

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

CONVOCATORIA 2013-2



ANEXO B DEMANDAS DEL SECTOR 2013-2

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 clasificadas en las siguientes áreas estratégicas:

I Sistemas Producto Prioritarios

II Temas Estratégicos Transversales

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

I. Demandas por Sistema Producto Prioritarias

Demanda 1.1

SISTEMA PRODUCTO GUAYABA

I. Título tema a demandar:

Validación de variedades registradas, selecciones locales de guayabo (*Psidium guajava* L.) y desarrollo de tecnología para su nutrición y manejo de plagas para incrementar productividad y calidad de fruta exportable

II. Beneficiarios del proyecto:

9,774 productores asociados al Comité Nacional Sistema Producto Guayaba A.C. de los Estados de Michoacán, Aguascalientes, Zacatecas, México, Guerrero, Jalisco, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo y Nayarit.

III. Antecedentes:

La guayaba es una fruta de intenso sabor, nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América, y más específicamente de Mesoamérica, que incluye desde el sureste de México hasta el Perú. Lo anterior se atribuye a los hallazgos arqueológicos encontrados en excavaciones realizadas en Puebla, México y Perú (Smith, 1967), lo que hace pensar que fue cultivada desde antes de la llegada de los españoles. Después del descubrimiento de América se introdujo a otros continentes e incluso llegó a creerse que era originaria de Asia, ya que en esta región se le conoce desde hace varios siglos y crece en forma silvestre.

El guayabo pertenece a la familia de las Mirtáceas y su nombre científico es *Psidium guajava* L. Los principales países productores son: India, Pakistán, México, Brasil, Filipinas, Colombia, Perú, Ecuador, Sudáfrica, Estados Unidos, Venezuela, Costa Rica, Cuba y Puerto Rico.

La guayaba se encuentra entre las 20 frutas más importantes que se producen en nuestro país, con una superficie total de 22.5 mil hectáreas, de las cuales se obtiene una producción anual de 305 mil toneladas, generando anualmente más de cuatro millones de jornales. El 94 % de la producción nacional se concentra en los Estados de Michoacán, Aguascalientes, Zacatecas, México y Guerrero. Durante la última década la producción nacional ha aumentado ligeramente, con una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del 1.4 %; sin embargo, entidades como el Estado de México y Michoacán, han tenido una TMCA del 5.8 y del 2.3 %, respectivamente (SIACON–SAGARPA 2012).

La guayaba es una fruta altamente perecedera y el mercadeo del producto fresco carece de una infraestructura adecuada para su distribución; por esto, es razonable que las perspectivas de comercialización deben orientarse hacia el consumo fresco y la transformación. Cabe señalar que la versatilidad de la guayaba como materia prima y el alto contenido nutritivo de sus derivados, la potencian con gran fortaleza de competitividad que le permite una mejor aceptación de sus productos.

La guayaba tenía una marcada estacionalidad de producción hacia los meses de otoño e invierno; sin embargo, ahora es posible programar la cosecha para obtener fruta todo el año en las regiones donde no se presentan heladas como: Michoacán, Estado de México, Guerrero y Nayarit.

Con el manejo actual del cultivo es posible obtener producciones desde 15 hasta 22 ton ha⁻¹ lo que es considerado bajo, ya que existen registros de producciones superiores a 30 ton ha⁻¹, alcanzados con buenas prácticas agrícolas y experimentalmente con altas densidades de población, material genético homogéneo, poda anual y en verde.

El principal mercado de México para la exportación de fruta fresca es el de Estados Unidos, a donde se destina 91 %, le sigue en importancia Canadá con el 7 %. Cabe mencionar que en Estados Unidos la población hispana es la principal consumidora de guayaba.

IV. Problemática:

En la producción comercial de la fruta del guayabo, los productores señalan como principales debilidades las siguientes:

1) Heterogeneidad genética y falta de variedades y selecciones.

México es uno de los países donde tiene su origen la guayaba, existe gran diversidad de genotipos y las primeras plantaciones comerciales se establecieron en la zona de Calvillo, Aguascalientes, con materiales de diferente origen (silvestres, de traspatio o de huertos familiares) seleccionados por los propios productores. Posteriormente el cultivo se diseminó a diferentes regiones agroclimáticas. Los métodos de propagación utilizados (semilla e “hijuelos”) contribuyeron también a la mezcla de genotipos dentro de las huertas. Esto ha ocasionado que en las plantaciones actuales exista gran heterogeneidad en la fruta, afectando la uniformidad, calidad y presentación en los mercados nacionales e internacionales. Por otra parte, la guayaba cosechada en las principales zonas productoras corresponden a los tipos conocidos genéricamente como “china” y “media china”, que es el material genético que predomina en las huertas a nivel nacional; no obstante, actualmente en México existen cinco variedades registradas por el INIFAP (SNICS, 2011).

2) Inadecuado manejo fitosanitario del cultivo del guayabo.

El control de plagas y enfermedades del guayabo con frecuencia es deficiente, lo que repercute en la obtención de bajo rendimiento y calidad del fruto, que se reduce en más del 25% respecto al que se obtiene con buenas prácticas agrícolas, afectando además el desarrollo y la vida productiva del árbol. Actualmente entre los principales problemas fitosanitarios destacan: 1) picudo (complejo de especies de *Conotrachelus*), 2) moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.), 3) temolillo (*Cyclocephala lunulata* Burmeister), 4) nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp.), 5) clavo (*Pestalotiopsis* spp.), y 6) peca o baqueteado (agente causal no determinado). Dentro de los sistemas de control, algunos productores usan indiscriminadamente los insecticidas, llegando a ocasionar la presencia de residuos

en la fruta, que puede afectar la salud del consumidor y ocasionar problemas en la exportación.

3) Manejo deficiente de la nutrición del guayabo.

A nivel nacional, en los huertos de guayabo no hay un manejo adecuado de la nutrición de la planta, lo que ha ocasionado residualidad de fertilizantes, altos costos, baja calidad de fruta, bajo vigor y menor producción. Esto se debe a que el productor carece de información sobre los requerimientos nutricionales del cultivo, mismos que varían en función de las regiones agroclimáticas, los tipos de suelo y la edad de los árboles. Los requerimientos nutrimentales son muy diferentes entre regiones y la fertilización puede ser insuficiente; por ejemplo, en la región productora del Oriente de Michoacán (Zitácuaro), durante el ciclo 2011, el 60.5 % de los huertos muestreados mostró deficiencia de potasio, el 35.7 % de calcio, el 46.5 % de hierro, el 95.3 % de manganeso, el 23.2 % de cobre, el 100 % de zinc y el 16.3 % de boro. En este contexto, es necesario realizar investigación para obtener las curvas de extracción de nutrientes en función de la fenología de la planta, con el propósito de establecer con base en ellas los programas de fertilización de cada huerta, partiendo del análisis del suelo de las condiciones particulares de cada región.

V. Logros y Avances:

1) Material genético

A partir de los años 80's algunos productores innovadores e investigadores iniciaron recorridos en diferentes regiones productoras de Aguascalientes y Zacatecas, con la finalidad de observar y seleccionar material criollo de los huertos de guayaba establecidos en dichos estados. Como resultado de estos trabajos, en 1990 se estableció, en forma conjunta entre productores y SAGARPA, un Sitio Experimental denominado "Los Cañones" en el Municipio de Huanusco, Zacatecas, iniciándose con ello el establecimiento de un banco de germoplasma.

Posteriormente, en el año 2004, se inició un proyecto auspiciado por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), que pertenece al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), con la finalidad de coleccionar, caracterizar y aprovechar el germoplasma de guayaba nativo de México, mediante recorridos en las diferentes entidades del país y coleccionando también material de diferentes regiones del mundo (más de 200 accesiones). Este material se tiene en la colección “*ex situ*” en el campo Experimental “Los Cañones”, donde se encontraron diferentes especies de *Psidium* spp. que presentan variedad de formas, color de pulpa y peso de fruto, material con diferentes grados de resistencia al estrés hídrico “calmeo” y material con tendencias enanizantes.

Del primer grupo de genotipos provenientes de la región Calvillo-Cañones, después de un periodo de evaluación continuo de más de 10 años, se seleccionaron los materiales más sobresalientes y se inició el proceso de caracterización morfológica. Como resultado, en el 2009 se registraron las primeras cinco variedades mexicanas de guayaba (Huejucar, Hidrozac, Calvillo siglo XXI, Caxcana y Merita); sin embargo, es necesario evaluar estos materiales en otras regiones agroclimáticas en los estados de Jalisco, Estado de México, Michoacán y Nayarit para ampliar y establecer parámetros en los siguientes aspectos:

- 1) Aprovechamiento de la diversidad genética del germoplasma de guayabo.
- 2) Evaluación y validación de las selecciones y variedades.
- 3) Propagación de los materiales sobresalientes para su disponibilidad a nivel comercial por los productores.
- 4) Identificación de material con tolerancia a diversos factores bióticos y abióticos.

Estas acciones, encaminadas al mejoramiento del guayabo, pueden contribuir a fortalecer el mercado de exportación a los Estados Unidos, como una buena alternativa para su comercialización. Además, es importante reconocer que para satisfacer las demandas de

Demandas del Sector **2013-2** Página **6** de **147**

fruta fresca para el consumo interno o de exportación, será indispensable reducir la variabilidad en la calidad de la fruta, provocada por la alta heterogeneidad genética de los tipos de guayaba existentes en los huertos, aspecto que puede lograrse mediante el uso de selecciones o variedades uniformes con ventajas comparativas que permitan satisfacer las exigencias de productividad y calidad de la fruta, lo cual beneficiará tanto al productor como al consumidor.

