

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

CONVOCATORIA 2015-4



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2015-4

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 lo siguiente:

I. Tema(s) Cadena de Valor

1. Aprovechamiento del germoplasma, desarrollo tecnológico e innovación en cadenas de valor de anonáceas en México.
2. Aprovechamiento de la diversidad genética, desarrollo de tecnología e innovación en zapote mamey (*Pouteria sapota*) y chicozapote (*Manilkara zapota*).

II. Temas estratégicos Transversales

3. Optimización de la obtención y purificación escalada de compuestos biológicos activos de alto valor económico, tecnológico y comercial.

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

Las Demandas Específicas deben ser debidamente dimensionadas y acotadas a través de la siguiente estructura:

Demanda 1



CADENAS DE VALOR: ANONÁCEAS

I. Título tema a demandar:

Aprovechamiento del germoplasma, desarrollo tecnológico e innovación en cadenas de valor de anonáceas en México

II. Beneficiarios del Proyecto:

Productores, comercializadores, industriales y consumidores de frutas anonáceas en México, como: guanábana, chirimoya y saramuyo.

III. Antecedentes:

México es un país con alta diversidad biológica, desplegada en el enorme mosaico de paisajes con características únicas asociadas a las diversas culturas (Toledo y Robles-Gil, 1996) y también de numerosas especies que han sido manejadas ancestralmente por el hombre. Se han registrado unos 140 frutos comestibles (Bailey, 1947; Hernández y León, 1992; Pennington y Sarukhán, 1998), muchos de los cuales han sido llevados a otros continentes. En cada zona del país, sus grupos étnicos desarrollaron una serie de unidades de

producción que representaron la verdadera diversificación productiva (Lascurain *et al.*, 2010).

La diversidad de frutos comestibles, especialmente de regiones tropicales, ha sido una de las aportaciones de México al mundo. Ésta se incrementó con las especies provenientes del Viejo Mundo y de Oriente; y que hoy son naturalizadas o forman nuevas variedades muy diferentes a las originalmente introducidas. Existen numerosos frutos en México que no han sido valorados por programas oficiales a pesar de su arraigo cultural e importancia regional y local que representan (Lascurain *et al.*, 2010).

Los frutales considerados de México, entre otros poco promovidos, requieren impulso para mejorarlos y tecnificar su producción, puesto que algunos de ellos representan un elevado potencial comercial no sólo para su consumo en fresco sino también en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética y ornamental, entre otras, a nivel nacional e incluso a nivel internacional.

Algunos ejemplos de frutales poco promovidos se encuentran dentro de la familia Annonaceae, que se caracteriza por crecer principalmente en los trópicos, comprende 130 géneros y aproximadamente 2,300 especies (González *et al.*, 1999), dentro de esta familia, el género *Annona* es uno de los cuatro de mayor importancia económica, por su calidad frutícola y potencial farmacéutico, las especies que han alcanzado mayor desarrollo comercial son: guanábana (*Annona muricata* L.), chirimoya (*Annona cherimola* Mill) y saramuyo o anona (*Annona squamosa* L.) (Vidal *et al.*, 2014).

En el 2014 la producción de guanábana en el país fue de poco más de 20 mil toneladas, con una superficie sembrada de 2,800 ha y una valor de producción de 143,623,000 pesos; son 11 estados donde se produce, siendo Nayarit, Colima, Michoacán y Guerrero los principales. En el caso de Chirimoya la producción registrada en 2014 fue de tan sólo 411 t, en 68 ha sembradas entre Morelos y Michoacán, con un valor de 2,092,000 pesos; cabe mencionar que la superficie sembrada ha ido en decremento ya que en el 2009 se registró 178 ha

con una producción de 865 t. No más alentadora es la situación de Samuyo, sólo se registran huertos comerciales en Yucatán con una superficie de 42 ha, una producción de 395 t y un valor de la producción de 2 millones de pesos; también su producción ha disminuido considerablemente, en el 2001 se registraron 87 ha con una producción de 700 ha (SIAP, 2015)

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (SIIT)-CONABIO, actualmente se han aceptado para México 13 géneros y 37 especies de la familia Annonaceae. Chatrou (1999), señala que tanto evolutiva, ecológica como económicamente, Annonaceae es una familia importante; señala también que de todos sus géneros, solamente cuatro: *Annona*, *Rollinia*, *Uvaria* y *Asimina*, producen frutos comestibles. En México las especies de *Annona* que figuran en las estadísticas de producción y las de mayor importancia comercial son: guanábana (*A. muricata*), chirimoya (*A. cherimola*) y saramuyo (*A. squamosa*). En el resto de las especies, su superficie plantada es muy reducida o no se cultivan comercialmente, pero existen en huertos de traspatio o en áreas naturales de donde se recolectan sus frutos para autoconsumo (Andrés-Agustín, 1997).

Guanábana. Es un frutal cuyo origen no se conoce con certeza; sin embargo, actualmente se cultiva en América tropical, el sudeste Asiático y en Filipinas (Chih-Chuang *et al.*, 2002). En México se ha cultivado poco y al contrario de las demás anonáceas, la guanábana casi no se consume como fruta fresca, pues se usa principalmente en la preparación de refrescos y helados, ya que la pulpa en la mayoría de las variedades es muy ácida y aromática (Pinto *et al.*, 2005). Recientemente en el estado de Nayarit se ha fomentado su cultivo de manera significativa y existe una superficie cultivada de más de 2 mil hectáreas en producción y unas tres mil en crecimiento (SIAP, 2015).

Chirimoya. La chirimoya es de clima subtropical y tiene elevado potencial en el mercado internacional; se utiliza para consumo en fresco, aunque puede ser fermentada para obtener bebidas alcohólicas. En hojas, tallos, corteza y semillas se le han detectado compuestos citotóxicos y alcaloides con uso farmacéutico y

antimicrobial, además de sus valiosas propiedades insecticidas (Morton, 1987; Simeon *et al.*, 1990; Cortes *et al.*, 1993); sin embargo, su producción es limitada por diversos factores entre los que sobresalen los daños ocasionados por insectos y hongos (Nava-Díaz *et al.*, 2000).

Saramuyo. Es una de las especies exóticas tropicales de México con alto potencial de producción y comercialización debido a la excelente calidad organoléptica, nutricional y nutracéutica de sus frutos (Cordeiro y Pinto, 2005).

Entre las anonáceas, los frutos de saramuyo son los más dulces y con mayor contenido de vitamina C (FAO, 1990); se consume como fruta fresca, aunque la pulpa presenta un alto potencial para la elaboración de pulpa pasteurizada o congelada, néctares y otras bebidas (Leal, 1990). Uno de sus componentes, el ácido Ent-16b, 17-dihydroxykaurant-19oic, tiene actividad anti-HIV (Wu *et al.*, 1996). Esta especie es originaria de Centroamérica y las Antillas, desde donde se distribuyó a México y la América tropical (González, 1984). En México, se encuentra en la región sureste, pero sólo en Yucatán existió una producción comercial de 395 t en el 2014 (SIAP, 2015).

A diferencia de Brasil, Filipinas e India, donde se encuentran plantaciones comerciales con cultivares de anonas/saramuyo de alta calidad de fruto (Pinto *et al.*, 2005), en México es una especie subutilizada, con plantaciones a base de materiales nativos germoplasma nativo, producción en huertos familiares y comercialización regional (Palacios y Cano, 1997). Los frutos presentan comportamiento climatérico, baja resistencia al manejo postcosecha y corta vida de anaquel (De Andrade *et al.*, 2005).

IV. Problemática:

Contrario a casi todos los frutales comerciales introducidos, la mayoría de las especies de frutales de México son utilizadas por habitantes de comunidades rurales donde se distribuyen de forma silvestre, semidomesticada o cultivada en huertos familiares o plantaciones comerciales pequeñas, para satisfacer sus

necesidades de subsistencia y comercialización a escala local o regional. Muchos de los frutales nativos pueden ser considerados productos nuevos, incluso dentro de México, pues todos ellos son siempre muy poco conocidos fuera de su área de adaptación-distribución-producción local o regional.

El manejo empírico de estas especies, ha pasado de la recolección a la producción agrícola en baja escala, sin suficiente información y sin apoyo técnico; en huertos de traspatio y en el mejor de los casos en pequeñas plantaciones acordes al mercado local, regional y al poco conocimiento del producto a nivel nacional (Lascurain *et al.*, 2010).

Las especies frutales de México, han sufrido una drástica reducción de la diversidad genética, por la apertura de tierras de cultivo y ganadería intensiva, que ha llevado a las especies de anonas a un decremento de las poblaciones silvestres. Situación que no ha sido acompañada de esfuerzos sustanciales y sistemáticos de rescate y aprovechamiento de estos valiosos recursos genéticos. Se resguardan únicamente en huertos familiares, cercos de potreros y en áreas naturales protegidas (Leal, 1990).

Para el caso partículas de las anonáceas, a pesar de su importancia económica y social por sus características como especies comestibles, propiedades aromáticas para la extracción de aceites esenciales, propiedades medicinales e insecticidas; el cultivo de éstas no se ha formalizado agronómica y económicamente en México (Vidal *et al.*, 2014).

Por esta y otras circunstancias la producción convencional de este tipo de frutales (entre otros poco promovidos) en México es muy baja, o inexistente en algunos casos; pero con un enorme potencial económico en el mercado nacional e internacional que requiere ser aprovechado mediante el establecimiento de programas para la selección de germoplasma, identificación de materiales sobresalientes para producción, comportamiento fisiológico, postcosecha y calidad de fruto, y la investigación e innovación de nuevos productos con valor agregado.

V. Logros y avances:

En los últimos años se han formado grupos de investigación dentro y entre instituciones, públicas y privadas de México con la finalidad de generar conocimientos sobre la conservación, manejo agronómico, fisiología, postcosecha y transformación agroindustrial de algunos cultivos frutales subutilizados como guanábana, chirimoya y saramuyo, entre otros.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) creó en el año 2002 al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), el cual busca integrar acciones y esfuerzos entre las diferentes instancias vinculadas con los recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. En su informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012, menciona el establecimiento de los centros de conservación de la diversidad de frutales, entre ellos los subtropicales (aguacate, chirimoya, guayaba, pitahaya y pitaya). Además, durante ese periodo se ha desarrollado el diagnóstico, estudios etnobotánicos, distribución real y potencial, colectas y recolectas, caracterización y mantenimiento de colectas, con lo cual se atienden seis especies de Anonáceas presentes en México, y registran un total de 469 accesiones colectadas.

En cuanto a las investigaciones realizadas la mayor parte ha sido encaminada principalmente a problemas de plagas y a la selección de fenotipos sobresalientes en guanábana. Ponce y Vidal (1981), trabajaron con programa de selección de criollos resistentes a plagas y enfermedades. También, Vidal (1981) estableció un experimento sobre el efecto de los reguladores de crecimiento en la formación de frutos partenocárpicos en Guanábana (*Annona muricata* L.), con la finalidad de controlar el barrenador de la semilla.

