ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2011-5

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, Acuacultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos".

Estas demandas se han clasificado en el área estratégica:

I Temas Estratégicos Transversales

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. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

Bioenergéticos

Demanda 1.1

Mejoramiento genético de sorgo dulce para generar variedades con alto rendimiento agronómico y alto contenido de azúcares para la obtención de bioetanol.

Beneficiarios del proyecto

Productores agrícolas interesados en establecer sorgo dulce en agroambientes potenciales en su producción para la obtención de bioetanol.

Antecedentes

La Ley de Promoción y Desarrollo de los bioenergéticos tiene como fin coadyuvar a la diversificación y seguridad energética y al desarrollo sustentable apoyando al campo mexicano a través de: a) Promover la producción de insumos para bioenergéticos; b) Fomentar la producción, comercialización y uso eficiente de los bioenergéticos; c) Promover el desarrollo regional y el de las comunidades menos favorecidas; d) Procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera; y e) Coordinar las acciones entre los Gobiernos Federal, Estatales, y Municipales, además de f) Promover la participación de los sectores social y privado.

Por otra parte el Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Insumos para Bioenergéticos establece que ante la creciente demanda de insumos para la producción de bioenergéticos, se presentan áreas de oportunidad para los productores rurales de nuestro país; a través de los siguientes cultivos: caña de azúcar, sorgo dulce, yuca, palma de aceite, piñón, higuerilla y algunos pastos, entre otros, así como el uso de rastrojos y derivados de la industria forestal, mismos que representan amplias posibilidades para la generación de bioenergéticos.

Cabe recalcar que existe un renovado interés en la utilización de los azúcares obtenidos de cultivos como materias primas para la producción de bioenergéticos. Entonces es necesario un cambio de perspectiva para mejorar unas especies para su uso como materia prima en el rubro de bioenergéticos: los cultivos deben ser considerados como sistemas vivos para la captura y almacenamiento de energía en lugar de simplemente como una única fuente de alimentos (Murray *et al.,* 2008).

El sorgo dulce pertenece a la misma especie domesticada [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] como grano, pero se ha seleccionado por acumular altos niveles de sacarosa en el parénquima de los tallos (Murray *et al.,* 2009). Los niveles de acumulación de azúcar pueden ser similares a los de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), un pariente cercano, aunque los estudios sobre el control enzimático y el transporte de carbono sugieren que el mecanismo de acumulación es diferente (Murray *et al.,* 2009). No está claro si existe un verdadero equilibrio fisiológico entre la producción de azúcar del tallo y reducción del rendimiento en grano, o si es simplemente porque la relación de cultivares de sorgo dulce nunca se han mejorado para características del grano. La posibilidad de que la producción de energía pueda ser maximizada por la mejora simultánea de rendimientos en granos y tallo, lo que se llama doble propósito, no se ha realizado. Debido a que los cultivares elite de sorgo tradicionalmente han sido utilizados para un solo uso (es decir, el grano para el consumo humano o animal; el tallo para la producción de jarabe, o forraje-ensilaje para la alimentación animal), poco se sabe sobre los efectos fisiológicos entre la producción de azúcar del tallo y rendimiento en grano (Murray *et al.,* 2008).

En México, a partir de 2008 la SAGARPA ha impulsado los trabajos para el estudio de cultivos con potencial bioenergéticos, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se han seleccionado variedades de sorgo dulce y desarrollado tecnologías para su producción.

Problemática

El amplio rango de variabilidad en grados Brix, el porcentaje de sacarosa, el rendimiento del tallo y el rendimiento de biomasa en sorgo dulce, indica que existe un alto potencia para el mejoramiento genético de este cultivo (Reddy *et al.,* 2005), a fin de obtener variedades con mejores características para obtener mayor cantidad de bioetanol.

Demanda

Desarrollar variedades de sorgo dulce con alto rendimiento de bioetanol en los diferentes agroambientes potenciales para su producción en México.

Objetivo general

Liberar variedades de sorgo dulce con alto rendimiento en agronómico y alto contenido de azucares para la producción de bioetanol en los diferentes agroambientes potenciales para la producción en México.