En 2007 se inició la búsqueda de árboles o porta injertos de guayabo resistentes a nemátodos noduladores del género *Meloidogyne*, encontrándose que la resistencia se encuentra en especies afines como *P. friedrichstalianum* (O. Berg) Nied, lo cual abre un panorama alentador para la búsqueda de material genético con tolerancia al ataque de nemátodos.

Por otro lado, se cuenta con algunos avances en la micropropagación *in vitro* de guayabo, por lo que es necesario validar el protocolo en diferentes variedades, tanto en laboratorio como en campo, con el propósito de producir plantas libres de fitopatógenos y con la uniformidad genética necesaria para incrementar la productividad y la calidad del fruto. En este mismo sentido, es importante iniciar el desarrollo de porta injertos, particularmente con resistencia a hongos del suelo y enanizantes, pues esto último permitiría incrementar la densidad de población y por ende la productividad de las huertas.

2) Plagas y enfermedades

Picudo de la guayaba: a principios de los años 70's investigadores y productores iniciaron los trabajos sobre la biología, hábitos y métodos de control químico del picudo de la guayaba (*Conotrachelus* spp.). Los resultados dieron origen a una campaña contra esta plaga en la zona de Calvillo, Ags., basada en el control químico de adultos. En 2007 se iniciaron, a su vez, estudios sobre alternativas para su control que fueran amigables con el

ambiente, principalmente evaluando productos en base a extractos de plantas, la incorporación de agentes de control biológico y la mejora del sistema de detección mediante trampas especiales con sustancias volátiles, extraídas de la misma planta, y feromonas de la plaga; sin embargo, se requiere la validación de los resultados en cada región agroclimática, principalmente en: Jalisco, Michoacán, Estado de México y Nayarit. A su vez, es necesario identificar la especie que en lo particular afecta al fruto en el pedúnculo y la búsqueda de un mejor atrayente químico-biológico de los adultos del picudo.

Moscas de la fruta: Los estudios sobre esta plaga se iniciaron junto con la del picudo, determinándose que las especies presentes en la zona Calvillo, Ags., Jalpa, Zac. son: *Anastrepha striata* Schiner, *A. ludens* (Lowe) y *A. fraterculus* Wiedemann, como las más importantes. Las épocas de mayor incidencia son el periodo de otoño e invierno, lo cual afecta la cosecha al obtener fruta con larvas. A partir de 1993 se estableció, en la zona de Aguascalientes y Zacatecas, una campaña bajo las directrices de la Ley Federal de Sanidad Vegetal y las normas oficiales NOEM29 y NOEM30 en la que actualmente la zona Calvillo-Cañones se encuentra clasificada como zona de baja prevalencia; no obstante, es necesario estudiar la dinámica de las poblaciones con el propósito de mantener a esta plaga bajo control.

Temolillo: Sobre temolillo (*Cyclocephala lunulata* Burmeister) solo se cuenta con investigación sobre su identificación, comportamiento y control a nivel huerto; sin embargo, esta plaga debe ser manejada regionalmente ya que la población que ataca a las guayabas proviene de áreas ubicadas fuera de las huertas, por lo cual las acciones básicamente se dirigen a disminuir los adultos. Esta plaga está presente en los estados de Aguascalientes, Michoacán, Jalisco y Zacatecas, principales áreas productoras de guayaba, por lo que es necesario estudiar nuevas alternativas para su control.

Nemátodos: Los nemátodos del género *Meloidogyne* se encuentran ampliamente distribuidos en todas las zonas productoras de México, debido al método de propagación por hijuelos de raíz, utilizado anteriormente para el establecimiento de los huertos. Otro medio por el cual se incrementó su diseminación fue el sistema “encadenado” de riego en las huertas, problema que ha llegado a ocasionar pérdidas en las zonas de Calvillo, Jalpa del orden del 70 %. Se le considera como el principal problema parasitológico del cultivo a nivel internacional. Las especies involucradas son *Meloidogyne incognita* Kofoid y White, *M. javanica* Treub, *M. arenaria* Neal y *M. hapla* Kofoid y White; sin embargo, la primera es la preponderante, aunque en Zacatecas las poblaciones de *M. incognita* Kofoid y White y *M. javanica* Treub rivalizan en incidencia. En Cuba, Florida y Centro América existe una especie *M. mayaguensis* que afecta guayabos, ocasionando mortalidad del arbolado en un periodo de dos o tres años; aunque aún no se ha detectado en México, es factible su introducción por el intercambio de material genético. Para el control de nemátodos existe una amplia gama de estrategias que han probado su eficacia en forma individual, como son: los productos de síntesis química aún y cuando no existe uno específico para el guayabo, extractos de plantas, biofumigación, agentes de control biológico (hongos y nemátodos), antagonistas, repelentes, etc.; sin embargo, para los nemátodos noduladores es necesario la integración de diferentes actividades de control dirigidas a los diferentes estadios, considerando el efecto del producto y la utilización de prácticas agronómicas en forma integral.

Clavo de la guayaba: Es una enfermedad ocasionada por *Pestalotiopsis psidii* (Cooke) Shoemaker, que es considerado un patógeno débil que requiere un insecto vector. Para su control se requiere la aplicación calendarizada de fungicidas a base de cobre, de julio a octubre, o bien una estrategia de combate considerando los estadios de la enfermedad y condiciones más propicias de aparición y estrategias combinadas de control cultural, biológico y químico. Sin embargo, esta estrategia no se ha evaluado a nivel comercial por lo cual se cuenta solo con evaluaciones de productos en forma calendarizada. Es

necesario, también, determinar la ecología de la enfermedad en las diferentes zonas productoras y evaluar productos alternativos para su control (extractos de plantas y antagonistas), así como la búsqueda de germoplasma resistente que ya se ha detectado en otros países, con el propósito de incorporar esta característica en las actuales o nuevas variedades que se desarrollen en el futuro.

Peca: La peca de la guayaba, es una sintomatología de origen incierto que ocasiona múltiples lesiones circulares de color café con un halo rojizo, que en baja incidencia le da estética al fruto, razón por la cual, aún y cuando tiene una amplia diseminación e incidencia, no se le da importancia. En la zona productora de Michoacán la peca es considerada como uno de los principales problemas, ya que la incidencia dentro de los frutos llega a ocasionar manchas. Para su control se aplican fungicidas, que son los únicos productos que han dado la pauta para la definición de organismos bióticos como agentes causales. Es necesario determinar con precisión el agente causal, el nivel de daño económico, una estrategia de manejo en el daño y la búsqueda de material genético con tolerancia.

3) Manejo deficiente de la nutrición del guayabo.

En 2006 productores e investigadores iniciaron en la región oriente de Michoacán las primeras valoraciones de campo para el manejo de la nutrición del guayabo, incluyendo criterios de diagnóstico para la corrección de deficiencias nutrimentales, así como las primeras recomendaciones técnicas para el abastecimiento nutrimental.

Con relación a la nutrición del cultivo se han establecido límites críticos de concentración de nutrientes y se han fijado en función a los tipos de suelo las cantidades requeridas de N, P₂O₅ y K₂O en kg por árbol. No obstante, es necesario determinar las curvas de extracción de nutrimentos en función de la fenología de la planta y con base en éstas establecer los programas de fertilización en las actuales y nuevas zonas productoras,

particularmente con el objetivo de abatir costos de producción, por lo que es importante evaluar fuentes alternas de nutrimentos tales como: gallinaza, lombricomposta, estiércol bovino, bocashi, etc., los cuales puedan sustituir o complementar a los fertilizantes químicos y aportar otros efectos benéficos al suelo.

Si bien es cierto que existen avances importantes en varios de los puntos arriba señalados, es necesario también aclarar que algunos de estos aspectos se han generado de manera independiente y para determinada zona productora. Por lo anterior, se requiere integrar estos componentes y evaluarlos en las regiones guayaberas al menos de los principales estados productores: Aguascalientes, Michoacán, Jalisco y Zacatecas. Por lo anterior, se plantea consolidar un proyecto a mediano y largo plazos que permita incrementar la producción, sanidad, uniformidad y calidad de la guayaba, mediante la integración de un equipo interdisciplinario e interinstitucional que auxilie los diferentes proyectos y estudios en las regiones productoras de guayaba, con el propósito de que se haga más rentable y competitivo el cultivo y, con esto, se logre un mejor aprovechamiento de los mercados actuales y potenciales, aspecto que también debiera ser estudiado.

V. Propósito de la Demanda:

Evaluar y validar variedades y selecciones existentes en México, manejo fitosanitario y nutrición del guayabo (*Psidium guajava* L.) para una producción sustentable

VI. Objetivos:

7.1 Objetivo General:

Contribuir a mejorar la competitividad del cultivo de guayabo, mediante el incremento en rendimiento por unidad de superficie, disminución de costos de producción y mejora de la calidad de la fruta; lo que permitirá un mayor y mejor aprovechamiento de los mercados nacionales e internacionales.

