

Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos

Convocatoria 2011-7



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2011-7

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

I. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

Bioenergéticos

Demanda 1.1

Detoxificación de tortas derivadas de la extracción de aceite de *jatropha* e higuierilla en la elaboración de bioenergéticos.

Beneficiarios del proyecto

Productores, rurales, agroindustria y consumidores finales que puedan procesar o utilizar tortas derivadas de la extracción de aceite del procesamiento de *jatropha* e higuierilla para bioenergéticos, alimentación animal y/o abono orgánico de alta calidad.

Antecedentes

La definición de bioenergéticos establecida en la Ley de Promoción y desarrollo de los Bioenergéticos dice que son combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de la Ley; atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento.

Considerando la competencia entre el hombre y el ganado en la mayoría de los alimentos convencionales, los científicos se han centrado en algunos alimentos menos conocidos, sin comprometer la calidad de los alimentos tradicionales (Belewu *et al.*, 2010). Dentro del Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Insumos para Bioenergéticos, elaborado por el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el desarrollo sustentable (SNITT), en el apartado “**Evaluación de los productos y coproductos de la biomasa**” se establece dar valor agregado a los cultivos y coproductos empleados en bioenergéticos, mediante un amplio aprovechamiento de coproductos y residuos derivados de la producción de biodiesel, etanol y biogás, en la alimentación animal, humana y otros usos, lo cual incluye considerar la detoxificación de cultivos como *jatropha* e higuierilla.

La *jatropha* e higuierilla pertenecen a la familia botánica Euphorbiaceae.

El género *jatropha*, pertenece a la subfamilia *Crotonoideae* y consta de aproximadamente 175 especies, con ocho especies cultivadas en China.

***Jatropha curcas* L.**, es la más extendida de estas. Es nativa de México y América Central, pero se cultiva en muchos otros países de América Latina, los países asiáticos y africanos (Liu *et al.*, 2007). El aceite de sus semillas tiene usos nutricionales y culinarios. Las tortas derivadas de la extracción de aceite, tienen un alto potencial para complementar y sustituir a la harina de soya (Belew y Sam, 2010). Como fuente de proteína en la alimentación del hombre y animales no son utilizables debido al contenido de compuestos tóxicos en muchas variedades. Esta propiedad de *jatropha* es objeto de numerosas publicaciones (Haas y Mittelbach, 2000). En los últimos años, esta ha sido ampliamente propuesta como cultivo energético para satisfacer la demanda de biocombustible en muchos países tropicales y subtropicales.

***Ricinus communis* L.** (higuerilla) pertenece a la subfamilia *Acalyphoideae* que consta de un total de 22 subespecies y variedades así como un pequeño grupo de variedades desarrolladas por horticultores ornamentales y cultivadores de plantas. (O'Connell *et al.*, 2006). El comercio de aceite de ricino como un artículo se remonta a la antigüedad. El aceite se obtiene de la semilla. En comparación con otros aceites vegetales, tiene una larga vida de almacenamiento y no se vuelve rancio a no ser que sea sometido a un calor excesivo. India es a nivel mundial el mayor productor de aceite de ricino, otros grandes productores son China y Brasil (Ogunniyi, 2006), cabe mencionar que higuerilla se cultivó en México en el siglo pasado.

El residuo de la extracción del aceite, es la llamada torta que corresponde aproximadamente al 50% del peso de la semilla. La presencia de factores antinutricionales (ricina y ricinina) no permite la utilización de la torta como alimento para animales. Como contiene altas concentraciones de almidón, se dice que es una materia prima potencial para la producción de bioetanol, un estudio sobre el uso de la torta mostró que mediante un proceso de hidrólisis ácida y sacarificación enzimática se generó 75 g·L⁻¹ de azúcares reductores (Macedo *et al.*, 2011).