Objetivos específicos

1. Identificar el germoplasma con alta calidad agronómica para incorporar sus cualidades a las nuevas variedades.

2. Generar variedades con alto rendimiento de biomasa en campo y calidad agroindustrial para los principales agroambientes potenciales para la producción de sorgo dulce en México.
3. Caracterizar la composición bioquímica del jugo de sorgo dulce, así como determinar el rendimiento de etanol de las nuevas variedades generadas.
4. Generar paquetes tecnológicos para producción de las nuevas variedades de sorgo dulce en cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.
5. Realizar los balances de energía de los paquetes tecnológicos para la producción de las nuevas variedades generadas en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.
6. Realizar el análisis de rentabilidad de la producción en las nuevas variedades generadas.
7. Elaborar folletos técnicos.
8. Implementar eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.

Justificación

El sorgo dulce es utilizado como un insumo para la producción de biocombustibles, es por ello que se deriva la necesidad de establecer mejoramiento genético con el fin de aumentar la producción de bioetanol.

Logros y avances

El genoma del sorgo ha sido recientemente secuenciado (Lam *et al.,* 2009). El sorgo y la caña de azúcar pertenecen a la misma subtribu, *Saccharinae*, dentro de la familia de las gramíneas *Poaceae* y son parientes cercanos el uno al otro, comparten un ancestro común cerca de 8-9 millones de años. La secuenciación genómica del sorgo ofrece oportunidades sin precedentes para la investigación genómica de caña de azúcar (Wang *et al,* 2010).

Productos esperados

1. Generación de al menos una variedad de alto rendimiento agronómico y calidad agroindustrial en los principales agroambientes potenciales para la producción de sorgo dulce en México.
2. Reporte de caracterización bioquímica sobre jugo y rendimiento de etanol.
   a) ºBrix
   b) Azucares totales
   c) Azucares reductores
   d) pH
   e) Compuestos fenólicos
   f) Estimación de rendimiento de etanol.

3. Paquetes tecnológicos para la producción de la(s) nueva(s) variedad(es) de sorgo dulce en los principales agroambientes potenciales evaluados para su producción en México.
4. Reporte de balances de energía de los paquetes tecnológicos en cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.
5. Reporte del análisis de rentabilidad de la(s) nueva(s) variedad(es) de sorgo dulce generadas.
6. Folletos técnicos ilustrados en forma impresa y digital, uno para cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.
7. Eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientales potenciales evaluados para la producción de sorgo dulce en México.

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
(55) 38711000 ext 40182
Correo Electrónico guillermo.delbosque@sagarpa.gob.mx

Literatura citada

Murray, S.C.A.; Sharma, W.L.; Rooney, P.E.; Klein, P.E.; Mullet, J.E.; Mitchell S.E. and Kresovich, S. 2008. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock I: QTL for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. *Crop Science.* 48:2165-2179

Murray, S.C.; Rooney, W.L.; Hamblin, M.T.; Mitchell S.E. and Kresovich S. 2009. Sweet *sorghum* genetic diversity and association mapping for brix and height. *Plant Genome.* 2:48–62

Reddy, B.V.S; Ramesh, S.; Reddy, S.P.; Ramaih, B.; Salimath, P.M. and Kachapur, R. 2005. Sweet sorghum-a potential alternative raw material for bio-ethanol and bio-energy. *Int. Sorghum Millets Newslett.*46**:**79–86

Lam, E.; Shine, J.Jr.; da Silva, J.; Lawton, M.; Bonos, S.; Calvino, M.; Carrer, H.; Silva-Filho, M.C.; Glynn, N.;Helsel, Z; Ma, J.; Richard,E.Jr.; Souza, G. and Ming, R. 2009. Improving Sugarcane for Biofuel: Engineering for an even better feedstock**.** *Global Change Biology Bioenergy.* 1:251-255.

Wang, J.; Roe, B.; Macmil, S.; Yu, Q.; Murray, J.E.; Tang, H.; Chen, C.;Najar, F.; Wiley, G.; Bowers, J.; Van Sluys, M-A.;Rokhsar, D.S.; Hudson, M.E.; Moose, S.P.; Paterson, A.H. and Ming, R. 2010. Microcollinearity between autopolyploid sugarcane and diploid sorghum genomes. *Genomics.*11:261

Demanda 1.2

Mejoramiento genético de jatropha para generar variedades de maduración homogénea en fruto, alto rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiesel.

Beneficiarios del proyecto

Productores agrícolas interesados en establecer *jatropha* en agroambientes potenciales en su producción para la obtención biodiesel.

