



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2012-7

Única: “Validar híbridos de higuera para bioenergéticos en diferentes condiciones climáticas de México: de porte bajo, resistentes a plagas y enfermedades y para cosecha mecánica”

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, Acuacultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos”.

Estas demandas se han clasificado en el área estratégica:

I Temas Estratégicos Transversales

La Demanda Específica debe ser debidamente dimensionada y acotada a través de la siguiente estructura:

Es importante aclarar que se espera apoyar un solo proyecto por demanda específica, ya que el Macro Proyecto (multidisciplinario e interinstitucional) propuesto, debe cumplir con todos los productos esperados.

I. Demanda Única por Temas Estratégicos Transversales

Bioenergéticos

I. Título o tema a demandar

“Validación de híbridos de higuera para bioenergéticos en diferentes condiciones climáticas de México: de porte bajo, resistentes a plagas y enfermedades y para cosecha mecánica”

II. Beneficiarios del proyecto:

- A) Productores agrícolas interesados en establecer variedades híbridas de higuera adaptada a diferentes condiciones climáticas de México, con mayores rendimientos por hectárea de semilla y contenido de aceite, para su transformación en aceites y biocombustibles.
- B) Productores que cuentan con terrenos subutilizados, degradados o que no cuentan con cultivos económicamente viables en su región, lo que permitirá detonar la producción y reactivar el cultivo de higuera en México, con lo que se contribuirá a desarrollar la investigación de esta especie en materia de bioenergéticos. Además, la producción de este cultivo permitiría obtener ingresos en particular a los pequeños agricultores, a los trabajadores de las plantaciones que la producen y a los involucrados en las cadenas de valor de la producción del insumo bioenergético y su transformación.

III. Antecedentes

Ricino (*Ricinus communis* L.), especie monotípica de la familia *Euphorbiaceae* con $2n=20$ cromosomas, es una oleaginosa importante no comestible. Las semillas de ricino contienen más de 45% de aceite y éste es rico en ácido ricinoleico (80 a 90%). El aceite de ricino es ampliamente utilizado por sus propiedades lubricantes y fines medicinales. En la industria, el aceite de ricino se utiliza para la fabricación de jabones, lubricantes, fluidos hidráulicos y de frenos, pinturas, tintes, recubrimientos, tintas, plásticos, nylon, productos farmacéuticos, y perfumes (Goodarzi *et al.*, 2012). También se ha propuesto como una fuente potencial de biodiesel por su alto contenido de aceite de sus semillas y la facilidad con la que se puede cultivar en ambientes desfavorables (Chan *et al.*, 2010).

Este es un arbusto perenne tropical que se originó en África, pero ahora se cultiva en muchas regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo; presenta polinización natural cruzada, pues es una especie monoica (Chan *et al.*, 2010). Una vez establecido, la higuera puede propagarse rápidamente y llega a ser considerado una maleza invasora en muchos países (Goodarzi *et al.*, 2012). Se considera generalmente de polinización cruzada, variando desde

el 5 al 36% dependiendo de las condiciones de clima, aunque es posible la autopolinización por ser monoica (Duke, 1983). Se sabe que el modo de polinización frecuente es anemófilo, aunque algunos estudios indican cruzamiento lejano.

Aunque el género *Ricinus* es considerado monotípico, es muy variable en su hábito de crecimiento, color del follaje y tallos, tamaño de semilla, y contenido de aceite. Debido a la creciente demanda de ricino en muchos países, la mejora de las variedades está atrayendo una gran atención de los obtentores de variedades. El éxito de variedades en superioridad de rendimiento está limitado por una baja variabilidad genética en productividad y fuentes de resistencia a enfermedades y plagas (Goodarzi *et al.*, 2012). La mayoría de los tipos de plantas son perennes de gran tamaño, que a menudo se convierten en pequeños árboles en zonas tropicales o subtropicales; sin embargo, suele ser más pequeño y crecer de forma anual en las zonas propensas a las heladas. Es obvio que el ricino exhibe gran diversidad fenotípica y plasticidad fenotípica a factores ambientales; sin embargo, poco se sabe acerca de la diversidad genética del ricino y de la base genética de su plasticidad fenotípica.