7.2 Objetivos particulares:

- Evaluar y validar al menos cinco variedades registradas y cinco selecciones sobresalientes de guayaba (*Psidium guajava* L.) en las principales regiones productoras de México.
- Desarrollar nuevos genotipos de guayaba (*Psidium guajava* L.) para diversificar variantes de fruta para mercados de exportación.
- Validar y propagar variedades y selecciones sobresalientes regionales de guayaba (*Psidium guajava* L.) como fuente de germoplasma para programas de mejoramiento genético permanente.
- Evaluar genotipos de guayabo (*Psidium guajava* L.) a través de la identificación de genes con tolerancia a nematodos para uso de portainjerto.
- Desarrollar y evaluar atrayentes (alomonas y feromonas) para el picudo *Conotrachelus* spp., para aumentar la efectividad y estandarización del control en huertas comerciales.
- Desarrollar y validar modelos de pronóstico para el picudo *Conotrachelus* spp., para diseño de métodos de control de bajo impacto ambiental.
- Evaluar organismos nativos y productos de bajo impacto ambiental como, aceites, detergentes e insecticidas de origen vegetal, para el control biológico de insectos plaga y enfermedades del guayabo (*Psidium guajava* L.).
- Desarrollar un programa de nutrición vegetal para el cultivo de guayabo (*Psidium guajava* L.) con base en fuentes orgánica e inorgánicas para diferentes zonas productoras de México.

VII. Justificación:

La guayaba (*Psidium guajava* L.) se encuentra entre las 20 frutas más importantes que se producen en México con una superficie de 22.5 mil hectáreas, una producción anual de 305 mil toneladas que generan anualmente más de cuatro millones de jornales. El 94% de Demandas del Sector **2013-2**

la producción nacional se concentra en Michoacán, Aguascalientes, Zacatecas, Estado de México y Guerrero, con incrementos en la producción nacional de 1.4% a 5.8% y (SIACON-SAGARPA 2012). Actualmente el principal mercado para exportación de fruta fresca son los Estados Unidos con 91%, le sigue en importancia Canadá con 7%. Las principales limitantes de la producción son la heterogeneidad genética en las variantes biológicas actuales, falta de selecciones sobresalientes, inadecuado manejo fitosanitario y nutrimental del cultivo que reduce hasta 25% de los rendimientos. En el 2009 se registraron cinco variedades mexicanas de guayaba (Huejucar, Hidrozac, Calvillo siglo XXI, Caxcana y Merita) que responden a requerimientos de mercado; sin embargo, es necesario evaluar su respuesta agronómica bajo parámetros de fuentes de diversidad genética de germoplasma, fenología de selecciones, variedades, y tecnología de propagación para distribución a huertas comerciales.

VIII. Productos a entregar:

- Informe de caracterización agronómica y calidad de fruta de cinco variedades registradas y cinco selecciones sobresalientes de guayabo (*Psidium guajava* L.) en las diferentes regiones productoras de guayaba del país.
- Expedientes y solicitudes de trámite de registro varietal de al menos dos nuevas variedades con ventajas comparativas y adecuadas para el consumo en fresco y/o industria.
- Documento de identificación y evaluación de germoplasma tolerante a nematodos noduladores del género *Meloidogyne* spp.
- Protocolo de propagación in vitro de plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.), desde la fase de laboratorio hasta su establecimiento en campo.
- Protocolo para la identificación, aislamiento, evaluación y reproducción de agentes de control (en casos pertinentes) para los principales fitopatógenos en las zonas productoras de guayaba.

- Desarrollo tecnológico sobre la efectividad de productos bioracionales para el control de picudo *Conotrachelus* spp.
- Desarrollo tecnológico sobre la determinación de semioquímicos atrayentes para el picudo *Conotrachelus* spp. y su evaluación en campo.
- Desarrollos tecnológicos de manejo integrado del picudo *Conotrachelus* spp. y nematodos del género *Meloidogyne* spp., transferido para al menos 50 productores líderes de cada zona principal productoras de guayaba.
- Manual de nutrición vegetal para el cultivo de guayabo (*Psidium guajava* L.) basado en las curvas de extracción de nutrimentos por etapa fenológica de la planta y región agroecológica productora en México.

IX. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Mejoramiento de la calidad de la fruta por una disminución del daño por plagas y enfermedades.
- Reducción en los costos de control de fitopatógenos al utilizar material genético resistente y bases técnicas para el manejo integrado de plagas y enfermedades.
- Aumento de la calidad de la fruta mejorando las estrategias de control en las regiones con mayor índice de afectación por la peca y clavo de la guayaba.
- Aumento en la capacidad productiva del árbol y de la calidad de la fruta.
- Mayor producción de fruto mediante plantaciones con variedades clonales.

Social

- Mayor disponibilidad de variedades con diferentes propósitos (consumo en fresco nacional o exportación y agroindustria).
- Uso de portainjertos con fines específicos.
- Transferencia de tecnología a productores Innovadores en el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo del guayabo en México.

Tecnológico

- Nuevas variedades con mayor productividad y de mejor calidad de fruto.
- Adopción de las variedades por los productores de cada región agroecológica.
- Aplicación racional de nutrimentos, tanto para reducir costos como para evitar la contaminación por aplicación excesiva de fertilizantes químicos.
- Nutrición eficiente y eficaz del guayabo con base en sus requerimientos nutrimentales, las condiciones de suelo y de la planta, y el potencial productivo de cada región.

Ecológico

- Disminución del uso de insecticidas en el cultivo mediante el uso de productos bioracionales y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.
- Uso racional de fertilizantes en las diferentes zonas agroecológicas productoras de guayaba en México.
- Desarrollar conocimiento y tecnología para el control biológico de plagas y enfermedades en las diferentes zonas agroecológicas productoras guayaba en México.

X. Literatura citada:

Contactos 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 1.2

SISTEMA PRODUCTO SORGO

I. Título tema a demandar:

“Genotecnia, Agronomía y Socioeconomía del Sorgo Granífero en México”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Productores mexicanos de sorgo; fabricantes de alimentos balanceados para ganado; bovinocultores, porcicultores, avicultores; consumidores de carne, leche y huevo; la industria de los lácteos y cárnicos, entre otros.

III. Antecedentes:

El sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es una gramínea originaria del África y posiblemente también de la India (Cargil, 2012). El cultivo fue introducido a México a mediados del siglo XX y actualmente ocupa el segundo lugar en producción de granos básicos y el tercero en cuanto a superficie cultivada, superado solo por maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Su importancia radica en ser el grano forrajero por excelencia, pues es componente fundamental de los alimentos balanceados de uso pecuario, principalmente para la alimentación de aves, cerdos y bovinos. En menor medida se usa en la industria para la producción de almidón, alcohol y glucosa; además de harinas para alimentación humana y etanol como biocombustible, aspectos que están en proceso de desarrollo en el país (Galarza *et al.*, 2004; SIAP-SIACON, 2011).

México es el tercer productor de sorgo en el mundo, después de India y Nigeria, con una producción que representa el 11.9 % del total mundial (54 millones de toneladas en 2011 en 35.5 millones de ha). Los principales importadores de sorgo en el mundo son: México, la Unión Europea, Japón y Chile, con un valor total 1 530 millones de dólares para 2011. En contraste, los principales países exportadores son Estados Unidos de América (63.9 %) y Argentina (27.3 %), que

en conjunto representan el 91.2 % del valor de las exportaciones, 1 112 millones de dólares para 2011 (FAOSTAT, 2011).

La producción de sorgo en México se ha incrementado 12 % en promedio de los últimos siete años, debido principalmente al aumento de la superficie sembrada (aproximadamente dos millones de ha en 2011). Los principales estados productores son: Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán, Nayarit, Morelos y Jalisco, que en conjunto producen el 92 %, con un valor total nacional de 22 185 millones de pesos (SIAP-SIACON, 2011).

México es el principal importador de sorgo en el mundo; no obstante, el volumen de las importaciones se ha reducido significativa y paulatinamente en los últimos once años, pues de 5.1 millones de toneladas importadas en 2000 se pasó a 2.3 en 2010, principalmente provenientes de los Estados Unidos de América, con un valor de 427.6 millones de dólares y un precio por tonelada que se ha incrementado en 108 % del 2000 al 2010 (FAOSTAT, 2011).

En México el sorgo se cultiva tanto en riego (46 %) como en temporal (54 %) en los ciclos agrícolas primavera-verano (56 %) y otoño-invierno (44 %), con un rendimiento promedio anual por hectárea de 3.4 toneladas (6.1 para riego y 2.6 para temporal) (Financiera Rural, 2011). Por lo anterior, teniendo en cuenta las características agronómicas del sorgo con relación a su tolerancia al estrés, particularmente hídrico, México puede incrementar su producción de sorgo aumentando la superficie de temporal o la productividad tanto en esta condición como en riego, lo que sin duda contribuirá a reducir la importación de dicho cereal.

No obstante que México cuenta con 186 variedades de sorgo registradas en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), casi la totalidad de la semilla para siembra usada en el país es importada o producida por empresas transnacionales (SNICS, 2011). En particular, la semilla importada generalmente ostenta la categoría de declarada y tiene un alto costo, aspecto que sin duda va en detrimento de la rentabilidad que obtienen los productores nacionales de sorgo y, en consecuencia, de la competitividad con relación a otros países productores. Por lo anterior, es evidente que el país debe desarrollar un vigoroso programa de mejoramiento genético y producción de semilla de sorgo, ya que solo este insumo representa una enorme fuga de divisas,

pues anualmente los productores mexicanos compran alrededor de cuarenta millones de kilogramos de semilla para siembra.