Antecedentes

De acuerdo a la Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos en el Artículo 19; La SAGARPA y la SENER apoyarán la investigación científica y tecnológica para la producción y uso de los bioenergéticos, así como la capacitación en estas materias y tendrán como propósitos esenciales: I) Fomentar y desarrollar la investigación científica para la producción sustentable de insumos destinados a la producción de bioenergéticos; II) Fomentar y desarrollar la investigación de tecnologías de producción, distribución y uso de los bioenergéticos; III) Satisfacer las necesidades de información de las diversas autoridades competentes; IV) Establecer procedimientos de evaluación para determinar el estado de la viabilidad de los proyectos para la producción de bioenergéticos, y V) Brindar elementos para determinar las condiciones en que deben realizarse la producción de bioenergéticos, de manera que se lleven a cabo en equilibrio con el medio ambiente.

Existe un creciente interés por las fuentes de energía renovables; siendo la producción de biocombustibles líquidos a partir de aceites vegetales una de las opciones posibles para reducir gases de efecto invernadero (GEI), se estimó que durante 2004-2005, la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales fue 2.36 millones de toneladas a nivel mundial. De esta cantidad, los países de la Unión Europea produjeron 1.93 millones de toneladas con expectativa de aumento en 30% anual y los EE.UU. produjo 0.14 millones de toneladas, que en conjunto representaron el 88% y el resto del mundo 0.29 millones toneladas para el 12% restante. La producción mundial de biodiesel se prevé que crezca a una tasa ligeramente superior a la del bioetanol y llegar a 24 mil millones de litros para convertirse en la parte más importante para el 2017 (Divakara *et al.,* 2010).

La *jatropha*, es una planta tropical que pertenece a la familia de las *Euforbiáceas*, se cultiva principalmente como cobertura en muchos países de América Latina, Asia y África (Haas y Mittelbach, 2000). El género *jatropha* tiene 175 especies conocidas (Misra y Misra, 2000).También se considera un árbol multipropósito (tiene propiedades medicinales y como una semilla

oleaginosa), de gran importancia económica. La planta está ampliamente distribuida en el medio silvestre o semicultivado en América Central y del Sur, África, India y Sudeste de Asia (Aregheore *et al.,* 2003). La planta es de tolerancia con el clima y el suelo, que la hace adecuada en el control de la erosión, así como para usos múltiples y en la generación de insumos para biocombustibles, lo que ha llevado a varios proyectos de investigación en todo el mundo. La semilla contiene un 40-60% de aceite con una composición de ácidos grasos similares a la de los aceites usados para la nutrición humana, otros reportes indican que el porcentaje de aceite fluctúa entre 27-40% (Achten*et al.,* 2007). Además, contiene un total de 19 a 27% de proteína cruda (Haas y Mittelbach, 2000) y Aregheore *et al.,* (2003*)* dice que va en un rango de 27-32%, la cual se puede obtener como torta, esta es un fuente de proteína ideal, con un contenido de aminoácidos esenciales aún mayor (excepto lisina) que la proteína que la FAO recomienda (Fennema, 1985). Sin embargo, los granos también contienen una serie de compuestos tóxicos o antinutricionales como es el caso de inhibidores de tripsina, lectinas, saponinas y fitatos que pueden provocar o agravar efectos adversos, pero la toxicidad a corto plazo de los granos se atribuye principalmente al contenido de esteres de forbol (Haas y Mittelbach, 2000).

Existen variedades no tóxicas de *jatropha* en México y América Central (Misra y Misra, 2010). En México, sólo aproximadamente el 10% del total de *jatropha* son no tóxicas y también se limitan a unas pocas regiones, mientras que el resto son tóxicos (Martínez-Herrera, 2006).

En México, a partir de 2008 la SAGARPA ha impulsado los trabajos para el estudio de cultivos con potencial bioenergéticos, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se han seleccionado genotipos de *jatropha y* desarrollado tecnologías para su producción.

Problemática

A nivel mundial, genotipos tóxicos de *jatropha* se están utilizados con mayor frecuencia para el establecimiento de extensas plantaciones, sin embargo existen varios genotipos no tóxicos en algunas partes de México, con los cuales se podrían mejorar las variedades de mayor potencial. Cabe señalar que los frutos maduros de *jatropha* conducen a una laboriosa selección de los no maduros en el momento de la cosecha, además de requerir mucha mano de obra lo que representa un costo elevado por este concepto, es por eso que se requiere mejoramiento genético de la *jatropha* para lograr una maduración más uniforme del fruto, mayor rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad.

