esta es la única forma de cultivo en climas templados que registran heladas de -4°C o superiores.

Es una especie de muy rápido crecimiento. Bajo condiciones de clima tropical y en países donde no se consumen las hojas, las mismas se emplean para producir bioetanol. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas.

El INIFAP inició investigaciones sobre esta especie con enfoque multipropósito en diferentes regiones geográficas de México, principalmente Sonora, Yucatán, Jalisco y Chiapas. En Ciudad Obregón, Sonora, la Fundación de Apoyo Infantil Sonora, mantiene plantaciones con fines alimenticios (INIFAP, 2011). Falta investigación en otras áreas como es el caso de biocombustibles líquidos (biodiesel y bioetanol) y otras energías renovables.

Logros y avances

El árbol se valora fundamentalmente por sus vainas tiernas y comestibles, de gusto similar al espárrago. En la India se exportan frescas, refrigeradas y enlatadas a lugares donde existen comunidades hindúes. Las semillas tienen sabor a cacahuete al freírlas y pueden consumirse también crudas. La semilla contiene de 31-47% de aceite. El aceite puede ser empleado para consumo humano, fabricación de jabones, cosméticos, como lubricante, etc.

Estudios realizados en Brasil, luego de la extracción del aceite de la semilla con hexano, arrojó un índice de acidez de 7.95 mg KOH/g; dicho aceite contiene un 7% de ácido palmítico, 2 % de palmitoleico, 4% de esteárico, 78% de oleico, 1% de linoleico, 4% de araquídico, y 4% de behénico. Esa alta concentración de ácido oleico torna al aceite adecuado para obtención de biodiesel, con un bajo tenor de insaturación. Ello indica su buena calidad por su estabilidad a la oxidación, facilitando el transporte y almacenamiento. Romero *et al.*, (2011) perfilan a la moringa como una de las fuentes más prometedoras de aceite para la producción de biodiesel, por su estabilidad, resistencia a la rancidez y bajo contenido de ácidos grasos libres

La torta se puede emplear como fertilizante ya que es rica en nitrógeno. El tratamiento del agua es tal vez el potencial más espectacular de los productos de Moringa. Las semillas de varias especies de Moringa (especialmente *M. oleifera* y *M. stenopetala*) contienen un polielectrolito catiónico que ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de aguas, como sustituto del sulfato de aluminio y otros floculantes. Sus ventajas son: 1) puede ser utilizado como un sustituto de producción local de floculantes importados, reduciendo así los gastos de divisas de los países del tercer mundo, 2) el floculante de Moringa, a diferencia de sulfato de aluminio, es totalmente biodegradable, 3) es más fácil y más seguro de usar que floculantes químicos, porque su eficacia no depende del pH y la dosificación excesiva (Saint Sauveur (de), 2001).

Como el floculante es una proteína que queda en la torta de semillas después de la extracción del aceite, esto permite asignar un doble valor de las semillas. Por otra parte, la extracción del aceite mejora la eficiencia de floculación cuando el polvo de la semilla es usado, ya que la presencia de grasa provoca la obstrucción de filtros y la flotación (Saint Sauveur (de), 2001).

Las raíces poseen un sabor picante y se emplean como aderezo después de peladas, secadas y colocadas en vinagre. La corteza de las raíces se debe eliminar porque contiene "moringina", una sustancia tóxica del mismo grupo que la efedrina (Falasca y Bernabé, 2009).

Las hojas se pueden emplear para obtener bioetanol y biogás. Las podas son necesarias para estimular la producción de hojas frescas, incluso la *M. oleifera* admite que se le elimine toda la copa por completo (Falasca y Bernabé, 2009). La leña es un combustible aceptable, ya que proporciona 4600 kcal/kg (Falasca y Bernabé, 2009).

La importancia del uso como forrajera se debe a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento en producción de biomasa fresca. Sus

hojas y tallos presentan un 23 y 9% de proteína cruda respectivamente, mientras que la digestibilidad encontrada fue del 79 y 57%, respectivamente.

El caso del cultivo de la moringa, que se caracteriza por ser un grupo de plantas con un alto contenido de ácido behénico, que presenta como característica principal un ácido graso saturado con una longitud de cadena de 22 átomos de carbono, lo que lo provee de una mayor estabilidad y resistencia a la rancidez, aspecto de gran importancia a considerar para la elaboración de biodiesel.

En Sinaloa, así como en otras partes del país, existen ejemplares de *Moringa oleifera*. Actualmente, el árbol *Moringa* ya se siembra en toda la costa del Pacífico mexicano, desde Sonora y Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca (Olson, 2011).