En México el sorgo es calificado como grano forrajero y considerado por los productores pecuarios como sustituto del maíz (*Zea mays* L.) en los usos forrajeros, ya que se destina a la elaboración de alimentos balanceados, como alimento directo para aves, cerdos y bovinos, fuente de materia prima para obtener harinas, almidón y aceites, y, en menor proporción, aprovechamiento de rastrojo (esquilmos) para la alimentación bovina y equina. En la actualidad no se introduce en la alimentación directa del hombre, pero si en forma indirecta, ya que el mexicano lo consume a través de alimentos de alto valor nutritivo, como son la carne de pollo, la carne de cerdo y el huevo, principalmente.

El sorgo fue uno de los cultivos que desde el inicio del Tratado de Libre Comercio de América del Norte fue desgravado de arancel, por lo cual la competencia con los Estados Unidos de América, nuestro principal socio comercial, es muy fuerte. El sorgo para grano es un producto que quedó comprendido en la Categoría D (libre de arancel) y A (desgravación inmediata); es decir, se encuentra en libre comercio prácticamente desde el 1° de enero de 1994; el sorgo forrajero tiene la misma posición arancelaria que para grano (Galarza *et al.*, 2004). No obstante la libertad que los industriales mexicanos tienen para importar sorgo y que México es el principal importador del mundo, el volumen de las importaciones se ha reducido significativa y paulatinamente en los últimos once años, debido tanto al incremento de la producción nacional por la siembra anual de dos millones de hectáreas como al incremento de más de 100 % en el precio.

La situación anterior y el hecho de que México importa la mitad del sorgo que consume, hace necesario disponer de estudios socioeconómicos actualizados, con énfasis en: mercado nacional e internacional (oferta, demanda, precios, calidad, canales de comercialización), segmentos de mercado (uso agropecuario, alimenticio e industrial), diversificación de productos, rentabilidad y competitividad, tamaño mínimo rentable de la unidad agrícola, entre otros aspectos.

La creciente demanda de granos a nivel mundial y nacional obliga a la búsqueda de nuevas alternativas que garanticen el abasto de alimentos para una población humana en constante aumento. El sorgo, cuyo grano es utilizado principalmente por la industria para producir

alimentos balanceados, ha demostrado tener características morfológicas y fisiológicas de adaptación, productivas y nutricionales que lo hacen atractivo para ser considerado como un cultivo que atienda las necesidades de consumo humano, sobre todo para la población de bajos recursos económicos. En particular, por las características del sorgo de grano blanco, es posible en México identificar nichos de mercado para el consumo humano del grano, con lo cual se incrementaría su producción en áreas marginadas y en consecuencia, se contribuiría a reducir la pobreza alimentaria de la población del medio rural, pues sin duda en regiones de baja precipitación el sorgo es una mejor alternativa que el maíz para producir alimento, ya sea para el consumo directo o para usos pecuarios (Mora *et al.*, 1986a y 1988).

El sorgo en México se cultiva tanto en riego como en temporal, principalmente en surcos y con labranza convencional. Dado el cambio climático, la consecuente reducción de la estación de crecimiento, sea por un periodo de lluvias más corto o de heladas más largo, la sobreexplotación de los mantos freáticos y la reducción en el almacenamiento de agua para riego en las principales presas del país, es apremiante desarrollar, validar y transferir tecnologías que permitan el uso más eficiente del agua para riego, la conservación del suelo y la humedad de éste, el mantenimiento de la fertilidad edáfica y la nutrición apropiada del cultivo, así como el control eficiente de malezas, plagas y enfermedades. En este contexto, se requiere desarrollar tecnología para el uso eficiente del agua, los fertilizantes y los herbicidas, tanto en riego como en temporal, particularmente bajo el sistema de labranza de conservación, teniendo en cuenta los principales estados productores de sorgo de las regiones Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo, así como los avances que se tienen en cuanto agricultura de conservación.

IV. Problemática:

4.1. Genotécnica

El mejoramiento genético del sorgo en México fue importante hasta los años ochenta, principalmente en lo que ahora es el INIFAP. Desafortunadamente, a principios de los noventa desapareció la Red Nacional de Investigadores en Sorgo y como consecuencia desapareció el programa nacional de mejoramiento genético, aunque se mantuvieron los programas estatales de

Tamaulipas y Sinaloa, principalmente. Adicionalmente, por ese mismo tiempo desapareció también la PRONASE, empresa paraestatal responsable de producir la semilla de diversos cultivos de importancia para el país. Derivado de lo anterior y del poco impulso que se da actualmente para formar variedades o híbridos en el INIFAP u otras instituciones de enseñanza agrícola superior, la semilla de sorgo que se siembra en México es producida casi en su totalidad por empresas transnacionales.

Como en el país se siembran aproximadamente dos millones de hectáreas de sorgo, bajo el sistema actual, México importa alrededor de cuarenta mil toneladas de semilla por año, aspecto de gran relevancia debido a la dependencia tecnológica que se genera, el alto costo que representa y la falta de certeza en cuanto a la pureza genética y características de las variedades que se usan, pues en general son semillas con categoría declarada que el SNICS no certifica.

Con respecto al maíz, el sorgo posee importantes ventajas agronómicas en rusticidad y plasticidad, que lo hace adaptable a una amplia gama de ambientes bajo condiciones normalmente estresantes. Con estas características y teniendo en cuenta los efectos del cambio climático, es necesario desarrollar genotipos de sorgo que mantengan alto nivel de rendimiento y contenido nutricional, además de tolerancia a diversas enfermedades (como *Claviceps africana* (Frederickson, Mantle & De Miliano) G.W Wils, causante del ergot o mielecilla), en una diversidad de ambientes. Así, la productividad, la calidad, la adaptabilidad o adaptación, la resistencia a plagas y enfermedades, entre otras características, constituyen las metas más importantes en los programas de mejoramiento genético del sorgo en México.

En otras palabras, como México importa prácticamente toda la semilla que utiliza para siembra, se genera dependencia tecnológica, se incrementan los costos de producción, se reduce la rentabilidad y disminuye la competitividad de los productores de sorgo. En consecuencia, es impostergable implementar un programa nacional de mejoramiento genético de sorgo en el país, con el propósito de generar variedades e híbridos, para condiciones de temporal y de riego, adaptadas a las principales regiones productoras de sorgo en México. Asimismo, es necesario garantizar el abasto de semilla de calidad y de costo accesible, con el objetivo de contribuir a incrementar la producción nacional del grano, reducir las importaciones del mismo, y mejorar la rentabilidad y competitividad de los productores mexicanos de sorgo. En particular, el Sistema

Producto Sorgo estableció como su principal demanda la generación y producción de semilla de variedades e híbridos, tanto para temporal como para riego, con tolerancia a sequía, plagas y enfermedades (*Claviceps africana* (Frederickson, Mantle & De Miliano) G.W Wils –Ergot- y *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clinton - carbón de la panoja-), con calidad para el uso pecuario y humano, de alto rendimiento en función de sus fechas y densidades de siembra óptimas, y con adaptación a las principales regiones agroclimáticas productoras de sorgo en México (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo).

4.2. Agronómica

Los granos de cereales son ampliamente utilizados para la alimentación animal, siendo en muchos casos el constituyente principal de las raciones, sobre todo en la etapa de terminación en la cual se utilizan como fuente principal de energía; los cereales forrajeros más utilizados con estos fines son los granos de sorgo y de maíz. Si bien el grano de maíz posee mayor contenido energético que el de sorgo (Maxson *et al.*, 1973; Rooney y Pflugfelder, 1986; Owens *et al.*, 1997), la planta de éste posee importantes ventajas agronómicas en cuanto a rusticidad y plasticidad, que lo hace adaptable a una amplia gama de ambientes bajo condiciones normalmente estresantes, tales como altas temperaturas, suelos poco fértiles, secano, entre otras (Stock, 1999).

En México el sorgo se cultiva tanto en riego (46 %) como en temporal (54 %) en los ciclos agrícolas primavera-verano (59 %) y otoño-invierno (41 %), con un rendimiento promedio anual por hectárea de 3.4 toneladas, 6.1 para riego y 2.6 para temporal (Financiera Rural, 2011). Con base en la tolerancia al estrés, particularmente hídrico, se puede decir que México puede incrementar su producción de sorgo aumentando la superficie de temporal o la productividad, tanto en esta condición como en riego, lo que sin duda contribuirá a reducir la importación de este cereal.

Incrementar la superficie cultivada de sorgo tanto en México como en el Mundo será cada vez más difícil, so pena de desplazar a otras especies. Bajo este contexto, para aumentar la producción nacional es necesario mejorar la productividad y la rentabilidad tanto de las áreas de riego como de temporal, para lo cual se requiere generar tecnologías de manejo sustentable del suelo que permitan el uso eficiente del agua, los fertilizantes, los herbicidas y los sistemas de labranza de conservación.

En contraste, un problema de la producción del sorgo en México es que se realiza generalmente bajo labranza convencional (altamente degradante del suelo y su fertilidad), manejo ineficiente del agua de riego, fertilización química inapropiada, control de malezas poco oportuno y eficaz, y deficiente incorporación de residuos de cosecha. Con base en esto, es necesario desarrollar la tecnología apropiada bajo el enfoque de labranza de conservación, demanda prioritaria del Sistema Producto Sorgo con relación al manejo agronómico del cultivo, con énfasis en: métodos apropiados de fertilización tanto al suelo como al follaje (uso de bio-fertilizantes, compostas y fuentes alternativas de nutrimentos como fósforo), tecnologías para cosecha y uso eficiente del agua (riego por goteo), sistemas de siembra bajo labranza reducida (manejo de residuos de cosecha), y control eficiente de malezas.