La planta requiere de 140 a 180 días de estación de crecimiento y es fácilmente eliminada por las heladas. Se ha reportado que tolera precipitaciones anuales desde los 200 a los 4290 mm, temperaturas promedio anuales de 7 a 27.8°C y pH de 4.5 a 8.3. Como cultivo irrigado requiere de 0.6 a 1 m de lámina en su ciclo para obtener rendimientos satisfactorios. En Estados Unidos se aplican de 1,500 a 2,000 metros cúbicos de agua por hectárea durante el ciclo del cultivo (Duke, 1983). Para el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) las zonas de potencial productivo alto son las que presentan una temperatura media anual entre 15 y 30°C, una precipitación anual de 400 a 1000 mm, con una altitud de 0 a 1800 metros sobre el nivel del mar y con suelos de textura media gruesa con buen drenaje (Rico, 2011). Por otra parte, se han realizado pruebas de siembra en no labranza y en riego limitado con resultados prometedores (Ramos, 2008; Raj, 2009).

Para el año 2009 la superficie cultivada a nivel mundial fue de 1,473,751 ha con una producción total de 1,499,111 ton, lo que da una producción promedio cercana a la tonelada por hectárea (FAOSTAT, 2010). Este cultivo tiene el mayor potencial en las zonas áridas y alejadas donde, debido al elevado precio de insumos como los fertilizantes y los costos del transporte, no es competitiva la producción de alimentos. Sin embargo, para obtener cosechas sostenidas en suelos degradados de las zonas áridas, se requieren insumos tales como agua y fertilizantes.

IV. Problemática

Históricamente, el germoplasma (semillas y otros materiales de reproducción) de los principales cultivos agrícolas se llevó a cabo prácticamente en común por todos los productores. A partir de 1930 algunas variedades de plantas están protegidas por las patentes o títulos de obtentor de plantas, pero la protección se aplicaba sólo a las variedades de multiplicación clonal como los

árboles frutales o tubérculos. Las semillas compradas en el mercado podrían ser utilizadas libremente para ulterior mejora por productores privados, productores de universidades y las empresas de semillas. Aunque una protección más fuerte se presentó a los productores de semillas contra el uso no autorizado de nuevas variedades, la aplicación se ha visto obstaculizada por la dificultad de identificar germoplasma patentado, como es el caso de las semillas padre de una variedad comercial nueva. Sólo las semillas híbridas fueron protegidas contra este tipo de apropiación indebida (Wright, 1998).

En los últimos 20 años, se han hecho posibles formas de protección de patentes, que van desde secuencias de ADN a las plantas enteras y que incluyen herramientas esenciales y las técnicas de la ingeniería genética. Los avances en las técnicas de ADN recombinante han reforzado estos nuevos derechos de propiedad con las tecnologías para su aplicación. Estos tienen consecuencias importantes para los agricultores en todo el mundo.

Las características de floración que presenta esta especie hacen posible la producción de híbridos a bajo costo. Se puede esperar que las plantas procedentes de estos cruzamientos presenten alto vigor híbrido. Actualmente el país importa semilla para siembra de este cultivo (de elevado costo) de Israel y Brasil, bajo el concepto de variedades híbridas.

En México se requiere desarrollar y validar variedades híbridas de alto rendimiento de semilla y aceite adaptadas a las diversas condiciones del país. Asimismo, los genotipos requieren de los cultivos adecuados para la expresión de su potencial, por lo que se requiere también establecer un sistema de cultivo o “paquete tecnológico” idóneo, con énfasis en ciclo anual, alta densidad de siembra, labranza de conservación y cosecha mecanizada.