Demanda

Con base en los trabajos anteriores sobre el estudio de la *jatropha* como insumo para la producción de biocombustibles, es necesario su mejoramiento genético, resolviendo problemas que los productores y científicos del país han detectado sobre el cultivo y con esto obtener variedades con una maduración

más uniforme del fruto, mayor rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiesel en cada uno de los principales agroambientes potenciales para la producción de *jatropha* en México.

Dada la demanda de aceites vegetales para biocombustibles y otras aplicaciones se busca el mejoramiento genético para desarrollar variedades, de *jatropha* para cada uno de los principales agroambientes potenciales de México, e integrarlos en el diseño de paquetes tecnológicos de alta productividad y rentabilidad.

Objetivo general

Formación de nuevas variedades con una maduración más uniforme del fruto, mayor rendimiento agronómico, alto contenido de aceite, baja toxicidad y balances positivos de energía para la producción de biodiesel.

Objetivos específicos

1. Identificar el germoplasma con alta calidad para incorporar sus cualidades a las nuevas variedades.
2. Generar variedades con una maduración más uniforme del fruto, mayor rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiesel en los principales agroambientes potenciales para la producción de *jatropha* en México.
3. Realizar los balances de energía de los paquetes tecnológicos para cada una de los agroambientes
4. Analizar bioquímicamente el aceite de las nuevas variedades de *jatropha* generadas en cada uno de los agroambientes potenciales para la producción evaluados en México.
5. Analizar bromatológicamente torta de aceite de *jatropha* (subproducto después de extracción de aceite) de las nuevas variedades generadas.
6. Caracterizar variedades sobre la maduración fruto-cosecha en los diferentes agroambiente potenciales para la producción de *jatropha.*
7. Desarrollar paquetes tecnológicos para la producción de las nuevas variedades en los principales agroambientes potenciales para la producción de *jatropha* en México.
8. Realizar el análisis de rentabilidad de las nuevas variedades generadas.
9. Elaborar folletos técnicos.
10. Implementar eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de *jatropha* en México.

Justificación

La *jatropha* puede ser utilizada como insumo para la producción de biodiesel, pero es necesario realizar su mejoramiento genético para aumentar su productividad y adaptación, y obtener otros subproductos de alto valor en la alimentación humana y animal.

México contiene la mayor diversidad de especies y genotipos del género *jatropha*, y las únicas poblaciones endémicas no tóxicas en el mundo. La base genética de *jatropha* de origen en África y Asia no está clara, y la información sobre el mejoramiento genético es escasa. Es urgente apoyar la investigación de este cultivo para lograr su mejoramiento genético, reducir la toxicidad, y facilitar su cosecha. La gran diversidad ambiental de México hace posible la selección de genotipos, su mejoramiento genético y el desarrollo de paquetes tecnológicos diferenciados para cada uno de los agroambientes principales con alto potencial de desarrollo del cultivo.

Logros y avances

A nivel internacional se considera que *jatropha* es una fuente potencial de materia prima para biodiesel, junto a la palma de aceite, la soya, la colza y el girasol, que producen aceites comestibles. Su uso potencial como materia prima para biodiesel ha sido bien estudiado. Debido a que no es un cultivo industrial domesticado, una gran cantidad de investigación está en fases iníciales. Los bajos rendimientos y la trabajosa cosecha han sido los factores principales para retrasar su comercialización masiva y se les ha destacado en muchas publicaciones como problemas a resolver. El genoma completo de la *jatropha* ya fue secuenciado, la información sobre las secuencias genómicas y marcadores de ADN está disponible en http://www.kazusa.or.jp/jatropha/ (Sato *et al.,* 2011).

Productos esperados

1. Generación de al menos una variedad de alto rendimiento agronómico y calidad agroindustrial en los principales agroambientes potenciales para la producción de *jatropha* en México.
2. Reporte de balances de energía de los paquetes tecnológicos en cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de *jatropha* en México.
3. Reporte de caracterización del aceite en las nuevas variedades generadas de *jatropha.*
    a) Contenido de aceite en porcentaje.
    b) Perfil de ácidos grasos
    c) Viscosidad a diferentes temperaturas
    d) Índices de yodo
    e) Índice de acidez
    f) índice de saponificación
4. Reporte del análisis bromatológico de torta de aceite y toxicidad:
    a) Porcentaje de proteína
    b) Identificación de proteínas por peso moleculares
    c) Aminoácidos esenciales
    d) Concentración de esteres de forbol, inhibidores de tripsina, lectinas, saponinas y fitatos
5. Reporte de caracterización de la(s) variedad(es) sobre la maduración fruto-cosecha en los diferentes agroambiente potenciales evaluados para la producción de *jatropha*

6. Paquetes tecnológicos para la producción de la(s) nueva(s) variedad(es) de *jatropha* en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción en México.
7. Reporte del análisis de rentabilidad de la(s) nueva(s) variedad(es) de *jatropha* generadas.
8. Folletos técnicos ilustrados en forma impresa y digital, uno para cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de *jatropha* en México.
9. Eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientales potenciales evaluados para la producción de *jatropha* en México.