4.3. Socioeconómica

El sorgo en México se utiliza principalmente como materia prima para la industria de los alimentos balanceados para aves, porcinos y bovinos, que a su vez son fuente importante de alimentos para el consumo humano. No obstante que se cultiva en casi todas las entidades federativas del país, su producción se concentra en los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán, Nayarit, Morelos y Jalisco, que en conjunto producen el 92 % del total nacional (SIAP-SIACON, 2011). Esta situación permite suponer que es posible incrementar las áreas cultivadas con sorgo, principalmente en regiones temporaleras del sur-sureste, pues este cultivo tiene mejores atributos biológicos de adaptación a condiciones de estrés que el maíz, lo que puede representar una alternativa para esta zona del país. En particular, el sorgo posee importantes ventajas agronómicas en cuanto a rusticidad y plasticidad que lo hace adaptable a una amplia gama de ambientes bajo condiciones normalmente estresantes, tales como altas temperaturas, suelos poco fértiles, secano, entre otras (Stock, 1999).

Actualmente México es el principal importador de sorgo en el mundo, aspecto relacionado con la entrada en vigor del TLCAN desde 1994, pues desde entonces este producto quedó libre de todo arancel, y a que la demanda del grano supera con mucho la oferta nacional (Galarza *et al.*, 2004). No obstante, el volumen de las importaciones se ha reducido significativa y paulatinamente en los últimos once años, debido tanto al incremento de la producción nacional por la siembra anual de dos millones de hectáreas como al incremento en más de 100 % en el precio internacional del

2000 al 2010 (FAOSTAT, 2011). Sin embargo, para reducir las importaciones de sorgo es necesario incrementar la producción nacional, la rentabilidad y la competitividad, aspectos que requieren de la definición del tamaño mínimo rentable de la unidad de producción en el contexto de una agricultura de libre mercado, pues aumentar la superficie cultivada será cada vez más difícil tanto en México como en el mundo.

Por otro lado, la creciente demanda de granos a nivel mundial y nacional obliga a la búsqueda de alternativas que garanticen el abasto de alimentos para una población en constante aumento, por lo que el sorgo resulta atractivo como un cultivo que atienda las necesidades de consumo humano, sobre todo a la población de bajos recursos económicos. Por las características del sorgo, en México es posible identificar nichos de mercado para el consumo humano del grano, con lo cual se incrementaría su producción y se estaría contribuyendo a reducir la pobreza alimentaria de las regiones marginadas donde la precipitación pluvial es escasa. En esta perspectiva, la elaboración de harina de sorgo es una posibilidad que debe explorarse en el país, contrastando con otras harinas aspectos desde el empaque hasta los productos derivados de ella; es decir, posicionar en el gusto de la gente las galletas de sorgo, pan de sorgo, tortillas de sorgo, entre otros productos, destacando sus atributos en cuanto a beneficios para la salud. Además, es necesario trabajar en dar valor agregado al sorgo y sus coproductos utilizados para el consumo humano, tales como almidón, aceites, jarabes (dextrinas y dextrosa), gluten, malta y alcohol (Mora *et al.*, 1986a, 1986b).

La situación anterior y el hecho de que México importa la mitad del sorgo que consume, hace necesario disponer de estudios socioeconómicos actualizados, con énfasis en: mercado nacional e internacional (oferta, demanda, precios, calidad, canales de comercialización), segmentos de mercado (uso agropecuario, alimenticio e industrial), diversificación de productos, rentabilidad y competitividad, tamaño mínimo rentable de la unidad agrícola, entre otros aspectos. En este contexto, las demandas específicas del Sistema Producto Sorgo se relacionan con competitividad, comercialización, segmentos de mercado, productos alternativos, valor agregado y productos para la alimentación humana, pues los altos costos de producción y los bajos precios de venta del sorgo, debidos tanto a las importaciones como a la especulación y la falta de regulación por parte del estado, son sus problemas socioeconómicos principales.

V. Logros y Avances:

5.1. Genotecnia

El programa nacional de mejoramiento genético de sorgo desapareció en México en los años 90; no obstante, el INIFAP mantuvo programas estatales principalmente en Tamaulipas y Sinaloa. Como resultado de dichos programas, en la actualidad el INIFAP cuenta con 13 variedades registradas en el SNICS: Blanco 86, Gavatero 203, Pacífico 301, Perla 101, RB3006, RB3030, RB Cañero, RB Huasteco, RB Norteño, RB Palomo, RB Patrón, RB 4040 y Sinaloense 202 (SNICS, 2011).

Por otro lado, con la desaparición de la PRONASE la producción de semilla de sorgo quedó en manos de empresas transnacionales, mismas que cubren prácticamente el 100 % de la demanda en el país. Sobre el particular, actualmente el SNICS cuenta con un total de 186 variedades registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, de las cuales 104 pertenecen a Monsanto, 62 a PHI México, 13 a INIFAP, 6 a tres pequeñas empresas y una al dominio público (SNICS, 2011). Estos datos evidencian la necesidad de que México, principal país importador de sorgo en el mundo, disponga de un programa nacional de mejoramiento genético y producción de semilla de sorgo, que tenga como propósito central generar variedades e híbridos, tanto para riego como para temporal, y esté acompañado de empresas mexicanas que produzcan la semilla de las variedades nacionales.

Para lograr lo anterior, es necesario rescatar el germoplasma del desaparecido programa nacional de mejoramiento de sorgo, validar el buen desempeño de las variedades registradas por el INIFAP en las regiones de Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo, y capacitar productores en cuanto a la producción de semilla, aspecto para el que México cuenta con científicos expertos (Gallegos y Hernández, 2010). Además, se requiere replantear un programa nacional de mejoramiento genético de sorgo, con énfasis en los objetivos siguientes: crear variedades e híbridos para temporal o riego; con tolerancia a sequía, plagas y enfermedades (*Claviceps africana* (Frederickson, Mantle & De Miliano) G.W. Wils, *Colletotricum graminicola* Wilson, *Fusarium moniliforme* Sheldon y *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid); con calidad para uso pecuario o humano; de alto rendimiento, en función de las regiones, fechas y densidades de siembra óptimas; y con adaptación a las principales regiones agroclimáticas productoras de sorgo en México: Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo.

5.2. Agronomía

Está demostrado que el sorgo es un cultivo que posee importantes ventajas agronómicas de adaptación a ambientes con altas temperaturas, suelos poco fértiles y condiciones de temporal (Stock, 1999). Debido a esto, en México se cultiva tanto en riego como en temporal y en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, con rendimientos que oscilan entre 2.6 y 6.1 t.ha⁻¹ (Financiera Rural, 2011), los cuales sin duda se pueden mejorar con innovaciones tecnológicas.

Como se indicó, el principal problema agronómico de la producción del sorgo en México es que se cultiva bajo labranza convencional, manejo ineficiente del agua de riego, fertilización química inapropiada, control de malezas poco oportuno, y deficiente incorporación de residuos de cosecha. Dada esta situación, es necesario desarrollar tecnología apropiada con el enfoque de labranza de conservación, pues este sistema permite reducir la erosión, hacer un uso más eficiente del agua, tener un mejor control de malezas, incrementar el rendimiento y reducir los costos de producción, entre otros beneficios (García *et al.*, 2001; OEIDRUS, 2003; Meza, 2008 y 2009; Sandoval y López, 2011; Montes *et al.*, 2012).

En relación con la nutrición, existe información de la demanda nutrimental (N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg y SO₄) del sorgo para diferentes niveles de rendimiento de grano y sobre las formas de fertilización tanto en riego como en temporal, tomando como base el análisis de suelo y el rendimiento objetivo (Rivero, 1998; Fontaneto y Keller, 2002; Espinosa *et al.*, 2002; Salinas-García, 2007; Ponce, 2009; Cargil, 2012). Por otro lado, hay reportes que demuestran que el uso de bio-fertilizantes incrementan significativamente el rendimiento del sorgo, sobre todo si se combinan con la fertilización química (García *et al.*, 2006; Ponce, 2009; Zavala, 2011).

Teniendo en cuenta los avances en relación con labranza de conservación, uso eficiente del agua, métodos de fertilización y control eficiente de malezas, se requiere diseñar un paquete tecnológico completo de agricultura de conservación, con el propósito de que sea validado en las tres regiones agroclimáticas y productoras de sorgo en México (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo) y se capacite a los productores en el manejo del sistema de producción bajo agricultura de conservación, tanto en riego como en temporal, así como en fertirriego si este resulta rentable.

5.3 Socioeconomía

Existen estudios sobre la producción e importación de sorgo en México (Galarza *et al.*, 2004). No obstante, es necesario actualizarlos debido a que el mercado mundial de los granos ha cambiado significativamente en los últimos diez años, debido principalmente al uso de éstos en la producción de biocombustibles. En particular, en la actualidad el sorgo dulce se está utilizando para la producción de etanol. Esta situación es una oportunidad para que los productores diversifiquen sus opciones de producción pero también tendrá implicaciones en los precios del grano de sorgo, lo que sin duda impactará en la rentabilidad del sector pecuario, principal demandante de sorgo para la elaboración de alimentos para aves, cerdos y bovinos.