Durante el periodo de 1995-1996 surge un grupo de investigadores interesados en el estudio de las anonáceas, mismo que se le denominó “Grupo de Trabajo de Anonáceas” con sede en la Universidad Autónoma Chapingo. Este mismo grupo organizó el Primer Congreso Internacional de Anonáceas en 1997 con sede en la UACh. Se dan a conocer 42 trabajos de investigación sobre las especies del género *Annona*. Actualmente se han celebrado cuatro Congresos Internacionales y seis Nacionales. La mayoría de las investigaciones presentadas en estos Congresos de las anonáceas ha sido encaminada hacia el diagnóstico, problemática, caracterización de las especies, distribución, importancia económica, epidemiología, etología de los insectos, etc. Todo esto, es la base fundamental para establecer estrategia de manejo necesaria e implementar mecanismo para la solución de una problemática fitosanitaria real y compleja dentro de las anonáceas (Vidal *et al.*, 2014).

No obstante, los avances generados todavía son escasos. Es conveniente implementar acciones canalizando esfuerzos y recursos en investigación, desarrollo e innovación para hacer de las anonáceas de México alternativas económicas reales, viables y competitivas, con nuevos productos que representen nuevas opciones productivas para el mercado nacional e internacional. Un aprovechamiento directo de la diversidad genética existente mediante selección y multiplicación vegetativa de tipos sobresalientes de estas especies podría favorecer su cultivo a escala regional, como una primera etapa, mientras se desarrolla su mercado en otras regiones del país, se promueve su conocimiento agronómico-productivo, mejoramiento genético (productividad y vida de anaquel, entre otros aspectos) y su consumo fuera de México.

VI. Propósito de la Demanda:

Aprovechamiento del germoplasma de guanábana, chirimoya y saramuyo, mediante la multiplicación de clones sobresalientes en rendimiento, calidad, vida de anaquel; desarrollo y transferencia de tecnología de manejo de huertos,

cosecha y postcosecha; y evaluación de mercados, en apoyo a la diversificación de cultivos y productos, para la atención a los recursos fitogenéticos de frutales nativos.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Identificar, describir, caracterizar y multiplicar materiales sobresalientes para registro de nuevas variedades (rendimiento, calidad y vida de anaquel); establecer huertos madre; zonificar agroecológicamente; documentar y desarrollar tecnología de propagación, de producción comercial sustentable y de manejo postcosecha en México; evaluar mercados y diversificar productos por especie, para guanábana, chirimoya y saramuyo o anona.

7.2. Objetivos Específicos:

1. Identificar, describir, caracterizar y multiplicar genotipos/árboles sobresalientes por especie frutal para registrar nuevas variedades, y promover y abastecer de planta, para ampliar la superficie cultivada de guanábana, chirimoya y saramuyo.
2. Identificar y cartografiar con tecnología GIS, las zonas actuales y potenciales de producción en el territorio nacional para guanábana, chirimoya y saramuyo.
3. Generar desarrollos tecnológicos e innovaciones para la producción sustentable de guanábana, chirimoya y saramuyo (propagación-injertado, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades, cosecha, empaque y manejo postcosecha).
4. Desarrollar productos de alto valor tecnológico, económico y comercial

para diversificar los usos alimenticios, industriales y medicinales de guanábana, chirimoya y saramuyo; así como la evaluación de mercados del fruto fresco y otros productos.

5. Desarrollar actividades de transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados generados en el proyecto para promover el cultivo, incrementar la productividad y la rentabilidad sustentable de guanábana, chirimoya y saramuyo.

VIII. Justificación

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible”.

Congruente con el PND, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (PSDAPA) 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral; establece, en el Objetivo 1. “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; en la Estrategia 1.1. “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad” y en la Línea de Acción 1.1.1. “Implementar investigación y desarrollo tecnológico aplicado en proyectos de desarrollo rural sustentable a través del SNITT” (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable).

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de

Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada *“Aprovechamiento del germoplasma, desarrollo tecnológico e innovación en cadenas de valor de anonáceas en México”*; misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

México presenta gran potencial frutícola, actualmente cuenta con 63 especies de frutas comercializadas y 220 especies con potencial, de las cuales está documentada su utilidad (Borys y Leszczyńska-Borys, 2001). La investigación de los recursos fitogenéticos se ha convertido en una prioridad científica mundial, sobre todo de aquellos poco estudiados y con potencial comercial (Núñez-Colín *et al.*, 2004). En México, algunas de estas especies frutales importantes son: guanabana, chirimoya y saramuyo, todas ellas pertenecientes a la familia Annonaceae.

La importancia económica de las especies de la familia Annonaceae en México es diversa y no se restringe a las especies comestibles, pues además incluye especies con propiedades aromáticas para la extracción de aceites esenciales, medicinales, insecticidas y tóxicos a peces. Con excepción de la guanábana, esta familia no se ha fortalecido agronómica ni económicamente, sin embargo, presenta grandes perspectivas para programas de mejoramiento genético, como portainjertos o bien como cultivos alternativos (Vidal *et al.*, 2014).

Es necesaria la investigación, innovación y divulgación para mejorar la productividad agrícola de especies frutales subutilizadas en México, como guanábana, chirimoya y saramuyo, que representan un alto potencial de diversificación productiva como nuevas opciones económicas y cadenas de valor, a desarrollar con visión nacional e internacional. Casi todas ellas, por su

origen y arraigo cultural, son clave en la seguridad alimentaria y la conservación de la diversidad biológica.

IX. Productos a entregar

1. Un documento con evidencia de trámite de registro para protección intelectual, con los resultados de la identificación, descripción, caracterización, multiplicación; y evaluación, de al menos ocho genotipos/árboles sobresalientes de guanábana, chirimoya y saramuyo (por rendimiento, calidad de fruto y vida de anaquel) para su promoción.
2. Memoria cartográfica impresa, digitalizada y descrita del sistema GIS sobre la zonificación agroecológica, distribución actual y potencial por cultivo (guanábana, chirimoya y saramuyo), con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
3. Manual y video por especie con el estado del arte y los resultados del proyecto sobre la tecnología e innovaciones para la producción (propagación-injertado, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades), cosecha, empaque y manejo postcosecha, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
4. Documento con los protocolos de obtención y la descripción de los productos (procesos) de alto valor tecnológico, económico y comercial generados a partir de guanábana, chirimoya y saramuyo; así como la evaluación de mercados del fruto fresco y los otros productos.
5. Un informe con los resultados de la transferencia de tecnología vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para promover los cultivos de guanábana, chirimoya y saramuyo con su tecnología de producción para inducir a la innovación.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Potenciación del valor económico y aprovechamiento comercial de guanábana, chirimoya y saramuyo en México.
- Incremento de la rentabilidad y competitividad de distintas anonáceas de México, en beneficio de productores, consumidores y la industria.
- Aumento de la superficie plantada y de la productividad de anonáceas de México, mediante el uso de agricultura de conservación y sistemas de producción eficaces.
- Promoción y generación de prototipos de cadenas de valor para las especies anonáceas de México, a nivel regional, nacional e internacional.
- Generación de empleo en áreas rurales donde se cultiven anonáceas

Social

- Fomento al desarrollo rural de México mediante la mejora de la producción, calidad y diversidad alimentaria; al impulsar nuevas alternativas de producción y sustento en zonas rurales del país.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores innovadores en el manejo de sistemas de producción que permitan la producción y comercialización de las anonáceas de México.
- Conservación utilitaria de recursos genéticos frutales de México con alto valor comercial.

Tecnológico

- Registro y uso de nuevas variedades de especies de anonáceas nativas de México.
- Utilización de mejores técnicas de cultivo de agricultura de

conservación y de manejo integrado de cultivos para generar mayor productividad y eficiencia de los sistemas de producción.

- Uso comercial de nuevas variedades seleccionadas de un grupo de frutales de México con alto potencial de aceptación en los mercados regionales, nacionales y eventualmente mundiales.

Ecológico

- La valoración, diversificación y usos de cultivos de frutales de México, promueve la conservación de la diversidad biológica, la preservación y restauración de recursos genéticos de alto valor comercial y de ambientes frágiles y degradados.
- Producción sustentable de anonáceas de México mediante los principios de la agricultura de conservación (del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad, manejo integrado de cultivos y sus propiedades agronómicas).

XI. Literatura citada

Andrés-Agustín, J. 1997. El cultivo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en el estado de Michoacán, México. *Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture* 41: 152-161.

Bailey, L. H. 1947. *The Standard Cyclopedia of Horticulture*. Vol. 3. MacMillan Publish Co. New York, U.S.A. 128 p.

Borys M. W., H. Leszczyńska-Borys. 2001. *El Potencial Frutícola de la República Mexicana*. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Toluca, México, 99 p.

Chatrou, L. W. 1999. The Annonaceae and the Annonaceae Project: a brief overview of the state of affairs. *Acta Horticulturae* 497: 43-49.

- Chih-Chuang, L., C. Fang-Rong, L. Chih-Yuan, C. Chi-Jung, C. Hui-Fen, W. Ming-Jung, W. Yang-Chang. 2002. New cytotoxic monotetrahydrofuran annonaceous from *Annona muricata*. *Journal of Natural Products* 65: 470-475.
- Cordeiro M. C. R., and A. C. de Q. Pinto. 2005. Chemical properties. In: Williams, J. T., R. W. Smith, A. Huhes, N. Haq, and C. R. Clement (eds.). *Annona Species*. International Centre for Underutilized Crops, University of Southampton, U.K. pp: 124-134.
- Cortes, D., S. H. Myint, B. Dupont, and D. Davoust. 1993. Bioactive acetogenins from seeds of *Annona cherimola* Mill. (Abs.). *Phytochemistry* 32: 1475-1482.
- De Andrade S. R., R. E. Alves, H. A. C. Filgueiras, and A. de Q. Pinto. 2005. Harvest, postharvest and processing. In: Williams, J. T., R. W. Smith, A. Huhes, N. Haq, and C. R. Clement (eds.). *Annona Species*. International Centre for Underutilized Crops. University of Southampton. U.K. pp: 124-134.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1990. Utilization of tropical foods, fruits and leaves. *FAO Food and Nutrition Paper* 47(7): 10-14.
- González C., M. 1984. *Especies Vegetales de Importancia Económica en México*. Ed. Porrúa, México. 305 p.
- González, E. A. R., Luna, C. L., Moreno, A. R., De La Cruz, C. I. y Barajan, H. P. 1999. Distribución del género *Annona*. In: Congreso Internacional de Anonáceas, 2, 1999, México. Memoria... México. Tuxtla Gutiérrez. 85 p.
- Hernández, J. E. y J. León. 1992. Cultivos Marginados: Otra Perspectiva de 1492. *Producción y Protección Vegetal* No. 26. Colección FAO. Roma, Italia. Pp. 3-44.
- Lascurain M., S. Avendaño, S. del Amo, A. Niembro. 2010. *Guía de Frutos Silvestres Comestibles en Veracruz*. Fondo Sectorial para la Investigación, el

Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONAFOR-CONACYT. México. 144 p.