Problemática

Se ha generado un aumento en el aprovechamiento de los residuos orgánicos de diversos sectores de la agricultura para la industria en las últimas décadas, como es el caso de las tortas derivadas de la extracción de aceite, para su utilización en bioprocesos. Las tortas de aceites comestibles tienen un alto valor nutritivo, con un contenido de proteína entre el 15 y 50 % y se utilizan para la alimentación humana y animal. Las tortas de aceite no comestibles como es el caso de higuerilla y algunas variedades de *jatropha*, se están utilizar como fertilizantes orgánicos, sin embargo, los usuarios y expertos están preocupados por la aplicación de esas tortas como fertilizantes, debido a su toxicidad potencial, riesgos en la manipulación y disposición, además del impacto en las comunidades microbianas benéficas, insectos, invertebrados y etc.

Se ha dicho que para el caso de *jatropha* se desactiva su toxicidad por completo en 6 días; sin embargo, no se tienen datos fehacientes y

cuantitativos, ni se ha probado estos supuestos bajo condiciones experimentales ideales para tortas de *Jatropha* e higuierilla.

Semillas de variedades no tóxicas de *Jatropha spp.* se consumen como cacahuete por algunos habitantes en México, sin efectos adversos aparentes, lo que sugiere que la poca cantidad de esteroides de forbol de las variedades las hacen tóxicas. Sin embargo, los estudios epidemiológicos necesarios para emitir una relación, en su caso, entre la aparición de cáncer y el consumo de estas semillas, podría revelar el papel del consumo de estos bajos niveles de esteroides de forbol que son causa de cáncer (Gubitz *et al.*, 1997).

Demanda

El reto de los biocombustibles es implementar programas de manejo integrado de cultivos que maximicen su rentabilidad. A consecuencia de la producción de biocombustibles a partir de *Jatropha* e higuierilla, se generan tortas derivadas de la extracción de aceite, por lo que se demanda la detoxificación de dichas tortas y con ello evitar la generación de residuos e implementar usos en beneficio del medio ambiente y la salud.

Objetivo general

Lograr una mejor competitividad en el manejo del cultivo de *Jatropha* e higuierilla, mediante la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite tóxicas que permitan su aprovechamiento.

Objetivos específicos

- Analizar con pruebas rápidas la toxicidad de la torta derivada de la extracción de aceite en *Jatropha* e higuierilla.
- Determinar la toxicidad y métodos de evaluación de la torta derivada de la extracción de aceite de semillas de *Jatropha* e higuierilla en México.
- Evaluar los rendimientos de producción de torta derivada de la extracción de aceite contra porcentaje de aceite.
- Determinar la composición bromatológica de la torta derivada de la extracción de aceite antes y después de la detoxificación.
- Determinar nutrientes primarios o principales, nutrientes secundarios y micronutrientes que estén presentes en la torta derivada de la extracción de aceite de *Jatropha* antes y después de la detoxificación.
- Desarrollar y probar métodos de detoxificación y tecnologías de detoxificación de las tortas derivadas de la extracción de aceite de *Jatropha* e higuierilla.
- Desarrollar y comprobar la viabilidad técnica y económica de usos alternativos de la torta derivada de la extracción de aceite detoxificada para higuierilla y *Jatropha*.
- Elaborar folletos técnicos.
- Realizar eventos de transferencia.

Justificación

Algunos trabajos a nivel laboratorio sobre detoxificación de *Jatropha* sólo han tenido éxito a esa escala, ya que los procesos utilizados no son adecuados para pequeña y gran escala. Si los esteres de forbol se retiran de la torta de *Jatropha*, ésta podría ser un ingrediente rico en proteínas en la dieta humana y animal (Saetae y Suntornsuk, 2011), pero debe ser desintoxicada por completo y con calidad garantizada, por lo que, se espera que sea caro. Si la torta es detoxificada con tecnologías de costo menor al valor del producto final, los beneficios de los proyectos de *Jatropha* se aumentan significativamente. En la actualidad, la penetración exitosa de esta, como alimentación en animales a nivel comercial a un precio rentable parece dudosa, por lo que es fundamental el estudio en este rubro.

La torta de ricino tiene un alto valor nutricional por ser rica en proteínas, fibras, materia mineral y grasa. El alto contenido de proteínas también la hace una buena materia prima para la producción de aminoácidos, tales como arginina, cistina, fenilalanina, leucina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, tirosina, treonina, triptófano y valina. Por otra parte, la ricina, de la planta de higuera, es considerada una de las toxinas vegetales más potentes.