Por otro lado, por las características del sorgo, en México es posible identificar nichos de mercado para el consumo humano del grano, con lo cual se podría contribuir a reducir la pobreza alimentaria de las regiones marginadas con precipitación pluvial escasa. En el mundo existen avances significativos sobre el uso del sorgo para consumo humano, mediante productos como almidón, aceites, jarabes y gluten, además de harinas propias para elaborar galletas, tortillas, totopos y pan (Montes *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta que México es el principal país importador de sorgo en el mundo, que el mercado de los granos está cambiando, que el sorgo se está utilizando para la producción de etanol y que el cambio climático hará cada vez más difícil la producción de cultivos, es necesario contar con estudios socioeconómicos actualizados que permitan tener una prospección sobre el mercado del sorgo en México y el mundo. En particular, se requiere realizar un análisis retro y prospectivo sobre el mercado nacional e internacional (oferta, demanda, precios, calidad, canales de comercialización), importancia relativa de los segmentos de mercado (uso pecuario, alimenticio e industrial), diversificación de productos, rentabilidad y competitividad, tamaño mínimo rentable de la unidad de producción en función del tipo de uso (pecuario, humano e industrial), entre otros aspectos. Así, el estudio debe permitir diseñar mejores políticas públicas en cuanto a importaciones, regulación de precios, apoyos para incrementar la productividad, rentabilidad y competitividad, entre otras.

VI. Propósito de la Demanda:

Genotecnia, Agronomía y Socioeconomía del Sorgo Granífero en México.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Desarrollo de nuevos materiales biológicos de sorgo para grano e identificación de genes que incrementen la productividad y tolerancia a estrés abiótico, en tres regiones agroclimática de México, con énfasis en labranza de conservación, fertirriego e identificando, además, nuevos usos para el sector agroalimentario que coadyuven en la cruzada nacional contra el hambre.

7.2 Objetivos Específicos:

- Generar híbridos y variedades de sorgo con mayores rendimientos de grano al promedio de las principales áreas de producción regional (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo) y que presenten tolerancia a temperaturas extremas y patógenos.
- Búsqueda de genes que codifican para factores de estrés abiótico en materiales biológicos actuales de sorgo procedentes de tres regiones agroclimáticas (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo).
- Diseñar y validar un desarrollo tecnológico en agricultura de conservación para tres regiones agroclimáticas productoras de sorgo (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo), con énfasis en condiciones de temporal, uso eficiente del agua, fertilización orgánica e inorgánica, control de malezas y manejo de residuos de cosecha para variantes biológicas actuales de sorgo.
- Validar el sistema de producción intensiva de sorgo con fertirriego y determinar su rentabilidad en tres regiones agroclimáticas (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo).
- Transferir los desarrollos tecnológicos para la producción de sorgo bajo agricultura de conservación en tres regiones agroclimáticas (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo), mediante la capacitación a técnicos y productores.
- Capacitar a productores en la producción de semilla certificada de sorgo en tres regiones agroclimáticas (Trópico Seco, Bajío y Trópico Húmedo).
- Generar y fomentar la diversificación de usos del sorgo distintos al consumo animal (forrajero) con base en híbridos y variedades de grano blanco.

VIII. Justificación:

México es el tercer productor de sorgo en el mundo, con cerca del 12% del total mundial (54 millones de toneladas en 2011 en 35.5 millones de ha), sin embargo, es el principal importador mundial del mismo, con un valor total 1,530 millones de dólares para 2011 (FAOSTAT, 2011). El sorgo, cuyo grano es utilizado principalmente por la industria para producir alimentos balanceados, ha demostrado tener características morfológicas y fisiológicas de adaptación, productivas y nutricionales que lo hacen atractivo como un cultivo que atienda necesidades de consumo humano. No obstante que México cuenta con 186 variedades de sorgo registradas en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), casi la totalidad de la semilla para siembra usada en el país es importada o producida por empresas transnacionales (SNICS, 2011). Por lo anterior es relevante usar el conocimiento y herramientas de frontera para conocer los genes que pueden ayudar en el mejoramiento genético del sorgo para la producción de grano que permita su uso en forma directa o con valor agregado para diferentes fines incluyendo la alimentación humana.

IX. Productos a entregar:

- Elaborar un catálogo de variedades mexicanas de sorgo.
- Obtener y registrar al menos una nueva variedad o híbrido para condiciones de temporal y riego, adaptada a cada una de las tres regiones agroclimáticas (trópico seco, bajío y trópico húmedo); tolerantes a sequía, principales plagas, con calidad para uso pecuario, humano y de alto rendimiento, en función de las fechas y densidades de siembra óptimas para cada región agroclimática.
- Informe sobre la caracterización morfológica y genética de las fuentes de tolerancia de sorgo a factores de estrés biótico y abiótico.
- Tres desarrollos tecnológicos en agricultura de conservación que sean representativos para regiones agroclimáticas de Trópico Seco, El Bajío y Trópico Húmedo.
- Modelos de transferencia de tecnología e impacto socioeconómico de las variedades y desarrollos tecnológicos.
- Capacitación a técnicos para su especialización en el desarrollo tecnológico en agricultura de conservación por la región Trópico Seco, El Bajío y Trópico Húmedo

- Creación de al menos una empresa productoras de semillas jurídicamente consolidada.
- Registro de desarrollos tecnológicos agroindustriales sobre usos alternativos del grano de sorgo.
- Creación y consolidación de una Red Nacional de Investigadores de Sorgo.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Reducción en los costos de producción al utilizar semilla de material genético generado y producido en México.
- Mejoramiento de la rentabilidad y competitividad del cultivo de sorgo en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria de los alimentos balanceados.
- Aumento de la productividad del cultivo mediante el uso de agricultura de conservación y métodos más eficientes de riego, fertilización y control de malezas.
- Reducción de las importaciones tanto de grano como de semilla, aspecto que mejora la seguridad alimentaria del país.

Social

- Disponibilidad de variedades nacionales con diferentes propósitos, ya sea para uso pecuario o humano.
- Mejores políticas públicas para los productores de sorgo y los industriales relacionados con este grano.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo del sistema de producción bajo agricultura de conservación y en la producción de su propia semilla para siembra.
- Generación de empleo en las zonas productoras de sorgo en México.

Tecnológico

- Disponibilidad de nuevas variedades con mayor productividad y adaptación.
- Adopción de las variedades nacionales por los productores de cada región agroecológica productora de sorgo en México.

- Utilización de mejores técnicas de cultivo bajo agricultura de conservación para mayor productividad y eficiencia en el uso del suelo, fertilizantes, biofertilizantes, agua, pesticidas y herbicidas.

Ecológico

- Disminución del uso de pesticidas en el cultivo mediante productos bioracionales y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso racional de fertilizantes en las diferentes zonas agroecológicas productoras de sorgo en México.
- Producción sustentable de sorgo mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas.

XI. Literatura citada

Cargil, 2012. Manual Técnico y de Producto de Sorgo Granífero. Pergamino. Pp. 39.

Espinosa, F.J., Carillo-Ávila, E., Palma-López, D.J., Peña-Cabriales, J.J. y Salgado-García S. 2002. Eficiencia de la fertilización Nitrogenada en sorgo con la técnica isotópica ¹⁵N, en un vertisol con drenaje superficial. Terra 20(2): 129-139.

FAOSTAT. 2011. Food and Agricultural Commodities Production. Faostat, FAO, Dirección de Estadística.

Financiera Rural. 2011. Monografía del Sorgo Grano.

Fontaneto, H. y Keller, O. 2002. Fertilización en Sorgo. EEAINTA, Argentina.

Galarza, M.J.M., Miramontes, P.J., Castillo, M. y Rebolledo, M.A. 2004. Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Sorgo en México 1992-2003. SIAP, SAGARPA. México. Pp.93.

Gallegos, M.T. y Hernández, L.A. 2010. Producción de semilla de sorgo de polinización libre. Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa A. C. Sinaloa, México. 13 p.

García, P.A, Ferrero, A.R. y Goujon, M. 2001. Fertilización nitrogenada en siembra directa en sorgo. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Argentina. Pp. 2.

- Maxson, W.R., Shirley, J.B, y Palmer, A. 1973. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. *Journal Animals Science* 37:1451.
- Meza, P.R. 2008. Cero labranza en sorgo de temporal. Fundación Produce Sinaloa A. C. Sinaloa, México. Pp.3
- Meza P.R. 2009. Guía Técnica para la producción de sorgo en la zona de temporal del municipio de Culiacán, Sinaloa. CUTTS. Fundación Produce Sinaloa. México. Pp.16.
- Montes, G.N., García, G., Castillo, T., Pecina, Q. y Anaya, L. 2010. Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] blanco: alternativa para la alimentación humana. Folleto Técnico No. 45, INIFAP, México. Pp.42.
- Montes, G.N., Avarado, C. y Díaz, F. 2012. Siembra de sorgo en camas con fertirriego. Folleto técnico de proyecto 1026278^a, INIFAP, México Pp. 2.
- Mora, A., Trujillo, A. y Avila, M. 1988. Selección y evaluación de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con calidad apta para consumo humano. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México Pp. 201.
- Mora, A.R., Avila, M., Guiragossian, V. y Cejudo, G. 1986a. Blanco 86. Primera variedad de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en México, apta para consumo humano y animal. Memorias de la II Reunión Nacional sobre Sorgo. Escuela Superior de Agricultura. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Pp. 535-551.
- Mora, A., R., Avila, M., Guiragossian V. y Cejudo G. 1986b. Blanco 86 variedad de sorgo apta para consumo humano. Folleto Técnico #6. Campo Agrícola Experimental "Zacatepec". CIAMEC-INIA-SARH. Zacatepec, Morelos, México. Pp.12.
- OEIDRUS. 2003. Estudio bibliográfico sobre labranza mínima, cero y de conservación. Resultados y Experiencias. OEIDRUS, Secretaría de Fomento Agropecuario, BC; SAGARPA, México. Pp. 46
- Owens, F.D., Secrist, W.H. y Gill D. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal Animal Science* 75: 868.
- Ponce, R.M. 2009. Guía técnica para la producción de sorgo en la zona de temporal del municipio de Culiacán, Sinaloa. CUTTS. Fundación Produce Sinaloa. México. Pp. 6.