Leal, F. 1990. Sugar Apple, pp. 149-158. In: Nagy, S., P. E. Shaw, and W. F. Wardowski (eds). Fruits of Tropical and Subtropical Origin, Composition, Properties and Uses. Florida Science Source, Inc., Lake Alfred, Florida.

Morton, F. J. 1987. Fruits of Warm Climates. Curtis F. Dowling. USA. 505 p.

Nava-Díaz C., S. Osada-Kawasoe, G. Rendón-Sánchez y V. Ayala-Escobar. 2000. Organismos asociados a chirimoyo (*Annona cherimola* mill.) en Michoacán, México. *Agrociencia* 34: 217-226.

Núñez-Colín C. A., J. E. Rodríguez-Pérez, R. Nieto-Ángel, A. F. Barrientos-Priego. 2004. Construcción de dendogramas de taxonomía numérica mediante el coeficiente de distancias X2: una revisión. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2): 229-237.

Palacios R., M. I., y G. G. V. Cano. 1997. La comercialización de anonáceas en México, pp. 68-91. In: *Memorias del Congreso Internacional de Anonáceas*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México.

Pennington T. D., J. Sarukhán. 1998. Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. (3a ed.). Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 413 p.

Pinto, A. C. de Q., Cordeiro, M.C.R., Andrade, S. R. M., Ferreira, F. R., De C. Filgueiras, H. A., Alves, R. E., Kinpara, D. I. 2005. Fruits for the Future 5: *Annona* species. International Centre for Underutilized Crops. Southampton, UK. 263 p.

Ponce, H. M. y L. Vidal H. 1981. Asistencia técnica sobre el cultivo de la guanábana. In: *Congreso Nacional de Fruticultura*, 3. Guadalajara. Memoria, 171 p.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Producción agropecuaria anual. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (Fecha de consulta: 31 de julio, 2015).
- Simeon, S., J., L. Ríos, and A. Villar. 1990. Antimicrobial activity of *Annona cherimola* stem bark. (Abs.). Pharmazie 45(6): 442-443.
- Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). 2010. Disponible en: <http://www.sinarefi.org.mx/> (Fecha de consulta: 31-07-2015).
- Toledo V. M. y P. Robles-Gil. 1996. México. Diversidad de culturas. Ed. Cemex y Sierra Madre, México. pp. 74-75.
- Vidal, H. L. 1981. Efecto de reguladores de crecimiento en la formación de frutos partenocárpicos en la guanábana (*Annona muricata* L.). In: Congreso Nacional de Fruticultura, 3. Guadalajara. Resúmenes. CONAFRUT-SERH, 1981. Guadalajara. 120 p.
- Vidal H. L., H. López M., N. A. Vidal M., R. Ruiz B., D. G. Castillo R. y R. G. Chiquito C. 2014. La situación de las Annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. Revista Brasileira de Fruticultura 36: 044-054.
- Wu, Y. C., Y. C. Hung, F. R. Chang, M. Cosentino, H. K. Wang, and K. H. Lee. 1996. Identification of Ent-16b, 17- Dihydroxykauran-19-oic Acid as an Anti-HIV principle and isolation of the new diterpenoids annosquamosin A and B from *Annona squamosa*. Journal of Natural Products 59(6): 635-637.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

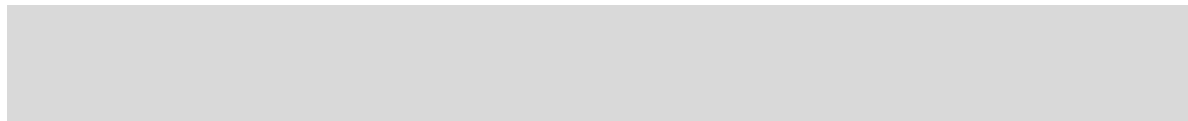
Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Teléfono: (55) 3871-1000 ext. 33312 y 33328

Correo Electrónico: belisario.dominguez@sagarpa.gob.mx

Demanda 2



CADENAS DE VALOR: SAPOTÁCEAS

I. Título tema a demandar:

Aprovechamiento de la diversidad genética, desarrollo de tecnología e innovación en zapote mamey (*Pouteria sapota*) y chicozapote (*Manilkara zapota*).

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores, comercializadores, industriales y consumidores en México de frutas sapotáceas como zapote mamey y chicozapote.

III. Antecedentes:

La investigación de los recursos fitogenéticos se ha convertido en una prioridad científica mundial, sobre todo de aquellos poco estudiados y con potencial comercial (Núñez-Colín *et al.*, 2004).

El último inventario de frutales nativos de América Tropical contiene 1,100 especies distribuidas en 282 géneros y 66 familias (IPGRI, 2001). De estos frutales, en México se distribuyen algunos frutos conocidos con el nombre común de zapotes: zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacquin) H. E. Moore & Stearn) y chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) Van Royen). Aun cuando estas especies han sido poco estudiadas y cultivadas a nivel comercial, representan un elevado potencial agrícola, económico y social para México.

Las sapotáceas son una familia de árboles y arbustos con distribución cosmopolita, aunque la mayoría de las especies está en regiones tropicales y subtropicales de Asia y América (Swenson y Anderberg, 2005). La familia contiene más de 50 géneros y unas 1,250 especies, todas importantes, ya sea ecológica y/o económicamente (Govaerts *et al.*, 2001).

El sapote mamey, es originario del sur de México y las tierras bajas (tropicales) de Centroamérica (Popenoe, 1948). En México se encuentra distribuido en todas las zonas tropicales, como parte de la selva alta perennifolia, o cultivado con otros frutales, en huertas de poca extensión (Toral, 1988). En el año 2014 se registraron 1,652 ha establecidas, distribuidas en 15 estados de la República Mexicana, de los cuales los de mayor superficie y producción, son: Yucatán, Guerrero, Veracruz, Michoacán, Chiapas y Campeche (SIAP, 2015). El fruto del mamey es muy apreciado por sus características organolépticas y consumido en fresco (Pennington y Sarukhán, 1998).

El chicozapote (*Manilkara zapota*) también conocido como zapotilla, zapote chiclero o zapota, produce frutos de excelente calidad pero altamente perecederos; es también importante como fuente de madera y para la extracción de goma de mascar. Es nativo de México y Centro América, pero se cultiva comercialmente en otros países tropicales (Meghala *et al.*, 2005) como Tailandia, India, EE.UU., Filipinas, México y Venezuela, con variedades y tipos seleccionados (Balerdi y Crane; 2000). Según datos del SIAP (2015) en México, tan sólo se registrarán 213.5 ha sembradas en el 2014, de las cuales 182 ha se encuentran en Campeche y 31.5 ha en Quintana Roo y aun no hay reportes de producción, por lo que se considera que el cultivo comercial de este fruto aun es muy incipiente.

IV. Problemática:

En la actualidad se ha generado una drástica reducción de la diversidad genética de especies frutales nativas, como el zapote mamey y chicozapote, a causa de la alteración de ecosistemas naturales y la falta de esfuerzos

sustanciales y sistemáticos de rescate y aprovechamiento de estos valiosos recursos genéticos (Díaz-Pérez *et al.*, 2001).

Zapote mamey. Los zapotes tropicales presentan diversas problemáticas como su limitado consumo, maduración, ablandamiento irregular, poco desarrollo del color y pudriciones internas inducidas por hongos y larvas de insectos, que redundan en corta vida de anaquel, por lo que su comercialización se realiza principalmente en el mercado nacional (Villanueva-Arce *et al.*, 2000; Díaz-Pérez *et al.*, 2001).

La pérdida más importante de calidad de la fruta se debe a golpes que se producen por la manipulación en cosecha y postcosecha, que disminuye la vida de anaquel y la calidad para su comercialización (Kader, 2002; Proulx *et al.*, 2005); a sí como a la maduración rápida y susceptibilidad a pudriciones internas inducidas por hongos (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Ergun *et al.*, 2005). Los hongos reportados en frutos de mamey como causales de pudriciones son *Lasiodiplodia* spp. y *Pestalotia* spp. (Yahia y Ariza, 2003; Ariza-Flores *et al.*, 2005).

La temperatura baja es una de las principales herramientas para prolongar la vida útil de los frutos; sin embargo, en mamey las bajas temperaturas de almacenamiento producen desórdenes fisiológicos en tejidos, por ejemplo la exposición de frutos a temperaturas menores a 10 °C causan oscurecimiento y lignificación de la pulpa, maduración desigual y adherencia de la pulpa a las semillas (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2002). Por lo tanto la implementación de nuevas alternativas de manejo postcosecha para prolongar la vida de anaquel de los frutos, sin afectar su calidad, es indispensable para aumentar la rentabilidad de los huertos.

Adicional a los problemas cosecha y postcosecha en el cultivo de zapote mamey, esta la gran variabilidad genética debido a que la especie es de polinización cruzada (alógama) y su propagación generalizada ha sido por semilla, por ello existe una amplia variabilidad en el tamaño y forma de fruto, el color de la pulpa y

otras características (Villegas y Mora, 2008). En México, casi todos los huertos de zapote mamey establecidos en el país son de pié franco con una amplia diversidad genética, por lo cual es necesario caracterizar los materiales genéticos sobresalientes, con el fin de tener la información necesaria para el registro de variedades y la protección de estos recursos fitogenéticos (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2012). Esta situación es de suma importancia ya que a pesar de que México es el centro de origen de zapote mamey, aún no se tienen variedades registradas. En Florida, tienen materiales con características sobresalientes: Pantini, Magaña, Copan, Mayapan, Tazumal, AREC No. 3, Piloto, Pace, Florida, Lara, Chenox, Abuelo, Francisco Fernández, Flores y Viejo (Balerdi y Crane, 2000), sin embargo, aún no están registradas ya que hasta el momento no existen descriptores para mamey y solo podrían considerarse como materiales introducidos, provenientes de México, Guatemala, El Salvador y Cuba (Arellano, 2012).

Chicozapote. Su situación en México es similar a la del zapote mamey, pues no existe información suficiente que permita generar programas apropiados para su mejoramiento y manejo (González-Hernández *et al.*, 2012). Tiene amplio potencial comercial, sin embargo, también es altamente perecedero, susceptible a daños mecánicos y al ataque de patógenos durante la postcosecha (López *et al.*, 2011).

En tal contexto, la producción comercial de estos frutales en México es muy baja; sin embargo, representan un enorme potencial económico en el mercado regional, nacional e internacional que requiere ser aprovechado mediante la identificación de materiales sobresalientes, establecimiento de programas de desarrollo de germoplasma y mejoramiento para producción, caracterización fisiológica, postcosecha, calidad de fruto; y la investigación e innovación de nuevos productos con valor agregado.

V. Logros y Avances:

Zapote mamey. En los últimos años se han formado grupos de investigación en diferentes instituciones públicas con la finalidad de generar conocimientos sobre la conservación, manejo agronómico, fisiología, manejo postcosecha del zapote mamey, así como su transformación agroindustrial. No obstante, la información generada todavía es escasa y poco difundida, para determinar las estrategias a seguir e impulsar su desarrollo.