Fundaciones Produce Sinaloa ha demostrado la factibilidad técnica y económica del cultivo intensivo de *Moringa oleifera* bajo condiciones de temporal en el centro de Sinaloa, con una densidad de siembra de 250 mil plantas por hectárea. Los rendimientos de forraje fresco alcanzaron las 80 toneladas por hectárea equivalentes a 14.54 toneladas de materia seca, lo que es mayor a lo obtenido con alfalfa y sorgo. También el forraje seco de *Moringa oleifera* contiene proteínas, fibra cruda, grasas, cenizas y humedad que dependen en mayor medida de la edad de la planta que del régimen de riego. Se recomienda programar el primer corte entre los 60 y 75 días para obtener el mayor rendimiento en proteínas posible, seleccionándose a los 68 días como el momento más apropiado de cosecha (Pérez, 2011).

Productos esperados

1. Mapas digitales de las regiones actualmente implantadas con moringa y regiones con potencial productivo de moringa en México.
2. Catalogo ilustrado de moringa como cultivo bioenergético, con descripción morfológica, características agronómicas y bioquímicas de colectas realizadas según potencial productivo.
3. Manual del proceso: Producción de biodiesel a partir de moringa
4. Guía de componentes tecnológicos agrícolas: siembra, labores culturales, cosecha, y manejo poscosecha de moringa.
5. Informe de rentabilidad, competitividad y sustentabilidad económica y ambiental del cultivo en las regiones con aptitud potencial para moringa.
6. Evaluación detallada del balance de energía y de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el ciclo de vida del biodiesel obtenido de moringa
7. Al menos un genotipo de moringa seleccionado y probado con potencial bioenergético destacado
8. Un folleto tecnológico digital e impreso sobre genotipo(s) de moringa con potencial para producción de bioenergéticos.
9. Un reporte sobre el potencial como floculante en aguas, contribuyendo a la purificación de las mismas, sobre todo para áreas rurales y reporte sobre capacidad de reducción de metales pesados (Cadmio, Plomo y

- Mercurio), reporte de demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales antes y después de aplicar la harina de moringa.
10. Estudio sobre la factibilidad de obtener biogás y transformación a biocombustibles sólidos con los residuos de podas.
 11. Reporte de otros usos de coproductos

Literatura citada

- Beyene, D. 2005. Genetic variation in *Moringa stenopetala* germplasm of Ethiopia by using RAPD as genetic marker. Addis Ababa University School of Graduate studies. 51pp
- Biswas, W. 2008. Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from *Moringa Oleifera* Oilseeds. Centre of Excellence in Cleaner Production Curtin University of Technology. Perth, Australia. 20 pp
- Do Anh N., Anh Phong N., Nghia N. and Thi Khanh T., Dang P., Viet V. and Van Chuc H. 2009. Status and potential for the development of Biofuels and rural renewable energy Vietnam. Status and potential for the development of biofuels and rural renewable energy: Viet Nam. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank p.p.60.
- Falasca, S.L. y Bernabé, M.A. 2009. Zonificación agroclimática de la moringa (*Moringa oleifera*) en Argentina para producir biodiesel y bioetanol. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13:11.65-11.370
- Foidl, N.; Mayorga, L. y Vásquez, W. 2003. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Obtenida en junio de 2011 en :<http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foidl16.htm> (1 von 5) [19.05.03 17:07:35]
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias) en el Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. 2011. Moringa Oleífera: una especie vegetal con potencial de uso en México. Campo experimental Rosario Izapa, Desplegable Informativo Núm. 10
- Knothe, G.; Cermak, S.C. and Evangelista, R.L. 2009. Cuphea oil as source of biodiesel with improved fuel properties caused by high content of methyl decanoate. Energy and Fuels 23:1743–7.
- Olson, M. 2011. Estudian beneficios del árbol moringa. La jornada en la ciencia noticias online. <http://ciencias.jornada.com.mx/noticias/estudian-beneficios-del-arbol-moringa>. Consultado el 29 de junio de 2011.
- Pérez, R. 2011. *Moringa oleifera*: una alternativa forrajera para ovinos. Universidad Autónoma de Sinaloa y Fundación Produce Sinaloa A.C. 11pp
- Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., Knothe, G., 2008. Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel. Bioresour. Technol. 99, 8175–8179.
- Romero, C.; Vargas, J.M. y Soqui, A. Moringa una Planta para el Siglo XXI: la revista del patrón. Disponible en; <http://www.larevistadelpatron.com/vernota.php?artid=7226>
- Saint Sauveur (de), A. 2001. Moringa exploitation in the world: State of knowledge and challenges. Development potential for Moringa products October 29th - November 2nd 2001. Dar Es Salam, Tanzania.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Jaime Paz Arrezola
Secretario Ejecutivo SNITT

Teléfono **(55) 56398981**

Correo Electrónico jpaz@snitt.org.mx

Ing. Guillermo del Bosque Macías
Director General Adjunto de Bioeconomía

Teléfono **(55) 38711000 ext 40182**

Correo Electrónico guillermo.delbosque@sagarpa.gob.mx