V. Logros y avances

Anteriormente, la mejora genética de la higuera se limitaba a la explotación de su variabilidad genética con base en poblaciones de origen natural y la selección limitaba de los caracteres de interés para los seres humanos. Los métodos de selección y pedigrí han sido empleados para el desarrollo de genotipos élite con atributos deseables. La India ha hecho progresos significativos en el desarrollo de híbridos durante las últimas tres décadas. Basado en líneas pistiladas TSP-10, el primer híbrido de higuera fue GCH-3. Posteriormente, el desarrollo de línea pistiladas, VP-1, basado en TSP-10R, ha dado un nuevo impulso al desarrollo híbrido, que se tradujo en la liberación de tres híbridos (Gauch-1, GCH-2 y GCH-4) durante 1990 y más tarde diez híbridos con más alto rendimiento. Sin embargo, el cultivo extensivo de las variedades e híbridos bajo diferentes prácticas de manejo los ha hecho vulnerables a una serie de factores bióticos y abióticos. Las principales enfermedades que atacan al cultivo incluyen: marchitez (*Fusarium oxysporum ricini* spp), pudrición de la raíz (*Macrophomina phaseolina*), tizón bacteriano (*Xanthomonas ricini*), botrytis, pudrición gris, tizón foliar (*Phytophthora colocasiae*). Las plagas de importancia económica son lepidópteros (*Achoea Janata*), barrenador de la cápsula (*Dichrocrocis punctiferalis*),

Spodoptera litura, oruga peluda roja (*Amsacta albistriga*), jassids (*Empoasca flavescens*), y mosca blanca (*Trialeurodes ricini*) (Sujatha et al., 2008)

Lo anterior lleva a tomar en cuenta que al generar un híbrido, éstos deberán ser tolerantes o resistentes a factores bióticos y abióticos.

VI. Propósito de la Demanda

Validar híbridos de higuera para bioenergéticos en diferentes condiciones climáticas de México: de porte bajo, resistentes a plagas y enfermedades, de ciclo anual y para cosecha mecánica.

VII. Objetivos

Objetivo General:

Evaluar y validar híbridos de higuera para bioenergéticos en diferentes condiciones climáticas de México; con características de porte bajo, resistentes a plagas y enfermedades, de ciclo anual y para cosecha mecánica; con un paquete tecnológico que genere certidumbre en los productores agrícolas interesados en la producción de insumos para bioenergéticos.

Objetivos Particulares

1. Identificar germoplasma con alta calidad para incorporar sus cualidades a los parentales para la producción de híbridos de higuera en México.
2. Identificar, mediante marcadores moleculares, características deseables.
3. Evaluar y validar variedades híbridas de higuera en los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México; con porte bajo, frutos indehiscentes, alto rendimiento agronómico y elevado contenido de aceite, ciclo anual y cosecha mecanizada.
4. Realizar ensayos para estudiar la interacción genotipo-ambiente de los híbridos generados en México.
5. Producir semillas híbridas de higuera para siembra semicomercial en México.
6. Desarrollar y probar, a nivel semicomercial, paquetes tecnológicos sustentables para los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México.
7. Implementar la tecnología de labranza de conservación, con énfasis en no labranza, en los paquetes recomendados con híbridos de higuera.
8. Capacitar a productores, de los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México, interesados en la producción semicomercial con el uso de los híbridos validados y el sistema de labranza de conservación y cosecha mecanizada.
9. Evaluación de cabezales, así como las adaptaciones y ajustes necesarios, para la cosecha mecánica de los híbridos validados en los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México.

10. Desarrollar los balances de energía de los paquetes tecnológicos para cada una de los agroambientes potenciales para la producción de higuierilla en México.
11. Analizar bioquímicamente el aceite de las nuevas variedades de higuierilla validadas en cada uno de los agroambientes potenciales para la producción evaluados en México.
12. Analizar bromatológicamente la pasta o torta derivada de la extracción del aceite de la semilla de higuierilla de las nuevas variedades.
13. Realizar el análisis de rentabilidad de los híbridos validados.
14. Elaborar folletos técnicos del proceso de producción para los principales agroambientes en México.
15. Implementar eventos de transferencia de tecnología, en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de higuierilla con base en variedades híbridas, labranza de conservación y cosecha mecanizada.

VIII. Justificación

La higuierilla (*Ricinus communis*) presenta un amplio potencial para producir insumos bioenergéticos de calidad en condiciones marginales del país. La presencia de materiales silvestres, así como el cultivo tradicional (criollos) es indicativa de gran adaptabilidad y adaptación de la especie.