Logros y avances

Existen variedades no tóxicas de *Jatropha* que pueden ser utilizadas para la alimentación animal. El aceite de las variedades mexicanas no tóxicas se ha reportado que contienen cantidades insignificantes o bajas de esteres de forbol ($0.27 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ de aceite), mientras que las variedades tóxicas contienen $2.49 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ de aceite (Goel *et al.*, 2007). Sin embargo, existe un dilema: si se utilizan los genotipos no tóxicos, los problemas con plagas podrían ser una limitante, pues la interacción planta-herbívoros sería modificada sustancialmente. Existen alternativas para el uso de la torta como son la detoxificación física o enzimática para el uso como forraje y el compostaje para utilizar en la misma plantación (Ovando-Medina *et al.*, 2009). Dentro de los métodos utilizados para la detoxificación de la torta derivada de la extracción del aceite para *Jatropha* se tiene:

- 1) Calor húmedo a "121 °C/20-30min", esto solo inhibe curcina (Aregheore *et al.*, 1998);
- 2) El tostar semillas no tóxicas, reduce sólo el 50% de la lectina (curcina) e inactiva inhibidor de la tripsina (Makkar y Becker, 1999);
- 3) Variedad no tóxica, con "121°C/30min" reduce el inhibidor de la tripsina en un 83% y lectina 99% (Makkar y Becker, 1999);
- 4) Utilizar 121°C/30min y cuatro lavados con metanol al 92%, reduce los esteres de forbol (Aregheore *et al.*, 2003);
- 5) Tratar con hidróxido de sodio más hipoclorito de sodio y 121°C/30min (Aregheore *et al.*, 2003);
- 6) Para inhibir tripsina se utiliza "121°C/25min" (Martínez -Herrera *et al.*, 2006); 7) La Irradiación gamma, inhibe saponina y fitato (Martínez -Herrera *et al.*, 2006);
- 7) Extracción con etanol al 90% por 2 horas y tratamiento con bicarbonato a 121°C/25min, permiten bajar en un 97% de curcina y el éster de forbol (Martínez -Herrera *et al.*, 2006);

- 8) Tratamiento alcalino y autoclave por 30 min inactiva en 89% esteroides de forbol (Rakshit *et al.*, 2008);
- 9) Otros métodos: Utilizando como solvente el hexano, tratamiento biológico se encuentra en un proceso nuevo es decir poco estudiados (Belewu *et al.*, 2010), además de combinaciones de todos los anteriores.

Algunos métodos reportados para la desintoxicación de la torta de higuera incluyen el tratamiento con amoníaco, sosa cáustica, cal y el calor (Kirk-Othmer, 1979; Weiss, 1971; Gardener, 1960; Horton y Williams, 1989). La exposición a vapor, inactiva ricina, pero se debe tener cuidado al suministrarla como alimento para animales, pues existen pocos estudios sobre esto (Woodend, 1993). Si la torta húmeda se mezcla con sal (harina de las semillas de *Shorea robusta*), los componentes tóxicos de semillas de ricino son neutralizados por los taninos que son las sustancias tóxicas de la harina de semillas sal (Gandhi *et al.*, 1994). Además, poblaciones nativas del sudeste de Nigeria desde hace mucho tiempo ha desarrollado un método para desintoxicación el cual involucra la fermentación.

Estudios en la alimentación animal han demostrado que el aceite de ricino se puede utilizar como un suplemento de proteínas en rumiantes, conejos, cerdos y pollos. Sin embargo, su utilización en animales monogástricos, especialmente las aves, ha sido limitada debido al efecto perjudicial por la presencia de ricina (Oso *et al.*, 2011).

Para las dos tortas derivadas de la extracción de aceite, tampoco se tienen datos exactos sobre que sucede con las proteínas al aplicar los métodos físicos o químicos para la detoxificación y no se tienen datos sobre la calidad final de la torta para aplicación a nivel industrial.