Entre los aspectos más estudiados en zapote mamey están su propagación vegetativa, por su largo periodo juvenil antes de entrar a producción (Granados, 1990; Cen *et al.*, 1998); crecimiento del fruto (Arenas-Ocampo *et al.*, 2003; Sandoval *et al.*, 2006); evaluación de la maduración postcosecha de los frutos (Villanueva-Arce *et al.*, 2000; Díaz-Pérez *et al.*, 2003); tecnología postcosecha (por su corta vida de anaquel), como: refrigeración (Alia-Tejacal *et al.*, 2002; Alia *et al.*, 2005 a y 2005 b; Martínez *et al.*, 2006), temperaturas controladas (Manzano, 2001), técnicas de almacenamiento (Gómez-Jaimes *et al.*, 2012) y velocidad de maduración (Saucedo-Veloz *et al.*, 2001) o inhibidores de su maduración (Ergun *et al.*, 2005); así como el control de plagas cuarentenarias que restringen la comercialización del fruto en fresco (Díaz-Pérez *et al.*, 2001; Yahia y Ariza, 2003).

Bayuelo-Jiménez y Ochoa (2006) realizaron la caracterización morfológica en 44 accesiones del estado de Michoacán y mostraron que las características del fruto: peso, longitud, diámetro, espesor, peso del mesocarpio, relación longitud/diámetro, forma, aroma y textura, fueron determinantes para diferenciar la variabilidad morfológica entre accesiones.

En selecciones de los estados de Morelos (Gaona-García *et al.*, 2008) y Guerrero (Espinosa *et al.*, 2005), demostraron que la mayor variabilidad morfológica de la especie esta contenida en caracteres de fruto, particularmente en peso, tamaño y color, cáscara, pulpa y número de semillas.

Estudios moleculares con AFLP's en 41 selecciones de zapote mamey, provenientes de la colección del Jardín Botánico Tropical Fairchild y de la Universidad de Florida, con accesiones procedentes de Cuba, México, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, mostraron que la diversidad genética es mayor en las accesiones de Centro América (Carraca *et al.*, 2004). Arias *et al.* (2015) desarrollaron 368 marcadores de microsatélites en zapote mamey que se pusieron a prueba en 29 individuos de 10 poblaciones (siete silvestres y tres cultivadas) provenientes de México. Los resultados no mostraron una separación clara entre las poblaciones silvestres y las cultivadas, lo que evidencia la mezcla de las poblaciones.

Chicozapote. La mayoría de los estudios disponibles son sobre postcosecha, en particular de como extender su vida de almacenamiento y anaquel usando bajas temperaturas y atmosferas modificadas (Miranda *et al.*, 2001). También se han realizado estudios acerca de: diferentes concentraciones de 1-metilciclopropeno (1-MCP), inhibidor de etileno, para retrasar la maduración del fruto (Morais *et al.*, 2006; Arévalo-Galarza *et al.*, 2007; Morais *et al.*, 2008); alteraciones físicas químicas y fisiológicas durante el almacenamiento (Miranda *et al.*, 2002; Morais *et al.*, 2006); caracterización del proceso de maduración de frutos (Bautista *et al.*, 2005). López *et al.* (2011) estudiaron las propiedades mecánicas y respuesta fisiológica de frutos de chicozapote bajo compresión axial; Gazel (2002) realizó caracterización de plantas de chicozapote. Con el propósito de conocer la variación genética de chicozapote en Veracruz González-Hernández *et al.* (2012) caracterizaron colectas con marcadores de microsatélites (SSR; simple sequence repeats).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) creó en el año 2002 al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), quien ha realizado esfuerzos para impulsar diversos recursos Fitogenéticos, entre ellos algunos frutales tropicales originarios de México, como son zapote mamey y

chicosapote, entre otras; con siete proyectos desarrollados y un total de 187 accesiones colectadas de sapotáceas. La red de sapotáceas se encarga del diagnóstico, estudios etnobotánicos, distribución real y potencial, colectas y recolectas, caracterización y mantenimiento de colectas de la diversidad genética de estos frutales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Proyectos de la Red de Sapotáceas-SINAREFI al 2010.

<i>Problema por atender</i>	<i>Actividad</i>	<i>Instancia Ejecutora</i>
Buscar genotipos con características agroecológicas sobresalientes.	Mejoramiento participativo en Veracruz, Puebla, Chiapas, Guerrero, Nayarit y Yucatán.	COLPOS/ Universidad Autónoma de Guerrero
Resguardo de germoplasma elite para posteriores trabajos de mejoramiento genético.	Manejo y reproducción de 43 accesiones de mamey del banco comunitario.	Instituto Tecnológico de Conkal
Reproducción de accesiones con potencial comercial.	Reproducción y envío de accesiones.	Universidad Autónoma de Chiapas
Incrementar el inventario de la diversidad de chicozapote y mamey.	Validación de accesiones en Yucatán, Chiapas, Puebla, Guerrero, Veracruz y Nayarit.	Universidad Autónoma de Chiapas
Buscar genotipos con características agroecológicas sobresalientes.	Evaluación morfológica de muestra representativa de la diversidad de mamey.	Universidad Autónoma de Nayarit
Promover la diversificación de productos con valor agregado.	Evaluación molecular de muestra representativa de la diversidad de mamey.	COLPOS
Evaluación y seguimiento de la Red.	Programa de mejoramiento a corto, mediano y largo plazo.	COLPOS

Los avances logrados en zapote mamey y chicozapote aún son limitados, por lo que es conveniente canalizar más recursos y enfocar esfuerzos en investigación, desarrollo de tecnología e innovación para hacer de su cultivo, alternativas económicas reales, viables y competitivas, con variedades y productos que sean dignos representantes de nuevas opciones productivas para el mercado regional, nacional e internacional. El aprovechamiento directo de la diversidad genética existente como resultado de la selección, multiplicación vegetativa y establecimiento de clones de los tipos sobresalientes identificados de estas especies, es el primer paso para su pronto cultivo a escala regional, como una primera etapa; mientras se desarrolla su mercado en otras regiones del país, se promueve su conocimiento agronómico-productivo, su mejoramiento genético (productividad y vida de anaquel) y su consumo fuera de México.

VI. Propósito de la Demanda:

Aprovechamiento del germoplasma de zapote mamey y chicozapote, mediante la multiplicación de clones sobresalientes en rendimiento, calidad, vida de anaquel; desarrollo y transferencia de tecnología de manejo de huertos, cosecha y postcosecha; y evaluación de mercados, en apoyo a la diversificación de cultivos y productos, para la atención a los recursos fitogenéticos de frutales nativos.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Identificar, describir, caracterizar y multiplicar genotipos/árboles sobresalientes (rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel) de zapote mamey y chicozapote, para su registro e iniciar un programa de desarrollo de tecnología e innovaciones para su producción comercial.

7.2. Objetivos Específicos

1. Identificar, describir, caracterizar y multiplicar genotipos/árboles sobresalientes para registrar nuevas variedades, promover y abastecer de planta, para ampliar la superficie cultivada.
2. Identificar y cartografiar con tecnología GIS, las zonas actuales y potenciales de producción en el territorio nacional para zapote mamey y chicozapote.
3. Generar desarrollos tecnológicos e innovaciones para la producción sustentable de zapote mamey y chicozapote (propagación-injertado, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades, cosecha, empaque y manejo postcosecha).
4. Desarrollar productos de alto valor tecnológico, económico y comercial para diversificar los usos alimenticios, industriales, medicinales y ornamentales del zapote mamey y chicozapote; así como la evaluación de mercados del fruto fresco y otros productos.
5. Desarrollar actividades de transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados generados en el proyecto para promover el cultivo, incrementar la productividad y la rentabilidad sustentable de zapote mamey y chicozapote.

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible”.

Congruente con el PND, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (PSDAPA) 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral; establece, en el Objetivo 1. “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; en la Estrategia 1.1. “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad” y en la Línea de Acción 1.1.1. “Implementar investigación y desarrollo tecnológico aplicado en proyectos de desarrollo rural sustentable a través del SNITT” (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable).

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada *“Aprovechamiento de la diversidad genética, desarrollo de tecnología e innovación en zapote mamey (Pouteria sapota) y chicozapote (Manilkara zapota)”*; misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

El potencial frutícola de México es amplio. Actualmente cuenta con 63 especies de frutas comercializadas, y 220 especies con potencial, de las cuales está documentada su utilidad (Borys y Leszczyńska-Borys, 2001).

La prioridad mundial que ha alcanzado la investigación sobre los recursos fitogenéticos, sobre todo de aquellos poco estudiados y con potencial comercial obedece entre otras cosas a los retos del cambio climático y a la demanda de alimentos de la creciente población (Núñez-Colín *et al.*, 2004). En México, algunas de estas especies frutales importantes como zapote mamey y chicozapote, han recibido poca atención pero presentan un elevado potencial económico. Estos frutales nativos deben revalorarse y ser incluidos en el futuro productivo del país, dado que son recursos genéticos de extraordinaria importancia para afrontar los retos de la diversificación productiva; desarrollo y acceso a nuevos mercados y la seguridad alimentaria nacional; por lo que su resguardo y aprovechamiento resultan estratégicos para el país.

IX. Productos a entregar:

1. Un documento con evidencia de trámite de registro para protección intelectual, con los resultados de la identificación, descripción, caracterización, multiplicación; y evaluación, de al menos ocho genotipos/árboles sobresalientes de zapote mamey y chicozapote (por rendimiento, calidad de fruto y vida de anaquel) para su promoción.
2. Memoria cartográfica impresa, digitalizada y descrita del sistema GIS sobre la zonificación agroecológica, distribución actual y potencial por cultivo (zapote mamey y chicozapote), con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
3. Manual y video por especie con el estado del arte y los resultados del proyecto sobre la tecnología e innovaciones para la producción (propagación-injertado, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades), cosecha, empaque y manejo postcosecha, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.

4. Documento con la descripción de los productos de alto valor tecnológico, económico y comercial generados a partir de zapote mamey y chicozapote; así como la evaluación de mercados del fruto fresco y los otros productos.
5. Un informe con los resultados de la transferencia de tecnología vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para promover los cultivos de zapote mamey y chicozapote con su tecnología de producción para inducir a la innovación.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Potenciación del valor económico y aprovechamiento comercial de zapote mamey y chicozapote en México.
- Incremento de la rentabilidad y competitividad de zapote mamey y chicozapote de México, en beneficio de productores, consumidores y la industria.
- Aumento de la superficie plantada y de la productividad de frutales de México, mediante el uso de agricultura de conservación y sistemas de producción eficaces.
- Desarrollo de las cadenas de valor para zapote mamey y chicozapote a nivel regional, nacional e internacional.