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

Literatura citada

Achten, W.M.J.; Mathhijs, E.; Verchot, L.; Singh, V.P.; Aerts, R. andb Muys, B. 2007. Jatropha biodiesel fueling sustainability? *Biofuels, Bioproduction and Biorefining.*1:283-291.

Aregheore, E.M.; Becker, K. and Makkar, H.P.S. 2003. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas*using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats.*S. Pac. J. Nat. Sci.* 21:50–56.

Divakara, B.N.; Upadhyaya, H.D.; Wani, S.P. and Gowda, C.L.L. 2010. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Appl Energy*. 87:732-42.

Fennema O. 1985. Food Chemistry. Part I. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.

Haas, W. and Mittelbach, M. 2000. Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. *Ind. Crops Prod*. 12: 111-118.

Martínez-Herrera, J.; Siddhuraju, G.F.; Dávila-Ortiz, G. and Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas*L. from Mexico.*J. Food Chem*. 96: 80–89.

Misra, M. and Misra, A.N. 2010. Jatropha: The Biodiesel Plant Biology, Tissue Culture and Genetic Transformation – A Review. *Int. J. PureAppl. Sci. Technol.* 1(1): 11-25.

Ovando-Medina, I.; Espinosa-García, F.; Núñez-Farfán J. and Salvador-Figueroa, M.. 2009. Does biodiesel from *Jatropha curcas*represent a sustainable alternative energy source? *Sustainability.*1(4): 1325-1329.

Sato, Sh.; Hirakawa, H.; Isobe, S.; Fukai, E.; Watanabe, A.; Kato, M.; Kawashima, M.; Minami, Ch.; Muraki, A.; Nakazaki, N.; Takahashi, Ch.; Nakayama, S.; Kishida, Y.; Kohara, M.; Yamada, M.; Tsuruoka, H.; Sasamoto, Sh.; Tabata, S.; Aizu, T.; Toyoda, A.; Shin-i, T.; Minakuchi, Y.; Kohara, Y.; Fujiyama, A.; Tsuchimoto, S.; Kajiyama, SH.; Makigano, E.; Ohmido, N.; Shibagaki, N.; Cartagena, J.A.; Wada, N.; Kohinata, T.; Atefeh, A.; Yuasa, S.; Matsunaga, S. and Fukui, K. 2011. Sequence Analysis of the Genome of an Oil-Bearing Tree, *Jatropha curcas* L. *DNA Res. 18(1): 65-76 first published online December 13, 2010 doi:10.1093/dnares/dsq030*

Demanda 1.3

Mejoramiento genético de higuerilla para generar variedades con frutos indehiscentes, alto rendimiento agronómico y alto contenido de aceites para la obtención de biodiesel.

Beneficiarios del proyecto

Productores agrícolas interesados en establecer higuerilla en agroambientes potenciales en su producción para la obtención biodiesel.

Reactivar el cultivo de higuerilla en México, la cual en la actualidad es considerada como maleza en la mayoría de los estados del país y con ello contribuir a 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 molinos de oleaginosas subcontratados y a miembros de plantaciones comunitarias o a los trabajadores de las plantaciones privadas que lo producen.

Antecedentes

Con la visión de la Ley de Promoción y Desarrollo de los bioenergéticos se procura impulsar el desarrollo científico y tecnológico que permita ampliar las posibilidades productivas del sector, asegurando la transferencia de tecnología para otorgar un valor agregado a la producción agropecuaria y pesquera, brindar mayor certidumbre energética y mejorar la economía rural mexicana.