Productos esperados

Jatropha

1. Método detallado sobre pruebas rápidas para determinar toxicidad en la torta derivada de la extracción de aceite para *jatropha*.
2. Reporte de valores en mg.g^{-1} de esteroides de forbol, curcuma, inhibidores de tripsina, porcentaje de ácido fítico y saponinas en g.100g^{-1} .
3. Reporte de nutrientes primarios o principales (nitrógeno, fosfatos, potasio y carbono), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de *jatropha*.
4. Reporte de los nutrientes secundarios (azufre, magnesio y calcio), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de *jatropha*.
5. Reporte de los micronutrientes (hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de *jatropha*.
6. Informe detallado sobre el método empleado en la detoxificación para la torta derivada de la extracción de aceite de *jatropha*.
7. Informe sobre la toxicidad para genotipos de *jatropha* en México con base en las tortas derivadas de la extracción de aceite analizadas.

8. Reporte sobre rendimientos en porcentaje de aceite y la torta derivada de la extracción de aceite de *jatropha* contra peso inicial de semillas; estableciendo método utilizado en la extracción.
9. Caracterización bromatológica de las tortas de aceite antes y después de la detoxificación para *jatropha*, su contenido de proteínas, fibra, materia mineral, aceite y digestibilidad.
10. Análisis de aminoácidos de la torta derivada de la extracción de aceite antes y después de la detoxificación para *jatropha*.
11. Al proponer el desarrollo de usos alternativos para las tortas derivadas de la extracción de aceite de *jatropha*, se debe presentar reporte detallado en al menos uno de los siguientes puntos:
 - a) Un paquete tecnológico probado para la torta detoxificada de *jatropha* como abono orgánico en al menos un cultivo de producción nacional.
 - b) Estudio sobre cantidad máxima permitida para su uso como alimento animal de la torta detoxificada de *jatropha*.
 - c) Estudio sobre bioensayo de la torta detoxificada en al menos un organismo vivo para determinar la dosis letal media (DL₅₀) en mg.kg⁻¹, describiendo la vía de administración y la especie animal.
12. Un folleto técnico ilustrado en forma impresa y digital, para la torta detoxificada de *jatropha*.
13. Un evento de transferencia para la torta detoxificada de *jatropha*.

Higuerilla

1. Método detallado sobre pruebas rápidas para determinar toxicidad en la torta derivada de la extracción de aceite para higuerilla.
2. Reporte de valores en mg.g⁻¹ de ricina y ricinina.
3. Reporte de nutrientes primarios o principales (nitrógeno, fosfatos, potasio y carbono), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de higuerilla.
4. Reporte de los nutrientes secundarios (azufre, magnesio y calcio), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de higuerilla.
5. Reporte de los micronutrientes (hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno), antes y después de la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de higuerilla.
6. Informe detallado sobre el método empleado en la detoxificación de la torta derivada de la extracción de aceite de higuerilla.
7. Informe sobre la toxicidad para genotipos de higuerilla en México con base en las tortas derivadas de la extracción de aceite analizadas.
8. Reporte sobre rendimientos en porcentaje de aceite y la torta derivada de la extracción de aceite de higuerilla contra peso inicial de semillas; estableciendo método utilizado en la extracción.
9. Caracterización bromatológica de las tortas de aceite antes y después de la detoxificación para higuerilla con rendimientos de proteínas, fibra, materia mineral, aceite y digestibilidad.
10. Análisis de aminoácidos de la torta derivada de la extracción de aceite antes y después de la detoxificación para higuerilla.

11. Al proponer el desarrollo de usos alternativos para las tortas derivadas de la extracción de aceite de higuera, se debe presentar reporte detallado en al menos uno de los siguientes puntos:
 - a) Un paquete tecnológico probado para la torta detoxificada de higuera como abono orgánico en al menos un cultivo de producción nacional.
 - b) Estudio sobre cantidad máxima permitida para su uso como alimento animal de la torta detoxificada de higuera.
 - c) Estudio sobre bioensayo de la torta detoxificada en al menos un organismo vivo para determinar la dosis letal media (DL_{50}) en $mg.kg^{-1}$, describiendo la vía de administración y la especie animal.
12. Un folleto técnico ilustrado en forma impresa y digital, para la torta detoxificada de higuera.
13. Un evento de transferencia para la torta detoxificada de higuera.