Social

- Fomento al desarrollo rural de México mediante la mejora de la producción, diversificación productiva, calidad y diversidad alimentaria, vía el impulso de nuevas alternativas de producción y sustento en

zonas rurales del país.

- Transferencia de tecnología y capacitación a productores innovadores en el manejo de nuevos sistemas de producción que permitan la producción y comercialización de los frutales emergentes de México.
- Conservación utilitaria de recursos genéticos frutales de México con alto valor comercial.

Tecnológico

- Registro de nuevas variedades de zapote mamey y chicozapote de México.
- Utilización de mejores técnicas de cultivo bajo agricultura de conservación y de manejo integrado de cultivos para generar mayor productividad y eficiencia de los sistemas de producción.
- Uso comercial de nuevas variedades seleccionadas de un grupo de frutales de México con alto potencial de aceptación en los mercados regionales, nacionales y eventualmente mundiales.

Ecológico

- Conservación de la diversidad biológica, la preservación y restauración de recursos genéticos de alto valor comercial mediante la valoración y diversificación y cultivo de zapote mamey y chicozapote en México, promueve.
- Producción sustentable de frutales de México mediante los principios de la agricultura de conservación (del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y manejo integrado de cultivos).

XI. Literatura citada

- Alia T. I., M. T. Colinas L., M. T. Martínez D. and M. R. Soto H. 2002. Physiological, biochemical and quality factors in sapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) fruits during postharvest. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8: 263-281.
- Alia-Tejagal, I., M. T. Colinas L., M. T. Martínez D. y M. R. Hernández S. 2005a. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). I. Comportamiento de volátiles, firmeza y azúcares totales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 17-24.
- Alia-Tejagal, I., M. T. Colinas L., M. T. Martínez D. y M. R. Hernández S. 2005b. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota*). II. Fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 25-32.
- Alia-Tejagal, I., M. T. Colinas L., M. T. Martínez D. y M. R. Soto-Hernández. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) durante postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8 (2): 263-271.
- Arellano D. N. 2012. Caracterización morfológica, estudio molecular y determinación de azúcares en zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn). Tesis de Maestri. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 95 p.
- Arenas-Ocampo, M. L., S. Evangelista-Lozano, R. Aranas-Erasquín, A. R. Jiménez-Aparicio and A. G. Dávil-Ortíz. 2003. Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) at different development and ripening stages. *Journal Food Biochem* 27: 91-107.
- Arévalo-Galarza, L. B. Bautista-Reyes, C. Saucedo-Veloz y T. Martínez-Damían. 2007. Almacenamiento refrigerado y aplicaciones de 1-metilciclopropeno (1-

MCP) en frutos de chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen). *Revista Agrociencia* 41: 469-477.

Arias R. S., Martínez-Castillo, J., Sobolev V. S., Blancarte-Jasso N. H., Simpson S. A., Ballard L. L., Duke M. V., Liu X. F., Irish B. M. and Scheffler B. E. 2015. Development of a Large Set of Microsatellite Markers in Zapote Mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) and Their Potential Use in the Study of the Species. *Journal Molecules* 20: 11400-11417.

Ariza-Flores, R., A. Barrios A., E. Vázquez G., S. Navarro G., A. Michel A. y A. Otero G. 2005. *Tecnología de Postcosecha en Mango, Papaya y Sapote Mamey*. INIFAP. Libro Técnico No. 2. México. 221 p.

Balerdi, C. F., and J. H. Crane. 2000. The sapodilla (*Manilkara zapota* Van Royen) in Florida. Horticultural Sciences Department Fact Sheet HS-1. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/MG057>.

Bautista, R. B., M. L. Arévalo, C. Saucedo y M. T. Martínez. 2005. Proceso de maduración de frutos de chicozapote (*Manilkara zapota* L. P. Royen), tipo fino. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1: 387-391.

Bayuelo-Jiménez, J. S. y I. Ochoa. 2006. Caracterización morfológica de sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) del centro Occidente de Michoacán, México. *Revista Fototecnia Mexicana* 29: 9-17.

Borys M. W., H. Leszczyńska-Borys. 2001. *El Potencial Frutícola de la República Mexicana*. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Toluca, México, 99 p.

Carraca S., R. Campbeli and R. Shnell. 2004. Genetic vaiation among cultivated selections of mamey sapote (*Pouteria* spp. Sapotaceae). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 117:195-200.

- Cen, C. F., C. D. Cituk, S. J. Tun y L. L. Pinzón. 1998. Inducción del prendimiento del injerto en mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), mediante técnicas agronómicas en vivero. *Horticultura y Ganadería Tropical* 7 (18): 1-7.
- Díaz-Pérez, J. C., A. Mejía, S. Bautista, R. Zavaleta, R. Villanueva y R. López-Gómez. 2001. Response of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) fruit to hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology* 22: 159-167.
- Díaz-Pérez, J. C., S. Bautista, R. Villanueva y R. López-Gómez. 2003. Modeling the ripening of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) fruit at various temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 28: 199-202.
- Díaz-Pérez, J. C., S. Bautista-Baños and R. Villanueva. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology* 18(1): 67-73.
- Ergun, M., S. A. Sargent, A. J. Fox, J. H. Crane and D. J. Huber. 2005. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. *Postharvest Biology and Technology* 36: 127-134.
- Espinosa Z. S., C. Saucedo V., A. Villegas M. y M. E. Ibarra E. 2005. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Guerrero, México. *Proc. Interamer. Soci. Hort.* 48: 135-138.
- Gaona-García A., I. Alia-Tejacal, V. López-Martínez, M. Andrade-Rodríguez, M.T. Colinas- León, O. Villegas-Torres. 2008. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el suroeste del estado de Morelos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(1): 41-47.

- Gazel, F. A. B. 2002. Caracterización de plantas de chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Van Royen) de la colección del CATIE, mediante el uso del análisis multivariado. *Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal* 24: 727-730.
- Gómez-Jaimes, R., D. Nieto-Ángel, D. Téliz-Ortíz, J. A. Mora-Aguilera, C. Nava-Díaz, M. T. Martínez-Damián, M. Vargas-Hernández. 2012. Manejo postcosecha de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and stearn) y su impacto en la calidad de la fruta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(2): 253-262.
- González-Hernández D., E. García-Pérez y P. Guntin-Marey. 2012. Caracterización genética de *Manilkara zapota* de Veracruz, México, con marcadores SSR. *Agrociencia* 46: 663-675.
- Govaerts, R., D. G. Frodin, and T. D. Pennington. 2001. *World Checklist and Bibliography of Sapotaceae*. Royal Botanic Gardens, Kew. 372 p.
- Granados F., J. C. 1990. Efecto de los reguladores de crecimiento en la injertación del zapote (*Colocarpum sapota*). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 36:40-42.
- IPGRI (The International Plant Genetic Resources Institute). 2001. *Regional Report Americas 1999-2000*. Rome. 32 p.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview, pp. 39-54. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Kader, A. A. (ed.). University of California Agricultura and Natural Resources, Publication 3311, USA.
- López B. V., C. A. Villaseñor P. y A. Pérez L. 2011. Propiedades mecánicas y respuesta fisiológica de frutos de chicozapote bajo compresión axial. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 20(3): 73-80.
- Manzano E., J. 2001. Caracteriación de algunos parámetros de calidad en frutos de zapote mamey (*Colocarpum sapota*) en diferentes condiciones de

almacenamiento. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticultura 43: 53-56.

Martínez M. A., I. Alia T. y M. T. Colinas L. 2006. Refrigeración de frutos de apote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) cosechados en diferentes fechas en Tabasco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29: 51-57.

Meghala R., K. V. Ravishankar, A. Lalitha and A. Rekha. 2005. Genetic diversity of Indian sapota (*Manilkara zapota*) cultivars characterized by RAPD markers. Plant Genetics Resources Newsletter 142: 43-46.

Miranda, M. R. A., S. Silva, A. Filgueiras, E. Alves and C. C. Araujo. 2002. Armazenamento de dois tipos de sapoti sob condição de ambiente. Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal 24: 644-646.

Miranda, M. R. A., S. Silva, A. Filgueiras. E. Alves and C. C. Araujo. 2001. Enzymes and pectin breakdown of sapodilla during modified atmosphere storage. Proceedings of the 312 Interamerican Society for Tropical Horticulture 45: 18-21.

Morais, P. L. D., C. O. Lima, E. Alves, A. Filgueiras y E. A. Almeida. 2006. Alteraciones físicas, fisiológicas y químicas durante el almacenamiento de dos variedades de zapote. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 41: 549-554.

Morais, P. L. D., C. O. Lima, R. A. Miranda, E. Alves and J. Silva. 2008. Enzyme activities and pectin breakdown of sapodilla submitted to 1-methylcyclopropene. Pesquisa agropecuaria brasileira 43: 15-20.

Núñez-Colín C. A., J. E. Rodríguez-Pérez, R. Nieto-Ángel y A. F. Barrientos-Priego. 2004. Construcción de dendogramas de taxonomía numérica mediante el coeficiente de distancias X2: una revisión. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 229-237.

- Pennington T. D. y J. Sarukhán. 1998. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. (3a ed.). Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 413 p.
- Popenoe W. 1948. Manual of Tropical and Subtropical Fruit. Collier-Macmillan Publishers. New York, London. 520 p.
- Proulx, E., M. Cecilia, N. Nunes, J. P. Emond and J. K. Brecht. 2005. Quality attributes limiting papaya postharvest life at chilling and non-chilling temperatures. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 118: 389-395.
- Rodríguez-Rojas T. J., M. Andrade-Rodríguez, I. Alia-Tejacal, V. López-Martínez, S. Espinosa-Zaragoza and H. Esquinca-Avilés. 2012. Caracterización molecular de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn). Revista de la Facultad de Agronomía LUZ 29: 339-354.
- Sandoval M. E., E. Nieto A., I. Alia T., V. López M., M. T. Colinas L., A. Martínez M., C. M. Acosta D., M. Andrade R., O. Villegas T. y D. Guillen S. 2006. Desarrollo del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Coatlán del Río, Morelos, México. Revista Fitotécnica Mexicana 29: 59-62.
- Saucedo-Veloz, C., A. Martínez-Morales, S. H. Chávez-Franco y R. M. Soto Hernández. 2001. Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) tratados con etileno. Revista Fitotecnia Mexicana 24: 231-234.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Producción agropecuaria anual. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (Fecha de consulta: 16 de julio, 2015).

Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). 2010. Disponible en: <http://www.sinarefi.org.mx/> (Fecha de consulta 28-07-2015).

Swenson, U., and A. A. Anderberg. 2005. Phylogeny, character evolution, and classification of Sapotaceae (Ericales). *Cladistics* 21: 101-130.

Toral J., J. O. 1988. El cultivo de mamey (*Calocarpum sapota*). Escuela Nacional de Fruticultura. Xalapa, Veracruz. 40 p.

Villanueva-Arce, R., S. Evangelista L., M. L. Arenas Ocampo, J. C. Díaz-Pérez y S. Bautista B. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 63-72.