Lo anterior se logra con: 1) El establecimiento de acciones que permitan el desarrollo humano sustentable, social y patrimonial de las zonas rurales del campo mexicano, promoviendo la inversión y los esquemas de participación e integración de productores de insumos en la cadena de los Bioenergéticos; 2) Fomentando la diversificación de las actividades productivas, que permita a los productores agrícolas la oportunidad de impulsar la producción de insumos para bioenergéticos, garantizando

siempre la seguridad alimentaria; 3) Asegurando un bajo criterios de sustentabilidad, la producción de insumos y abasto de biomasa que demande la producción de los bioenergéticos; 4) Conformar una cadena competitiva en apego a los criterios de sustentabilidad, desarrollo humano, económico, ambiental y cultural; 5) Considerando nuevos arreglos de organización campo–industria, que aseguren el impulso de los bioenergéticos, dentro de la normativa y las economías de los sectores de consumo final.

La búsqueda de fuentes de energías renovables y limpias se ha convertido en una necesidad urgente, debido a los graves problemas ambientales que ha causado la liberación de contaminantes provenientes de la quema de combustibles fósiles y a la disminución de las reservas petroleras. Existen varias fuentes alternativas de energía que poseen un gran potencial para cubrir nuestras necesidades energéticas en el futuro, dentro de estas fuentes se encuentran: sol, viento, mareas, olas y biomasa; esta última ha cobrado gran importancia en los últimos años y dentro de ella ubicamos a los biocombustibles tales como biodiesel, bioetanol (Garcia-Cota *et al*., 2009) y bioturbosina.

El interés en la investigación de los biocombustibles se puede ver reflejado en el número de artículos y patentes que han generados entre 2000-2005, en Estados Unidos (26), patentes corporativas (19), Brasil (9), Hungría (7), Alemania (7) entre otras (Pinto *et al*., 2005). Contemplando varias fuentes de insumos para su obtención como: maíz, trigo, sorgo dulce, caña de azúcar, palma de aceite, *jatropha*, higuerilla por mencionar algunas.

La higuerilla o planta de ricino (*Ricinus communis*) se originó en Etiopía y poco a poco se disperso hacia el sur de África, la región mediterránea y las zonas cálidas de Asia, finalmente se estableció como una especie natural en la mayoría de las regiones de clima templado del mundo (García-Gonzáles *et al.,* 1999). Es de autopolinización y de polinización cruzada, los estudios en todo el mundo revelan una escasa diversidad genética entre el germoplasma de ricino (Chan *et al.,* 2010).

R. communis cuenta con un total de 22 subespecies y variedades así como un puñado de cultivares desarrolladas por horticultores ornamentales y cultivadores de plantas. Es la única especie en su género, también como en subtribu, *Ricinae,* en la tribu *Acalypheae*, subfamilia *Acalyphoideae* de la familia *Euphorbiaceae* (O'Connell*et al*., 2006).

Higuerilla es un arbusto de crecimiento rápido siempre verde que produce semillas con alto contenido de aceite (35-55%). Rendimientos extracción en frío 30-36% de aceite medido en peso, mientras que con prensado en caliente (>70°C) produce 38 a 48%.El aceite de ricino se ha utilizado por lo menos desde hace 6,000 años, el cual es de alta viscosidad se emplea actualmente para más de 700 productos, incluyendo medicinas, cosméticos, lubricantes, pinturas, y nylon. La higuerilla se trata de una planta resistente que se producen en condiciones donde otros cultivos fracasan. Se desarrolla así en el marco del las mismas condiciones que la *jatropha*. En el medio silvestre es una

planta perenne que lleva semillas de hasta 15 años y crece con el tamaño de un pequeño árbol; mientras que cuando se trata como cultivo crece normalmente de forma anual.

El aceite de ricino contiene aproximadamente 90% de sus ácidos grasos, como aceite de ricino y es la única fuente comercial de aceite de ricino. Debido a que el ricino contiene la toxina ricina y potentes alérgenos, es peligroso para cultivar, cosechar y procesar (Lin *et al.,* 2002). El aceite es no comestible, el cual tiene mucha importancia económica debido a su composición única (Chen *et al*., 2005). Semillas de ricino también se ha propuesto como una fuente potencial de biodiesel, el alto contenido de aceite de sus semillas y la facilidad con la que se pueden cultivar en ambientes desfavorables contribuyen a su atractivo como un cultivo en países tropicales en desarrollo (Chan *et al.,* 2010).

En 2008 se sembró higuerilla en unas 900,000 hectáreas en todo el mundo, de las cuales 760,000 en Asia, 120,000 en África y 20,000 en América Latina. Se estima que para el 2015 los cultivos llegarán a 12.8 millones de hectáreas (WEB REPORT ONU, 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.