Prasad, S.A., Singh, N.J., y Joshi, H.C. 2009. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. *Energy Fuels* 21(4): 2415-2420.

Rivero, B.N. 1998. Fertilización fosfórica y densidad de sorgo [*Sorghum bicolor L. (Moench)*] y maíz en el norte de Tamaulipas. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México. Pp.104

Rooney, L. y Pflugfelder R. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science* 63: 1067.

Rosales-Robles, E., Sánchez-de la Cruz, R. y Cerda-García P.A. 2008. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotécnica Mexicana* 34(4): 269-275.

Salinas-García, J.R. 2007. NUMASS: Software de apoyo a la toma de decisiones en el manejo integrado de los nutrimentos del suelo. INIFAP.

Sandoval, M.C. y López, M.J. 2011. Producción sustentable de sorgo de temporal con el uso de prácticas conservacionistas. Campo Experimental Centro de Chiapas, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP, México. Folleto Técnico No. 12. Pp. 79.

SIAP-SIACON. 2011. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México.

SNICS. 2011. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. SNICS, SAGARPA. México. Pp. 37.

Stock, R. 1999. Nutritional benefits of specialty grain hybrids in beef feedlot diets. *Journal of Animal Science*. 77, Supplementation 2: 208.

Zavala, M.F.J. 2011. Rendimiento de sorgo con micorriza y fertilización química. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. Pp. 44.

Contactos 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 1.3

SISTEMA PRODUCTO CAFÉ

I. Título tema a demandar:

“Multiplicación de germoplasma varietal de café (*Coffea spp.*), bajo sistemas intensivos, automatizados y certificados para la renovación de plantaciones comerciales”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Los productores de café y la industria cafetalera en México.

III. Antecedentes:

Desde el inicio de su cultivo en México, en el siglo XIX, el café ha jugado un papel importante en la generación de empleos para un número considerable de mexicanos, además de convertirse en uno de los principales generadores de ingresos y divisas. Recientemente, además, se reconoce a los lugares en donde se cultiva el grano como refugio de especies animales y vegetales en peligro de extinción. Por todo lo anterior, la importancia económica, social, cultural y ambiental hacen de la producción de café un sector clave de la economía de México.

El café mexicano es reconocido en el mundo por su calidad y se encuentra entre los mejores a nivel internacional. México, a nivel mundial, ocupa el quinto lugar como país productor después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, con un volumen de producción que oscila entre los cuatro a cinco millones de sacos por año. Actualmente se cultiva café en 12 estados de México y 398 municipios (Padrón Nacional Cafetalero, 2013), caracterizados la mayoría de ellos por localizarse en zonas de difícil acceso, por tener profundos rezagos en infraestructura básica y fuerte presencia de población que vive en pobreza extrema, el 66 % de los productores habla al menos una lengua indígena.

La producción de café del país se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, que representan el 94 % de la producción, el 85 % de la superficie y 83 % del número de productores. El café que se produce en México es de la especie *Coffea arabica* L., que constituye un 97 % de la producción nacional, representada por las variedades Typica (criollo, nacional o arábica), Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuai, Pluma Hidalgo y Maragogype, el 3 % restante de la producción corresponde a la especie *Coffea canephora* P., conocida como robusta, cultivada en zonas bajas de Veracruz (principalmente en los municipios de Tezonapa y Tepatlaxco), Chiapas (sobresale el municipio de Cacaohatán) y Oaxaca (regiones de Tuxtepec y Valle Nacional). Sin embargo, otras fuentes estiman en 300,000 quintales la producción de robusta, con un considerable incremento en el estado de Chiapas. De la producción total, el 85% son granos arábigos (*Coffea arabica* L.) procesados con beneficio húmedo, 12% son arábigos (*Coffea arabica* L.) naturales (secados al sol) y el restante 3% corresponde a la variedad robusta (*Coffea canephora* P.).

En México la producción de café se centra en tres variedades arábigas, Typica cultivada por el 33% de los productores, seguida por Caturra por el 26% y Bourbon por el 17%. Otras variedades menos importantes son Mundo Novo con el 10%, Garnica con 6%, Catuai con 3%, Catimores con el 2% y con menos del 0.5%, los Maragos (Maragogype y Pacamara). Se cultiva bajo sombra en un 99% de los predios cafetaleros y más del 70% con sombra diversificada, condición privilegiada que le confiere una enorme importancia ambiental por ayudar a conservar la biodiversidad y ofrecer diversos servicios ambientales al país. Entre las contribuciones ambientales más importantes del café están: protección de cuencas hidrológicas, conservación de suelos, protección y conservación de biodiversidad, retención de carbono, producción de oxígeno, baja o nula contaminación.

Las condiciones agroecológicas donde se cultiva café son propicias para la producción de cafés de calidad. Al respecto, el 35% de la superficie de café está ubicada a una altitud superior a los 900 metros sobre el nivel del mar (msnm) donde se producen cafés de altura y estrictamente altura, el 43.5% se encuentra a una altura entre los 600 y 900 msnm, con potencial para producir café con calidad de exportación prima lavado y el restante 21.5% de la superficie se encuentra por debajo de los 600 msnm, donde generalmente se producen cafés de calidades inferiores. Sin embargo, las

condiciones ambientales que predominan en la mayor parte de las zonas cafetaleras permite considerar alrededor de 530 mil ha con características óptimas, esto aunado al cultivo bajo sombra, confirma el potencial enorme para producir cafés de buena y excelente calidad.

El café ocupa el primer lugar como producto agrícola generador de divisas y empleos en el medio rural. Por las características del cultivo emplea a mujeres, hombres y niños para sus labores de limpia, cosecha y beneficiado del grano.

Considerando la atomización de la estructura productiva de México, basada en pequeños productores ubicados en zonas de difícil acceso, la concentración en los canales internacionales de comercialización, la producción intensiva en tecnología de Brasil y los bajos costos de Vietnam, existen pocas oportunidades para los productores mexicanos en los mercados convencionales de café. Las alternativas ante este entorno, apuntan al ajuste de la estructura productiva y de comercialización hacia los cafés de calidad, el incremento del consumo interno y la reconversión productiva.

IV. Problemática:

Actualmente se cultiva café en 12 estados de México y 398 municipios, caracterizados la mayoría de ellos por localizarse en zonas de difícil acceso, por tener profundos rezagos en infraestructura básica y fuerte presencia de población que vive en pobreza extrema, el 66% de los productores habla al menos una lengua indígena.

En la producción mundial de café, México ha tenido una participación que ha ido en descenso, alcanzando un 3%, teniendo su producción más baja en los últimos años y ocupando actualmente el 7° lugar. Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia, son los cuatro grandes productores de café y reúnen el 63% del total mundial. En cuanto a su participación en las exportaciones, la situación es más crítica para México, ya que ha sido desplazado actualmente hasta el 11° lugar; lo cual no se debe a un aumento del consumo interno, sino a una disminución de la producción exportable. Este es un indicador del deterioro y regresión tecnológica que prevalece en el manejo de las plantaciones de café del país, durante las últimas dos décadas. Por sí solo es motivo suficiente de

preocupación y justifica los esfuerzos que se realicen por detener e incluso revertir esta dinámica regresiva.

Los resultados de la estructura productiva que guardan los cafetales de los 10 estados participantes (Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis y Veracruz) muestran que el 34% del inventario de plantas en los cafetales, presentan buena estructura productiva; sin embargo se esperaría que para enfrentar el problema de baja productividad este porcentaje fuera mayor al 50% con respecto al resto de categorías productivas.

Hay una diferenciación por estados que determinan las condiciones de manejo de las plantaciones; Chiapas por ejemplo, muestra un 42% de cafetos con buena producción, no obstante, hay un 18% entre las categoría V (Preproductivas) y la VI (fallas o plantas inexistentes), que no producen, y de igual forma ocupan espacios y comparten insumos y elementos del sistema, por lo que no están devolviendo al mismo la energía gastada; la categoría II y III en conjunto, destacan el 31% que requiere de un plan de manejos del tejido productivo, y un 9% requieren sustitución (SGS-AMECAFÉ; Estrategia de Innovación, 2011). El resto de estados muestran entre un 15 y un 30% de cafetos en buenas condiciones de producción (categoría I), y el estado que muestra una menor proporción de cafetos normales es Jalisco con tan solo un 13%. Los estados que presentan problemas en la estructura productiva son Guerrero, Hidalgo y Oaxaca, ya que el porcentaje de cafetos viejos que requieren sustitución (C-IV) es alta (22, 26 y 25% respectivamente), seguidos de Veracruz con un 18%; la media nacional es de 14%.