En la transición energética del país, se deberán considerar especies productoras de aceites no comestibles, que impulsen el desarrollo rural y que propicien características deseables para la producción sustentable de biocombustibles que colaboren en la diversificación energética del país.

Actualmente, con el incremento de las superficies de este tipo de cultivos, se ha generado una demanda de variedades de higuierilla, que requiere ser atendida. Las importaciones actuales de semilla de siembra son de costo elevado y representan salida de divisas.

Por lo anterior, se requiere de la generación y validación de híbridos en el país, que se adapten a un sistema mecanizado desde la siembra a la cosecha y que permitan ampliar el área sembrada, la producción de aceite, la reducción de los costos de producción y la mitigación de gases de efecto invernadero. En este sentido, la producción y venta de semillas híbridas - la comercialización de "heterosis"-, sólo puede tener éxito si se cumplen los siguientes criterios (Duvick, 1999):

1. Los híbridos deben satisfacer las necesidades del cliente para todos los rasgos importantes. El simple hecho de ser "híbrido", o simplemente exponer "heterosis", no es suficiente.
2. El precio de la semilla híbrida debe ser lo suficientemente bajo para permitir al cliente obtener beneficios sustanciales de las inversiones anuales recurrentes en semilla híbrida. Una regla de oro es que un primer uso de semillas híbridas permite al agricultor obtener un beneficio adicional equivalente a por lo menos tres veces el costo adicional de la semilla.

3. El precio de la semilla híbrida debe ser lo suficientemente alto como para permitir que la empresa de semillas obtenga beneficios sustanciales de sus inversiones en investigación, producción y ventas. El éxito de las empresas de semillas es obtener un retorno de 10-15 % sobre el capital. Sus inversiones en investigación - uno de los gastos comerciales esenciales para una semilla basada en la investigación empresa - debe ser equivalente al 5-10 % de los ingresos por ventas.

IX. Productos a entregar

1. Informe técnico detallado sobre el germoplasma con alta calidad, identificado para incorporar sus cualidades a los parentales para la producción de híbridos de higuera en México.
2. Informe técnico sobre las variedades híbridas de higuera con porte bajo, frutos indehiscentes, de alto rendimiento agronómico y alto contenido de aceite, validadas en los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México.
3. Reporte sobre los ensayos para estudiar la interacción genotipo-ambiente de los híbridos generados en México.
4. Entregar semilla de al menos diez variedades híbridas de higuera para siembra semicomercial en los agroambientes potenciales para la producción en México.
5. Paquetes tecnológicos sustentables de al menos diez variedades híbridas para los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México.
6. Informe detallado de la tecnología de labranza de conservación, con énfasis en no labranza, con híbridos de higuera; en contraste con la tecnología de siembra tradicional.
7. Informe sobre cursos de capacitación a productores de los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México, interesados en la producción semicomercial de los híbridos desarrollados, bajo labranza de conservación mecanizada,.
8. Reporte de las evaluaciones de cabezales para la cosecha mecánica de los híbridos para la producción de higuera en México.
9. Reporte de balances de energía de los paquetes tecnológicos en cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción con híbridos de higuera en México.
10. Informe sobre la reducción de la generación de gases de efecto invernadero.
11. Reporte de la caracterización del aceite en las diez nuevas variedades híbridas generadas y validadas de higuera:
 - a) Contenido de aceite en porcentaje,
 - a) Perfil de ácidos grasos,
 - b) Viscosidad a diferentes temperaturas,
 - c) Índices de yodo,
 - d) Índice de acidez, y
 - e) índice de saponificación.

12. Analizar bromatológicamente la torta de higuera (subproducto después de extracción de aceite) de las nuevas variedades generadas y proponer una posible aplicación.
13. Reporte del análisis de rentabilidad (relación beneficio/costo) de los híbridos de higuera validados, así como del análisis de competitividad en comparación con otros cultivos de los agroambientes estudiados.
14. Folletos técnicos ilustrados en forma impresa y digital. Uno para cada uno de los principales agroambientes potenciales estudiados donde se evaluaron los híbridos de higuera.
15. Documentos como grabaciones, fotos e informes sobre eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de híbridos de higuera.
16. Folleto sobre la generación y validación de al menos diez variedades híbridas de alto rendimiento agronómico, calidad agroindustrial y con adaptación para cosecha mecánica, en los principales agroambientes potenciales para la producción de higuera en México.
17. Trámite de registro de al menos diez híbridos de higuera ante el SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas).