En México, a partir de 2008 la SAGARPA ha impulsado los trabajos para el estudio de cultivos con potencial bioenergéticos, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se han seleccionado genotipos de higuerilla y desarrollado tecnologías para su producción.

Problemática

La higuerilla en América sigue siendo, una planta que necesita mejoramiento genético debido a que en algunos países como es el caso de México, la higuerilla presenta bajo rendimiento alrededor de 800 $kg \cdot ha^{-1}$ (Ruiz, 2009) mientras que países como Brasil presentan rendimientos de aproximadamente 1500 $kg \cdot ha^{-1}$(de Meneses *et al*., 2010); además que algunas genotipos presentan frutos dehiscentes dificultan la recolección de semillas y los de frutos indehiscentes son de porte alto dificultando la cosecha. Es sabido que higuerilla ayuda a los suelos debido a que sus raícese son bajas, llegan hasta la humedad en las profundidades del suelo y las raíces superficiales ayudan aglutinarlo y pueden aportar a reducir la erosión. Sus semillas se pueden convertir en un biodiesel menos contaminante que el de origen fósil y ofrecer a las familias rurales pobres un combustible para producir luz y cocinar. Además que las tortas de semillas obtenidas como producto secundario de este proceso pueden tener valor como fertilizantes una vez detoxificadas. A diferencia de otros cultivos biocombustibles importantes, como el maíz, no se utiliza como alimento y se puede cultivar en tierras marginales y degradadas, donde no crecen los cultivos alimentarios.

Demanda

Dada la demanda de aceites vegetales para biocombustibles y otras aplicaciones se busca consolidar el mejoramiento genético que permita el desarrollo y selección de variedades de higuerilla con porte bajo, frutos indehiscentes, alto rendimiento agronómico y alto contenido de aceite en los principales agroambientes potenciales para su producción en México.

Objetivo general

Generación de variedades con porte bajo, frutos indehiscentes, alto rendimiento agronómico y alto contenido de aceite y balances positivos de energía para la producción de biodiesel.

Objetivos específicos

1. Identificar el germoplasma con alta calidad para incorporar sus cualidades a las nuevas variedades.
2. Generar variedades de higuerilla con porte bajo, frutos indehiscentes alto rendimiento agronómico y alto contenido de aceite en los principales agroambientes potenciales para la producción en México.
3. Realizar los balances de energía de los paquetes tecnológicos para cada una de los agroambientes potenciales para la producción de higuerilla en México.
4. Analizar bioquímicamente el aceite de las nuevas variedades de higuerilla generadas en cada uno de los agroambientes potenciales para la producción evaluados en México.
5. Analizar bromatológicamente torta de aceite de higuerilla (subproducto después de extracción de aceite) de las nuevas variedades generadas.
6. Caracterizar materiales de ensayos aceite-ambiente para los principales agroambientes potenciales para la producción de higuerilla en México.
7. Desarrollar paquetes tecnológicos para la producción de las nuevas variedadeas en los principales agroambientes potenciales para la producción de *Jatropha* en México.
8. Realizar el análisis de rentabilidad de las nuevas variedades generadas.
9. Elaborar folletos técnicos.
10. Implementar eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de *jatropha* en México.

Justificación

Entre los aceites más investigados se encuentran el aceite de girasol, soya, canola, palma, higuerilla y grasas animales, siendo las tres primeras las más usadas para la producción de biodiesel en Europa y Norte América. En el plano nacional en el contexto de la política de sustitución de energéticos; el aplazar el agotamiento de reservas, evitar el alza en los costos por importación y disminuir el impacto por las emisiones gaseosas y de material particulado a la

atmósfera, representa para la industria de biocombustible, una enorme oportunidad como consecuencia del aumento del precio del petróleo.

Logros y avances

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés) y el FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola) también hacen hincapié en que debido al poco mejoramiento del ricino de América, la productividad de sus semillas, calidad de su aceite y su contenido oleaginoso son muy variables. La mayor parte que se cultiva hoy en día es tóxica, no se utiliza para el ganado, además que representaría un peligro para la salud humana. Se debe apoyar la investigación para obtener mejores variedades no tóxicas, semillas de calidad y prácticas agronómicas mejoradas, incluida la agricultura de conservación y el manejo integrado de plagas y de los nutrientes. Tomando como base estudios anteriores en donde se tiene selección de genotipos con característica con un alto rendimiento y con características agronómicas deseables.