Villegas, M. A. y A. Mora A. 2008. Propagación de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Steam), pp. 41-56. In: *El Zapote Mamey en México: Avances de Investigación*. Alia T., I., A. Villegas M., V. López M., M. Andrade R., C. M. Acosta D., O. G. Villegas T., D. Guillén S. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

Yahia, E. M. y R. Ariza. 2003. Postharvest hot air treatments effects on insect mortality and quality of sapote fruit (*Pouteria sapota*). *Acta Horticultura* 604: 691-693.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Teléfono: (55) 3871-1000 ext. 33312 y 33328

Correo Electrónico: belisario.dominguez@sagarpa.gob.mx

Demanda 3

TEMAS ESTRATÉGICOS TRANSVERSALES: EXTRACTOS BIOLÓGICOS

I. Título tema a demandar:

Optimización de la obtención y purificación escalada de compuestos biológicos activos de alto valor económico, tecnológico y comercial.

II. Beneficiarios del proyecto:

Los productores primarios, industriales, comerciantes y los consumidores de productos y subproductos agropecuarios, pesqueros-acuícolas y de recursos genéticos, de diferentes cadenas de valor importantes en el en el país.

III. Antecedentes:

Los compuestos bioactivos naturales incluyen una amplia gama de estructuras y funcionalidades de moléculas usadas en la elaboración de alimentos funcionales, productos nutracéuticos, aditivos de alimentos (colorantes, saborizantes, aromatizantes, antioxidantes, etc.), productos farmacéuticos, cosméticos y antimicrobianos, entre otros, de alto valor económico (Elizalde, 2008; Martínez, 2008; Gil-Chávez et al., 2013). Las plantas medicinales, las especias, frutas, verduras y otras plantas, incluso silvestres, son también fuente de sustancias biológicas activas de origen vegetal.

Se enlistan algunos extractos de especies con los siguientes compuestos activos: clavo (eugenol y acetato de eugenol), comino (cymol y cuminaldehido), cilantro (acetato de linalilo y D-linalol), jengibre (zingibereno y gingerol), canela

(cinnamicaldehyde), pimienta (piperina) y Ajwain (timol). Otros ingredientes activos de aceites esenciales de plantas: apio (β - Selinene, limoneno, cineole y zingiberene), chile (capsaicina) (Beckstrom y Duke, 1994) y orégano (carvacrol, α -terpeneol, γ -terpineno y timol; su aceite esencial tiene una fuerte actividad antimicrobiana).

En el caso de los compuestos activos de las especias, su actividad biológica es muy variada: plaguicida, expectorante, anticancerosa, herbicida, antiséptico, analgésico, antiinflamatoria, antidepresivo, fungicida, hipoglucémico, antibacterial, antimigraña, antioxidante, antidiabético, antiulceroso, antiasmáticos, antiviral, laxante, sedante, inmunoestimulante, anestésico, hepatoprotector o antiagregante (Elizalde, 2008).

El valor mundial del consumo de colorantes alimenticios naturales, se estima en más de 1000 millones de dólares (Lashkari, 1999). En lo terapéutico, basta conocer que el 80% de la población mundial utiliza medicamentos naturales (Duke, 1994). En 1999, la demanda mundial de medicamentos a base de plantas se estimaba en 12 millones de dólares, de los cuales aproximadamente la mitad se debe a China; así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS), preveía un negocio potencial de 5 billones de dólares en productos de cuidado de la salud a base de hierbas en todo el mundo (Lashkari, 1999). En general, el mercado mundial de colorantes alimentarios tenía un valor estimado de US\$ 1.550 millones en 2011 - un crecimiento del 13% desde 2007. Sin embargo, los niveles de crecimiento anual promedio actuales son del 2-3%, por debajo del 4-5% de la mayor parte de la década anterior (Anónimo, 2015a).

En 2011, las ventas globales de colorantes naturales ascendieron a aproximadamente 600 millones USD, lo que representa un incremento de casi el 29% con respecto a 2007 y demuestra un crecimiento anual superior al 7%; la cuota del mercado total de colorantes alimentarios correspondiente a las variedades naturales se ha incrementado desde poco más de un tercio (34%) en 2007 hasta casi el 39% en 2011. Por el contrario, el crecimiento del mercado de los colorantes artificiales/sintéticos ha sido más modesto, con un incremento del

valor de las ventas inferior al 4% entre 2007 y 2011; el valor actual del segmento se calcula en aproximadamente 570 millones USD, lo cual equivale al 37% del mercado global (frente al 40% en 2007) (Anónimo, 2015b).

La extracción comercial de diversos compuestos biológicos activos (extractos y esencias) de origen natural a partir de plantas (hojas, flores, frutos, semillas, raíces y tubérculos) se hace principalmente por medio de solventes orgánicos. Entre las desventajas de los solventes orgánicos de extracción, están: no son completamente eliminados (lo que contamina al producto final); cambios de aroma, sabor y actividad de los compuestos extraídos; pierden tanto compuestos fenólicos como capacidad oxidativa (posterior a la obtención de los extractos de frutas (manzana) (Elizalde, 2008; Martínez, 2008).

Entre las materias primas de los carotenoides (colorantes naturales), están: 1) pastos (clorofila); 2) cáscara de naranja (xantofilas, α - y β -carotenos); 3) cúrcuma (curcumina); 4) chiles (oleorresinas) 5) zanahoria (β -caroteno); 6) achiote (bixina, usado en queso, mantequilla, margarina y en cosméticos) y 7) otros: raíz echoides (*Nobilis arnebia*) pigmento de color púrpura-azul; *Rheum emodi* y *rubia* (pigmentos rojos naturales) (Elizalde, 2008; Martínez, 2008).

Extractos y esencias de plantas. Entre otros compuestos biológicos están los extractos de frutas y de las especias [dos tipos: aceite esencial (aroma o sabor, obtenido por destilación al vapor) y oleorresina (sabor picante; obtenido de la fracción más elevada de ebullición)]. Los extractos de especias son sustancias de sabor fuerte o aromáticas usadas como condimento para estimular el apetito, ocultar olores indeseables, conservar alimentos y bebidas, y dar valor terapéutico (Duke, 1994).

Compuestos activos de plantas medicinales. Los principales compuestos responsables de los remedios a base de hierbas son: alcaloides (cafeína, capsaicina, quinina, codenina, morfina y nicotina), flavonoides (antioxidantes: quercetina, ramnetina, kaemferol, rutina o vitamina P y la quercitrina), carotenoides (capsaicina), mucílagos, resinas (bálsamo), glucósidos

(salicina/aspirina), taninos (constrañen piel y vasos sanguíneos), aceites volátiles, antibióticos (compuestos de azufre en el ajo, glucósidos de la mostaza y alcaloides en lirio de agua), vitaminas y minerales (Arraiza, 2009).

Extractos y sustancias de otras plantas. Amapola (morfina) y Cochicum (colchicina) (Peterson, 1995). Ginkgo biloba, contiene 24% de quercetina e isoramnetina (actualmente la medicina herbal más popular en el mundo contra envejecimiento, pérdida de memoria, depresión, insuficiencia cerebrovascular, impotencia y la senilidad). Centella asiática hierba Indú consumida por más de 3,000 años, considerada hierba rejuvenecedora muy importante, ya que revitaliza nervios, amplía la comprensión y la capacidad intelectual, para mejorar la memoria, la concentración y agudiza los reflejos mentales y físicos (Mykhopadhyay, 2000). Eucalipto, produce 0.75 a 1.25 % de aceite esencial (70-85% es cineol), agente aromatizante y para formulaciones antimicrobianas y antisépticas. Menta (mentol y acetato de metilo), aceites esenciales con propiedades antitumorales, inmunoestimulantes, antibióticas y farmacológicas. Azafrán (*Crocus sativus*) producto natural muy costoso, contiene de 0.6 a 1.4 % de aceite esencial en sus flores (safranal) y el color naranja claro se debe a la crocina (Mahindru, 1992). Jojoba (*Simmondsia californica*; *Simmondsia chinensis*) las semillas contienen de 45 a 55% de “aceite” (no graso porque es una cera líquida) con propiedades químicas similares a las del aceite de ballena, inodoro, de cadena muy larga y de elevada estabilidad térmica (hasta 315 °C), con amplias aplicaciones en cosméticos (sin aceite), lubricantes, productos farmacéuticos, aceite de cocina vegetal, desinfectantes, surfactantes y cuidado de la higiene personal.

Se producen más de 2,000 t de aceite de jojoba cada año para una gran variedad de productos químicos, de las que 750 t (37.5%), se utilizan en cosméticos. Se comercializa en todo el mundo. El mercado potencial mundial de aceite de jojoba se estima en 64,000 t·año⁻¹; la demanda de aceite de jojoba crece 12% anualmente y su precio se estabilizará en US \$2.4/kg de semilla; sólo Alemania

importa 710 t-año-1 de aceite, observándose una tendencia creciente en las importaciones de este país a partir de 1992 (Anónimo, S/f).

El comercio del aceite de jojoba, alcanza los 422 millones de dólares, de los cuales, el principal proveedor es Estados Unidos con un 30%. En la producción de semillas, Argentina se ubica en el primer lugar con 48% de la producción seguida por Estados Unidos e Israel (Menchaca et al., 2007).

Polifenoles del té verde. Flavan-3-oles, catequinas, flavonoles, glucósidos de flavonol, teaflavinas y thearubigenos, son antioxidantes 20 veces más eficaces que el ácido ascórbico (vitamina C). El té verde contiene 13.6% de catequinas (flavan-3-oles), 39% de polifenoles, 3.5% de methylxanthinas, 1.5% ácido fenólico y 4.0% de aminoácidos, además de 25% de carbohidratos, 15% de proteína y 6.5% de lignina (Ho, 1992).

Alcaloides anticancerígenos de plantas. Monocrotalina alcaloide de semillas (4.4 %) de *Crotalaria spectabilis*. Maitansina (*Maytenus senegalensis*) especie que presenta propiedades alcaloides bioactivas (McHugh y Krukoni, 1994). Taxol de la corteza (50 y 160 mg·kg⁻¹ de corteza) del árbol de tejo (*Taxus brevifolia*), alcaloide con actividad inhibidora de tumores de cáncer de ovario, mama, pulmón y de colon.

Extracción de drogas y antivirales naturales. Cada vez es más importante la búsqueda de nuevos compuestos de origen natural con actividad antiviral (terpenoides y terpenos fenólicos, entre otros), extraídos por purificación a partir de una mezcla o de matrices naturales, con el fin de luchar contra nuevos tipos de virus. En éste caso, la cristalización y formación de partículas, ha experimentado enorme desarrollo en los últimos años (Smidling et al., 2008).

IV. Problemática:

Los compuestos biológicos activos son de estructura y función muy diversa. Tienen múltiples usos industriales, alimenticios, farmacéuticos y cosméticos. En la industria alimenticia se usan como colorantes, aromatizantes, aditivos,

saborizantes, antioxidantes y microbicidas, etc.; son de alto valor económico porque los productos naturales son preferidos sobre los sintéticos (Gil-Chávez et al., 2013).