Literatura citada

- 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.
- Aregheore, E.M.; Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1998. Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77(3): 349-352.
- Belewu, M. A. and Sam, R. 2010. Solid state fermentation of *Jatropha curcas* kernel cake: Proximate composition and antinutritional components. *Journal of Yeast and Fungal Research.* 1(3): 44-46.
- Belewu, M. A.; Belewu, K.Y. and Ogunsola, F.O. 2010. Nutritive value of dietary fungi treated *Jatropha curcas* kernel cake: Voluntary intake growth and digestibility coefficient of goat. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(2): 135-138.
- Gardener, H.K. 1960. Detoxification and deallergenisation of castor beans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 37, 142–148.
- Ghandi, V.M, Cherian, K.M., Mulky, M.J., 1994. Detoxification of castor seed meal by interaction with sal seed meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71, 827–831.
- Gubitz, G.M.; Mittelbach, M. and Trabi, M. 1997. Bio-fuels and industrial products from *Jatropha curcas*. ISBN 3-7041-0243.
- Goel, G.; Makkar, H.P.S.; Francis, G. and Becker, K. 2007. Phorbol esters: Structure, biological activity, and toxicity in animals. *Int J Toxicol.* 26: 279–288.
- Haas, W. and Mittelbach, M. 2000. Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. *Ind. Crops Prod.* 12: 111-118.
- Horton, J., Williams, M.A. 1989. A cooker–extruder for deallergenation of castor bean meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66, 227–231.
- Kirk-Othmer, 1979. *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 5. John Wiley & Sons, New York.
- Liu, H.F.; Kirchoff, B.K.; Wu, G.J. and Liao, J.P. 2007. Microsporogenesis and male gametogenesis in *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *J Torrey Botan Soc.* 134(3): 335–43.

- Macedo, A. L.; Santos, R. S.; Pantoja, L. and Santos, A. S. 2011. Pequi cake composition, hydrolysis and fermentation to bioethanol. *Braz. J. Chem. Eng.* 28(1): 9-15.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. 1999. Nutritional studies on rats and fish (carp *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. *Plant Foods Hum. Nutr.* 53: 183–192.
- Martínez –Herrera, J.; Siddhuraju, P.; Francis, G.; Dávila-Ortíz, 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. *Food Chemistry.* 96: 80–89.
- O'Connell, K.P.; Leshin, J.A.; Weeks, A. and Skowronski, E.W. 2006. Discovery and characterization of novel signatures from the *Ricinus communis* (castor bean) genome. Proceedings of the 25th Army Science Conference, Orlando, L.
- Ogunniyi, D. S. 2006. Castor oil: A vital industrial raw material. *Bioresource Technology.* 97: 1086-1091.
- Oso, A.O.; Olayemi, W.A.; Bamgbose, A.M. and Fowoyo, O.F. 2011. Utilization of fermented castor oil seed (*Ricinus communis*, L.) meal in diets for cockerel chicks. *Arch. Zootec.* 60 (229): 75-82.
- 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.
- Rakshit, K.D.; Darukeshwara, J.; Rathina, R.A.J.K.; Narasimhamurthy, K.; Saibaba, P. and Bhagya, S. 2008. Toxicity studies of detoxified *Jatropha* meal (*Jatropha curcas*) in rats. *Food and Chemical Toxicology.* 46: 3621-3625.
- Saetae, D. and Suntornsuk, W. 2011. Toxic Compound, Anti-Nutritional Factors and Functional Properties of Protein Isolated from Detoxified *Jatropha curcas* Seed Cake *Int J Mol Sci* 12(1): 66–77.
- Weiss, E., 1971. Castor, Sesame and Safflower. Leonard Hill, London, Chapter 11.
- Woodend, J.J. 1993. Genetic improvement and commercialization of the African perennial castor (*Ricinus communis* L.) plant. *Zimbabwe Sci. News* 27, 42–45.

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