Productos esperados

1. Generación de al menos una variedad de alto rendimiento agronómico y calidad agroindustrial en los principales agroambientes potenciales para la producción de higuerilla en México.
2. Reporte de balances de energía de los paquetes tecnológicos en cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de higuerilla en México.
3. Reporte de caracterización del aceite en la(s) nueva(s) variedad(es) generadas de higuerilla.
    a) Contenido de aceite en porcentaje.
    g) Perfil de ácidos grasos.
    h) Viscosidad a diferentes temperaturas.
    i) Índices de yodo.
    j) Índice de acidez.
    k) índice de saponificación.
4. Reporte del análisis bromatológico de torta de aceite y toxicidad de higuerilla:
    e) Porcentaje de proteína
    f) Identificación de proteínas por peso moleculares
    g) Aminoácidos esenciales
    h) Concentración ricina
5. Reporte de caracterización de la(s) variedad(es) sobre aceite-ambiente la en los diferentes agroambiente potenciales evaluados para la producción de higuerilla.
6. Paquetes tecnológicos para la producción de la(s) nueva(s) variedad(es) de higuerilla en los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción en México.
7. Reporte del análisis de rentabilidad de la(s) nueva(s) variedad(es) de higuerilla generadas.

8. Folletos técnicos ilustrados en forma impresa y digital, uno para cada uno de los principales agroambientes potenciales evaluados para la producción de higuerilla en México.
9. Eventos de transferencia de tecnología en los principales agroambientales potenciales evaluados para la producción de higuerilla en México.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

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 adjunto de bioeconomía
Teléfono **(55) 38711000 ext 40182**
Correo Electrónico guillermo.delbosque@sagarpa.gob.mx

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 Ricinuscommunis.*Nature biotechnology*. 28(9):951-956

Chen, G.; He, X. andMckeon, T. 2005. A Simple and Sensitive Assay for Distinguishing the Expression of Ricin and Ricinuscommunis Agglutinin Genes in Developing Castor Seed (R. communis L.). *J. Agric. FoodChem*. 53: 2358-2361

De Meneses, P.H.P.; de Sa Barreto, Y. and de Sa Barretto, E.V. 2010. Análise da competitividade da mamona para produção de Biodiesel no nordeste do Brasil. Rev. de Economia Agrícola, São Paulo, 57(1): 35-48

García-Cotaa, T. del N. J.; de la Cruz-Gonzalez, V. M.; Nájera-Martínez, I. y Sanchez-Daza O. 2009. Purificación de biodiesel obtenido de aceite de ricinus. *Superficies y Vacío.* 22(3): 20-23

García-Gonzáles, J.J.; Bartolomé–Zavala, B.; Trigo-Pérez, M. del M.; Barceló–Muñoz, J.M.; Fernández-Meléndez, S.; Negro-Carrasco, M.A.; Carmona-Bueno, M.J.; Vega-Chicote, J.M.;Munóz-Román, C.; Palacios-Peláez, R.; Cabezudo-Artero, B. and Martínez-Quesada, J. 1999. Pollinosis to Ricinuscommunis (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study. *Clinical and Experimental Allergy*. 29:1265-1275

Lin, J-T.; Chen, J.; Liao, L. and Mckeon, T. 2002. Molecular Species of Acylglycerols Incorporating Radiolabeled Fatty Acids from Castor

(*Ricinuscommunis*L.) Microsomal Incubations.*J. Agric. Food Chem.*50:5077-5081

O'Connell, K.P.; Leshin, J. A.; Weeks, A. and Skowronski E. W. 2006. Discovery and characterization of novel signatures from the *Ricinuscommunis* (castor bean) genome.Proceedings of the 25th Army Science Conference, Orlando, L.

Pinto, A.; Guarieiro, L.; Rezende, M.; Ribeiro, N.; Torres, E.; Lopes, W; Pereira, P. andAndradel, J. 2005. Biodiesel: an overview. *J. Braz. Chem. Soc.* 16(6b):1313-1330.

Ruiz, J. 2009. Cultivos asociados para enfrentar la crisis energético-ambiental en las zonas tropicales subhúmedas de México. CIIDIR Oaxaca, IPN. Presentado en el Congreso Estatal Agronómico, 28 de febrero 2009,Oaxaca, Oax., México

WEB REPORT ONU, 22 DE JULIO DE 2010. La ONU apuesta por la producción del ricino de América como biocombustible. http://www.portalautomotriz.com/content/site/module/news/op/displaystory/story_id/32647/format/html/