La obtención industrial de sustancias y extractos activos, aún se basa principalmente en solventes (reciclables) con propiedades tóxicas como n-hexano y con frecuencia los compuestos a extraer son termolábiles, por lo que se deben proponer nuevos procesos industriales de extracción, para disminuir el impacto ambiental, las mermas y la desnaturalización por altas temperaturas. Se trata de agregar valor incluso a residuos de materias primas naturales, de evitar la contaminación por disolventes y minimizar la desnaturalización del producto (Fernández-Barbero, 2007).

Cuando el extracto es termolábil (carotenoides, capsaicinoides y jugos de frutas entre otros) debe cambiarse la tecnología convencional; por ejemplo, a la de fluidos supercríticos, donde el disolvente usado siempre es el CO₂ (fluido supercrítico), ya que por sus características puede aplicarse a la extracción de compuestos que se dañan con la elevada temperatura del proceso.

Durante el tratamiento térmico y los procesos de concentración, los jugos de fruta pueden sufrir cambios en los perfiles de sabor. En la elaboración de jugo de uva, el 99.3 % del sabor cambia durante su procesamiento (Ohta et al., 1994).

Tecnologías de extracción. La extracción por fluidos supercríticos permite obtener los compuestos biológicos activos libres de residuos de disolventes y sin mermas por desnaturalización debidas a temperaturas y presiones elevadas. Fluido supercrítico, es una sustancia, mezcla o elemento que, mediante operaciones mecánicas, bajo unas condiciones operativas de presión y temperatura, se sitúa por encima de su punto crítico, pero por debajo de la presión que hace falta para condensarlo a sólido.

Los fluidos supercríticos son muy usados en la extracción de diversos compuestos naturales activos a partir de plantas y frutos. El CO₂ es el disolvente supercrítico que más se ha empleado debido a que su temperatura crítica es baja (304.25 °K),

lo que lo hace apropiado para extracciones de compuestos termolábiles, como los carotenoides y capsaicinoides, que se descomponen por temperaturas por arriba de 335 °K (Fernández-Barbero, 2007).

La extracción por fluidos supercríticos requiere de estudios previos de las propiedades básicas del soluto (equilibrio de fases, datos de solubilidad, y propiedades volumétricas y de transporte) a partir de una muestra simple o mezclada, para establecer las condiciones de temperatura y presión a las cuales el soluto requerido es más soluble en CO₂. El muestreo para determinar la solubilidad de sólidos en solventes supercríticos reportado en la literatura presenta problemas, pues se encuentran desviaciones de entre 20 y 80% en la solubilidad, para un mismo sistema, a las mismas condiciones de trabajo. Esto hace necesario la determinación experimental de las propiedades para sistemas sólido+solvente supercrítico, ya que al contar con datos confiables de solubilidad, éstos pueden ser utilizados en la validación de modelos termodinámicos de extracción eficiente y en el diseño de los procesos a nivel industrial (Fernández-Barbero, 2007).

V. Logros y avances:

Tecnologías emergentes de extracción. Entre las nuevas técnicas de extracción de compuestos naturales activos están: 1) la extracción asistida por ultrasonido (la muestra/material a extraer se coloca en un recipiente de extracción y se le aplica ultrasonido, pudiendo controlar la temperatura; es necesaria la filtración y en ocasiones la centrifugación del material); 2) la extracción asistida por microondas (la muestra/material se coloca en un recipiente abierto o cerrado, se le adiciona el disolvente de extracción y se le suministra energía (calor) en forma de microondas (Soria y Villamiel, 2010; Zhang et al., 2011); 3) la extracción mediante fluidos presurizados (la muestra/material se coloca en el recipiente de extracción y se presuriza con el disolvente, habitualmente calentado por encima de su punto de ebullición para liberar el extracto) (Duarte et al., 2004) y 4) altas presiones

hidrostáticas, es una de las técnicas más recientes, usada para procesamiento no térmico de alimentos (García et al., 2013).

Las ventajas de la tecnología de microondas sobre las técnicas de extracción convencionales, incluyen menor contaminación ambiental, una mayor eficiencia de la extracción y más corto tiempo de extracción. Tiene dos limitaciones a mejorarse, previo a su aplicación industrial: 1) la recuperación de compuestos no polares y 2) la modificación de la estructura química de los compuestos, ya que puede alterar su bioactividad y limitar su aplicación (Gil-Chávez et al., 2012). En USA se ha utilizado a las microondas para la extracción de proteínas (Peredo-Luna et al., 2009), azúcares (Karki et al., 2010), complejo de polisacáridos-proteína (Cheung et al., 2012) y aceite (Adam et al., 2012), entre otros. Estudios muestran que la recuperación, la capacidad antioxidante y perfil de extractos están fuertemente influenciadas por variables como tiempo de extracción, la temperatura y la frecuencia (Hossain et al., 2012).

La tecnología de extracción mediante fluidos supercríticos tiene amplio rango de aplicaciones a nivel industrial. En todos los casos, según Martínez (2008), es necesario establecer: 1) la capacidad de trabajo en volumen de procesamiento de materia prima por turno, día o anual, para que la planta sea rentable; 2) el tipo de fluido supercrítico por aplicar (en extractos biológicos termolábiles siempre debe ser el CO₂ y 3) el método de extracción: continuo, semicontinuo y por flujos. Deben ser definidos también: a) las mejores condiciones de trabajo para los extractores (temperatura, presión, carga de CO₂ y tamaño óptimo de la materia prima); b) el flujo de CO₂ supercrítico y la reducción mínima de su poder disolvente en la separación, para optimizar la recompresión (la parte económica determinante del proceso); c) preparación de la materia prima (humedecimiento máximo, etc.) para facilitar la extracción; d) la deshidratación final y determinación de la densidad; e) el contenido inicial de la sustancia de interés en la materia prima y f) la rentabilidad de la recuperación del extracto, una vez establecido el sistema separador más adecuado.

En la extracción mediante fluidos supercríticos (la muestra se coloca en una cámara a alta presión y es extraída con el fluido supercrítico que puede circular a través de la muestra en circuito cerrado o abierto (p.ej. CO₂ a presiones mayores que 72 atm y a temperaturas mayores que 33 °C) después de la despresurización, los analitos son recogidos en un disolvente orgánico o en una trampa sólida. La extracción con fluidos supercríticos se ha estudiado con profundidad únicamente para sustancias termolábiles (capsaisinoides, etc.) (Mykhopadhyay, 2000; Duarte et al., 2004).

En México se han realizado extracciones de capsaicinoides con CO₂ supercrítico a partir de muestras de chile poblano verde con los métodos analíticos dinámico y estático con buena solubilidad, aún a partir de concentraciones bajas de soluto, en una planta de extracción a escala de laboratorio. La mayor eficiencia y mejores condiciones de extracción (28.3%) para la capsaicina fueron establecidas a 313 °K y a 30 MPa (Elizalde, 2008). Lo equivalente se ha hecho en España para la extracción de oleoresina a partir de chile pimiento (Fernández-Trujillo, 2008).

VI. Propósito de la demanda:

Optimizado, escalado y aplicación comercial de tecnología avanzada no convencional para la obtención y purificación de compuestos biológicos activos de alto valor económico, tecnológico y comercial, a partir de productos y subproductos agropecuarios, pesqueros-acuícolas y de recursos genéticos importantes en el sector agroalimentario nacional.

VII. Objetivos:

7.1 Objetivo General

Optimizar, escalar y aplicar comercialmente alguna tecnología avanzada no convencional para la obtención y purificación de compuestos biológicos activos de alto valor económico, tecnológico y comercial, a partir de productos y

subproductos agropecuarios, pesqueros-acuícolas y de recursos genéticos importantes en el sector agroalimentario nacional, para contribuir al desarrollo de cadenas de valor.

7.2 Objetivos específicos

1. Elaborar fichas técnicas y catálogos los extractos biológicos activos (al menos 40), factibles de ser obtenidos a partir de cultivos, productos y subproductos agropecuarios, acuícolas-pesqueros y de recursos genéticos nacionales disponibles en México, que purificados resulten de alto valor económico, comercial y tecnológico.
2. Optimizar a escala comercial rentable, alguna tecnología avanzada no convencional de obtención-purificación para al menos seis extractos biológicos activos (funcionales, nutracéuticos, farmacológicos, microbicidas, antivirales, anticancerígenos o industriales) de alto valor económico, tecnológico y comercial, a partir de diferente fuente con disponibilidad garantizada en el contexto de la producción de los sectores agroalimentario, acuícola-pesquero y de recursos genéticos.
3. Escalar y aplicar comercialmente alguna tecnología avanzada no convencional rentable que permita obtener y purificar al menos seis extractos biológicos activos de alto valor económico, comercial y tecnológico a partir de cultivos o productos y subproductos, agropecuarios, acuícolas-pesqueros y de recursos genéticos.
4. Realizar transferencia de tecnología vinculada a las innovaciones tecnológicas disponibles (estado del arte) y a las generadas en el proyecto para implementar la operación de la tecnología escalada (planta piloto o comercial).

VIII. Justificación

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible”.

Congruente con el PND, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (PSDAPA) 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral; establece, en el Objetivo 1. “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; en la Estrategia 1.1. “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad” y en la Línea de Acción 1.1.1. “Implementar investigación y desarrollo tecnológico aplicado en proyectos de desarrollo rural sustentable a través del SNITT” (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable).

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada “Optimización de la obtención y purificación escalada de compuestos biológicos activos de alto valor económico,

tecnológico y comercial”; misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

Los siguientes datos dan cuenta de la disponibilidad y tipo potencial de materia prima directa o de desechos, en donde es aplicable la tecnología a generar en el marco de la presente demanda:

1. La superficie total sembrada en México durante 2007-2009 fue de 21.8 millones de hectáreas. De ésta, las frutas y hortalizas ocuparon 9.0% y contribuyeron con 35.0% del valor de la producción agrícola total. El crecimiento de la superficie sembrada con frutas y hortalizas (56.4 y 71.8%, respectivamente) ha sido superior que el de la superficie sembrada total, que ascendió a 21.3% de 1980 a 2009. Las frutas y hortalizas no solo incrementaron en superficie sembrada, sino que se diversificaron: en 1980 se listaron en SIACON 36 cultivos hortícolas y 52 frutales, y para 2009 el número creció a 56 hortalizas y 64 frutales, debido a su mayor densidad económica que los granos y cereales (Cruz-Delgado et al., 2013).