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

Al tener semillas híbridas de higuera, se logrará generar una mayor potencial de rendimiento y resistencia a estrés biótico y abiótico. Lo anterior se traduce en un mejor control de plagas, enfermedades, sequía y otras condiciones ambientales desfavorables, lo que permite producir en nuevas zonas y con mayores rendimientos y rentabilidad que las variedades tradicionales.

Social

Al tener los híbridos de higuera se permitirá el desarrollo de empresas mexicanas de semillas y fomentar que los agricultores, que hoy en día están probando con semillas híbridas de higuera de otros países, usen semillas híbridas nacionales; con menor costo, con características particulares para Bioenergéticos, adaptadas a las condiciones agroclimáticas de México, y para el cultivo bajo labranza de conservación mecanizado.

Tecnológico

La descendencia del híbrido de dos progenitores selectivamente cruzados es usualmente diferente a sus progenitores. Ellos son más grandes y producen semillas y frutos más grandes, o tienen algunas otras características deseables que los progenitores no poseen, como la alta productividad y calidad. Esta respuesta es conocida como vigor híbrido o heterosis y es una de las grandes ventajas de las variedades híbridas. Otra característica deseable (desde el punto de vista de la agricultura convencional) es la uniformidad genética: todas las semillas híbridas de un cruce particular tendrán el mismo genotipo, aspecto

que permite la mecanización del proceso de producción y en consecuencia incrementa su rentabilidad.

Ecológico

La siembra de semillas híbridas de higuierilla en zonas donde los suelos degradados, o áreas no aptas para cultivos básicos, reactivaría la economía de esas zonas sin alterar el ecosistema y la producción de alimentos. También, este tipo de proyectos busca el uso adecuado de fertilizantes (cantidad necesaria) para evitar alterar la rizosfera. Adicionalmente, el sistema de cultivo en labranza de conservación es una medida para evitar la erosión, lo que inclusive puede traducirse en un rescate o remediación de algunas zonas.

XI. Literatura citada

- Chan, A.; Crabtree, J.; Zhao, Q.; Lorenzi, H.; Orvis, J.; Puiu, D.; Melake-Berhan, A.; Jones, K.; Redman, J.; Chen, G.; Cahoon, E.; Gedil, M.; Stanke, M.; Haas, B.; Wortman, J.; Fraser-Liggett, C.; Ravel, J. and Rabinowicz, P. 2010. Draft genome sequence of the oilseed species *Ricinus communis*. *Nature biotechnology*. 28(9):951-956
- Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops. Unpublished
- Duvick DN. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis. In: Coors JG, Pandey S (eds) Genetics and exploitation of heterosis. Am Soc Agron, Madison, pp 1-13
- Goodarzi, F.; Darvishzadeh, R.; Hassani, A. and Hassanzaeh, A. 2012. Study on genetic variation in Iranian castor bean (*Ricinus communis* L.) accessions using multivariate statistical techniques. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6(7):1160-1167
- Ramos, N.P. et al. Seeding of castor vean (*Ricinus communis* L.) hybrid Lyra in no-tillage system. *Cienc. Agrop*. 2008
- Raj A.D., Patel B.S. and Mehta R.S. 2010. Effect of irrigation methods on growth, yield and economics of hybrid varieties of castor (*Ricinus communis*)
- Sujatha M, Reddy TP, Mahasi M. 2008. Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. *Biotechnol. Adv*. 26(5):424-435 .
- Wright B. 1998. Public germplasm development at a crossroads: Biotechnology and intellectual property. *California Agriculture* 52(6): 8-13

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Jaime A. Paz Arrezola
Secretario ejecutivo SNITT
Teléfono (55) 56398981
Correo Electrónico jpaz@snitt.org.mx

Ing. Guillermo del Bosque Macías
Director General de Fibras Naturales y Biocombustibles.
Teléfono (55) 38711000 ext 40182
Correo Electrónico guillermo.delbosque@sagarpa.gob.mx