2. En la actualidad México cuenta con numerosos cultivos que generan grandes volúmenes de cosecha e incluso de residuos de los que con la tecnología adecuada de extracción se pueden recuperar subproductos y compuestos activos de alto valor económico, tecnológico y comercial. La superficie sembrada y la producción de cacao (61,000 ha, 27,619 t), café (700,000 ha, 1,257,983 t), caña de azúcar (783,000 ha, 61,182,077 t), toronja (17,000 ha, 425,433 t), limón (150,000 ha, 2,120,613 t), naranja (321,000 ha, 4,409,968 t), mango (178,000 ha, 1,603,810 t), coco/copra (125,000 ha, 202,684 t), nogal/nuez (73,000 ha, 106,945 t) y de hierbas aromáticas y medicinales (51,200 ha, 120,000 t) cubren en conjunto 2,459,200 ha sembradas y una producción 10,275, 000 t de cosecha (SIAP, 2014), de las cuales muchos de los residuos se desperdician en campo, en las plantas agroindustriales o en la basura de los hogares.

Con base en los productos o residuos que se mencionan, con las tecnologías adecuadas de obtención, se pueden extraer y desarrollar diversos productos de alto valor económico, tecnológico y comercial.

IX. Productos a entregar:

1. Un documento (catálogo) con al menos 40 fichas técnicas con la descripción y caracterización de los extractos biológicos activos, factibles de ser obtenidos de manera rentable a partir de cultivos, productos y subproductos agropecuarios, acuícolas-pesqueros y de recursos genéticos nacionales disponibles, que resulten de alto valor tecnológico, económico y comercial, con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
2. Al menos dos documentos por compuesto biológico obtenido y purificado a nivel industrial con tecnología de extracción avanzada no convencional: uno con los protocolos de la(s) tecnología(s) desarrollada(s), calibrada(s) y escalada(s), y otro con los desarrollos tecnológicos o modelos de utilidad para optimización de la obtención-purificación de al menos seis extractos biológicos activos purificados de alto valor económico, tecnológico y comercial, con las respectivas evidencias de trámite para registro de propiedad intelectual.
3. Un documento con el diseño estructural y de operación con los correspondientes estudios para el establecimiento de una planta extractora con tecnología(s) avanzada(s) no convencionales, para la obtención y purificación de seis extractos biológicos activos de alto valor tecnológico, económico y comercial, con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
4. Un documento con los protocolos de arranque, calibración, operación y mantenimiento de la planta piloto desarrollada y sus componentes (extractores, separador, compresor, bombas, equipo de control y de seguridad) para la obtención y purificación de los extractos biológicos activos, con evidencia de trámite para registro de protección intelectual.

5. Un documento con la descripción, con fines de registro y protección intelectual, de la “planta” y de los correspondientes procesos de optimización, escalamiento y aplicación de la tecnología avanzada no convencional para la obtención y purificación de al menos seis extractos biológicos de alto valor económico, tecnológico y comercial, obtenidos de productos, subproductos agrícolas o de recursos asociados al sector agroalimentario.

6. Un informe de la transferencia de tecnología realizada sobre el estado del arte y a los resultados del proyecto para inducir innovación, con evidencia de trámite para registro de protección intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Mejoramiento de la rentabilidad de las cadenas de valor agroalimentarias.
- Desarrollo y diversificación de algunas cadenas valor agroalimentarias.
- Agregación de alto valor tecnológico, económico y comercial a productos y subproductos del sector agroalimentario.
- Reducción de las importaciones de extractos y esencias purificadas de origen vegetal, pecuario, pesquero y otros naturales.

Social

- Disponibilidad de tecnología nacional validada para la obtención de extractos y esencias de alto valor tecnológico, económico y comercial.
- Disponibilidad de nuevos productos biológicos nacionales de alto valor en el mercado nacional e internacional.
- Generación de empleo en las zonas productoras donde se instale la planta de extractos biológicos.

- Transferencia de tecnología a productores innovadores e industriales en la operación y mantenimiento de la planta de extractos biológicos.

Tecnológico

- Validación y aplicación de tecnología nacional para generar nuevos productos biológicos de alto valor agregado económico, tecnológico y comercial.
- Difusión y adopción de equipo y procesos tecnológicos avanzados no convencionales para obtener nuevos productos bioactivos naturales valiosos.
- Nuevos sistemas de producción agroindustriales eficientes y rentables.
- Menores pérdidas por desnaturalización de los extractos termolábiles, al usar procesos extracción a baja temperatura y presión.
- Aprovechamiento agroindustrial rentable, sustentable y competitivo de recursos bióticos no convencionales.

Ecológico

- Disminución en la contaminación ambiental al prescindir de los solventes de extracción convencionales, con el uso de fluidos supercríticos u otras tecnologías avanzadas no convencionales de bajo impacto ambiental.
- Aprovechamiento industrial de subproductos y residuos de agropecuarios y pesqueros.
- Menor presión sobre tierras y cuerpos de agua para la producción de alimentos, al usar recursos bióticos alternativos y residuos agropecuarios y pesqueros.

XI. Literatura Citada

- Anónimo. S/f. El cultivo de la jojoba. Disponible en: <http://www.guiadelemprendedor.com.ar/Jojoba.htm> (Fecha de consulta: 15/07/2015).
- Anónimo. 2015a. Colorantes naturales superan en ventas a los artificiales. Disponible en: <http://www.clubdarwin.net/seccion/negocios/colorantes-naturales-superan-en-ventas-los-artificiales>. (Fecha de consulta: 27/07/2015).
- Anónimo. 2015b. Un nuevo informe de Mintel y Leatherhead Food Research revela que las ventas de colorantes alimentarios naturales superaron a las de colorantes artificiales/sintéticos. Disponible en: <http://es.mintel.com/blog/las-ventas-de-colorantes-alimentarios-naturales-suben> (Fecha de consulta: 27/07/2015).
- Arraiza B., M. P. 2009. Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales, pp: 56-65. In: Los Principios Activos de las Plantas Medicinales y Aromáticas. Disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema6.pdf> (Fecha de consulta: 22/07/2015).
- Beckstrom, S. M. and J. A. Duke. 1994. Potential for synergistic action of phytochemical in spices, pp. 201–222. In: Spices, Herbs and Edible Fungi. Charalambous, G. (Ed.). Development in Food Science Series. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Cheung Y. C., K. C. Siu, Y. S. Liu and J. Y. Wu. 2012. Molecular properties and antioxidant activities of polysaccharide-protein complexes from selected mushrooms by ultrasound-assisted extraction. *Process Biochemistry* 47(5): 892-5.

- Cruz-Delgado D., J. A. Leos-Rodríguez y J. R. Altamirano-Cárdenas. 2013. México: Factores explicativos de la producción de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(3): 267-278.
- Duarte, C., M. Moldao-Martins, F. Gouveia A., S. Beirao da Costa, A. E. Leitao and M. G. Bernardo G. 2004. Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). *The Journal of Supercritical Fluids* 30: 155-161.
- Duke, J. A. 1994. Biologically active compounds in important spices, pp. 225-250. In: *Spices, Herbs and Edible Fungi*, Charalambous, G. (Ed.). *Development in Food Science Series*, Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Elizalde, S. O. 2008. Solubilidades de la capsaicina y pigmentos liposolubles (carotenoides) del chile poblano en CO₂ supercrítico. Tesis de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 163 p.
- Fernández-Barbero, G. 2007. Extracción, análisis, estabilidad y síntesis de capsaicinoides. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Analítica. Univesidad de Cádiz. Cádiz, España. 289 p.
- Fernández-Trujillo, J. P. 2008. Extracción con CO₂ supercrítico de oleorresina y otras fracciones de pimentón dulce y picante. *Revista Grasas y Aceites* 59(1): 7-15.
- García E. G., D. R. Álvarez, H. S. García G., E. Montalvo G., B. Tovar G. y M. Mata M. de O. 2013. Efectos de las altas presiones hidrostáticas sobre la microestructura de mango (*Manguiфера indica* L) cv Kent. *Revista Universo de la Tecnología* 16: 7-9.
- Gil-Chávez G. J., A. Villa J., J. F. Ayala-Zavala, J. Heredia B., D. Sepulveda, M. Yahia E. and G. A. González-Aguilar. 2013. Technologies for extraction and production of bioactive compounds to be used as nutraceuticals and food

ingredients: an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12: 5-23.

Ho, C. T. 1992. Phenolic compounds in food, pp. 2-7. In: *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II*. M. T. Huang, C. T. Ho and C. Y. Lee (Ed.). ACS Symposium Series 507. American Chemical Society. Washington, D. C.

Hossain M. B., P. Brunton N., A. Patras, B. Tiwari, C. O'Donnell, B. Martin-Diana A. and C. Barry-Ryan. 2012. Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Marjoram (*Origanum majorana* L.) using response surface methodology. *Ultrason Sonochem* 19(3): 582-590.

Karki B., P. Lamsal B., S. Jung, H. Van Leeuwen J., L. Pometto A., Grewell D. and K. Khanal S. 2010. Enhancing protein and sugar release from defatted soy flakes using ultrasound technology. *Journal of Food Engineering* 96(2): 270-278.

Lashkari, Z. 1999. A story of resurgence of natural products. *Finechem from Natural Products* 1(4): 131-157.

Mahindru, S. N. 1992. *Indian Plant Perfumes*. Edit. Metropolitan. New Delhi, India. 215 p.

Martínez, L. J. 2008. *Supercritical Fluid Extraction of Nutraceuticals and Bioactive Compounds*. Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press. Boca Ratón, Florida. 424 p.

McHugh, M. and V. Krukonis. 1994. *Supercritical Fluid Extraction*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Stoneham, M. A. 304 p.

Menchaca Z. C. P., E. Lyon and G. Brugnoli. 2007. *Agroindustria de aceite de jojoba. Diversificación productiva en la Provincia de Chañaral*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Disponible en:

http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/menchaca_c/sources/menchaca_c.pdf (Fecha de consulta: 15/07/2015).

- Mykhopadhyay, M. 2000. Natural extracts using supercritical carbon dioxide, pp: 201-225. In: 7 Herbal Extracts CRC Press. Boca Ratón Florida.
- Ohta H., V. Nogata and K. Yoza. 1994. Flavor change of grape juice during processing, pp: 900-902. In: Developments in Food Engineering, Matsuno, T. Y. R., Nakamura, K. (Eds.). Blackie Academic & Professional, U. K.
- Peredo-Luna, H. A., E. Palou-García y A. López-Malo. 2009. Aceites esenciales: métodos de extracción. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 3-1: 24-32.
- Peterson, N. 1995. Herbal Remedies. Blitz Editions. Amazon Publishing Ltd. Middlesex. 257 p.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Atlas Agroalimentario México 2014. SAGARPA. México.196 p.
- Soria A. C. and M. Villamiel. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. Trends in Food Science & Technology 21(7): 323-331.
- Smidling D., D. Mitic-Culafic, B. Vukovic-Gacic, D. Simic and J. Knezevic-Vukcevic. 2008. Evaluation of antiviral activity of fractionated extracts of Sage *Salvia officinalis* L (Lamiaceae). Archives of Biological Science Belgrade 60: 421-429.
- Zhang H. F., H. Yang X. and Y. Wang. 2011. Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants: current status and future directions. Trends in Food Science & Technology 22(12): 672-688.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Teléfono: (55) 3871-1000 ext. 33312 y 33328

Correo Electrónico: belisario.dominguez@sagarpa.gob.mx