Bajo este panorama, los estados tienen que diseñar su propia estrategia de atención a las regiones cafetaleras, para modificar este comportamiento, directamente relacionado con la productividad.

Lo que parece común a todos los estados, es que la plantilla de cafetos que debieran sostener la producción del país, requiere de un programa de manejo integral, que considere la nutrición adecuada, el manejo del tejido productivo, y la repoblación para cubrir los espacios vacíos y hacer más eficiente el sistema de producción.

V. Logros y avances:

El recuento de la evolución de la cafecultura en México, permite apreciar los momentos que ha tenido el aromático, en grandes periodos de tiempo y también confirma, la permanencia del cultivo, su importancia económica, social y ambiental. Las estadísticas actuales de la cafecultura indican que se cuenta con 527,662 productores, 722,443 hectáreas, 4572 comunidades y 486 municipios, donde se produce el aromático (AMECAFÉ-SIAP, 2011).

La introducción de nuevas variedades mejoradas en las regiones y estados es un indicador de la adopción tecnológica que se refleja en los últimos años del desarrollo de la cafecultura; sin embargo, el proceso de expansión de las mismas en las regiones y estados no sigue un patrón uniforme, hay preferencias y alta dominancia de algunas.

La variedad Típica sigue siendo la preponderante con un 42% de participación nacional, seguida de las variedades Bourbon y Caturra rojo con el 22 y 16%; en un tercer grupo se encuentran las variedades Mundo Novo y Garnica, con el 8 y 7 % de participación respectivamente.

La nueva generación de variedades pertenecientes a los híbridos resistentes a roya como Colombia, Costa Rica, Oro Azteca y otros Catimores, así como la variedad Pluma Hidalgo y Pacamara, tienen una muy baja participación nacional con apenas el 1%.

La composición porcentual de las variedades presentes tiene un alto grado de influencia en los rendimientos, ya que aquellas que pueden detonar el aumento de éstos, no figuran en la participación de manera significativa.

Las variedades resistentes a roya y además buenas productoras, como Colombia solo tiene presencia en Veracruz, Costa Rica en Puebla y Veracruz, Oro Azteca en Chiapas y Puebla, el resto de Catimores, solo se reportan en el estado de Chiapas

VI. Propósito de la Demanda:

Aumentar la productividad del café partiendo de la renovación de plantaciones con variedades de mayor rendimiento, calidad, incremento de densidades y manejo integrado de plagas y enfermedades.

VII. Objetivos:

7.1 Objetivo General:

Desarrollar un sistema de producción, multiplicación y distribución comercial de germoplasma varietal de café (*Coffea* spp.), bajo sistemas intensivos, automatizados y certificados para la renovación de plantaciones.

7.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar e implementar una área tecnificada de producción de plantas de café (*Coffea* spp.) con estándares certificados de multiplicación intensiva.
- Evaluar y estandarizar la propagación *in vitro* y sexual para plantas de café de variedades agrónomicamente sobresalientes, para su multiplicación intensiva y distribución a productores.
- Evaluar diferentes sustratos y microorganismos simbioses durante los procesos de propagación que favorezcan su crecimiento, vigor, y adelanten su salida del vivero a condiciones de campo.
- Diseñar un modelo territorial de intervención social para distribuir planta de café en áreas geográficas cafetaleras que requieran ser renovadas o rehabilitadas.
- Multiplicar y distribuir anualmente 500,000 plantas de variedades de café con características sobresalientes en rendimiento, calidad y resistencia a factores estresantes bióticos y abióticos.

VIII. Justificación:

El café en México es producido por cerca de 300 mil productores en una superficie aproximada a 801.9 mil hectáreas en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, México, Tabasco, Morelos, Querétaro y Michoacán. El

rendimiento promedio de café cereza en áreas minifundistas es de 1.5 ton ha⁻¹. Representa una cadena de valor muy importante para diversas comunidades ubicadas en zonas montañosas y genera empleos e ingresos a las familias campesinas; sin embargo, existen una mayoría de plantaciones viejas e improductivas que requieren ser renovadas para mejorar rendimientos y calidad. Contar con material varietal de cafés de los géneros *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* P. de variedades sobresalientes en rendimiento, tolerancia a factores de estrés abiótico y organismos patógenos. El cultivo del café en México se ha visto seriamente afectado por la caída permanente de los precios internacionales que se ha reflejado en la pérdida significativa del poder adquisitivo de los pequeños y medianos productores ocasionando el abandono parcial o total de muchos agroecosistemas cafetaleros, su transformación en potreros, emigración constante al norte del país y a Estados Unidos, además de facilitar oportunidades para quienes promueven y financian cultivos ilegales. Algunos factores que inciden en la productividad de los plantíos de café son la variedad sembrada, calidad de planta desde vivero, tecnología utilizada para siembra, manejo sanitario y nutrimental. Con base en lo anterior, se requieren estrategias que mejoren la productividad partiendo de la renovación de plantaciones con variedades de mayor rendimiento, calidad, incremento de densidades y manejo integrado de plagas y enfermedades.

IX. Productos a entregar:

- Una infraestructura física de producción intensiva de planta de café de 0.5 ha, semi automatizada de flujo continuo con estándares certificados de multiplicación.
- Un manual de procedimientos técnicos de multiplicación intensiva de plantas de café en condiciones de vivero.
- Un desarrollo tecnológico de propagación sexual, y asexual *in vitro* de variedades sobresalientes de café.
- Un informe de investigación, y un manual técnico con Normas Editoriales e ISBN de sustratos y microorganismos simbiotes que favorecen el crecimiento y vigor de la planta con menos estancia en condiciones de vivero.
- Un método escrito y validado en un territorio de distribución de plantas y renovación de plantaciones de café.

- Informe de producción anual y mantenimiento de 500,000 plantas de café en condiciones de vivero.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Disminuir los costos de producción al utilizar material varietal generado y producido en México.
- Mejoramiento de la rentabilidad y competitividad del cultivo de café en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria cafetalera.
- Aumento de la productividad de los cafetales mediante el uso de agricultura de conservación y métodos más eficientes de riego, fertilización y control de plagas.
- Reducción a las importaciones de *Coffea canephora P.*

Social

- Disponibilidad de material varietal para la mejora de cafetales.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo del sistema de producción por medio de agricultura de conservación y en la propagación de diferentes variedades de café.

Tecnológico

- Disponibilidad de un área tecnificada de producción de plantas de café (*Coffea spp.*).
- Certificación de multiplicación intensiva de plantas de café (*Coffea spp.*)
- Utilización de mejores técnicas de cultivo bajo agricultura de conservación para generar mayor productividad y eficiencia del uso de suelo, fertilizantes, biofertilizantes, agua, pesticidas y herbicidas.

Ecológico

- Reducción del impacto en el ambiente por medio de la disminución del uso de insecticidas en el cultivo mediante productos bioracionales.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso racional de fertilizantes en las diferentes zonas de cafetales en México.

- Producción sustentable de café mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas.

XI. Literatura citada

AMECAFÉ-SIAP, 2011; Plan Rector Nacional 2005 y Estrategia de Innovación, 2010.

SGS-AMECAFÉ; Estrategia de Innovación, 2011.

Sitios WEB consultados

<http://www.cafesdemexico.com/>

<http://www.spcafe.org.mx/>

Contactos 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 1.4

SISTEMA PRODUCTO CAÑA DE AZÚCAR

I. Título tema a demandar:

“Diagnóstico y análisis del consumo de los edulcorantes de alta intensidad en los productos alimenticios en México”.

II. Beneficiarios del proyecto:

La agroindustria azucarera y los productores de caña de azúcar de México.

III. Antecedentes:

México es el séptimo productor de azúcar en el mundo, con un volumen de aproximadamente 5.048 millones de toneladas registrado en la zafra 2011-2012, siendo el principal abastecedor de azúcar a los Estados Unidos de América.

La agroindustria azucarera es de gran importancia en México, ya que supera los 52 000 millones de pesos anuales generados por la venta de azúcar en la zafra 2011-2012. LA actividad representa el 12 % del sector primario y el 2.5% del PIB manufacturero, genera más de 451 mil empleos directos, además de beneficiar de manera directa a 2.2 millones de personas, de 227 municipios ubicados en 15 estados donde se localizan 57 ingenios azucareros, con una población total de 12 millones de habitantes.

Un edulcorante es un compuesto capaz de producir un sabor dulce en la boca dada su estereoquímica y facilidad para formar puentes de hidrogeno, así como la hidrofobia de sus moléculas, para provocar un estímulo entre este y el sitio receptor en la boca.

El mercado de los edulcorantes en México está cambiando. La estructura actual del consumo de azúcar y otros edulcorantes, como los jarabes de maíz de alta fructosa y los edulcorantes bajos en calorías, es diferente a la que había hace tres décadas, cuando el azúcar prácticamente no tenía competencia. Ahora los jarabes de maíz y los edulcorantes de alta intensidad, como los que contienen aspartame, están desplazando azúcar en un segmento importante del mercado.

La tendencia en el consumo de edulcorantes en México está estrechamente relacionada con el crecimiento de la población. La tasa de crecimiento medio anual del consumo de azúcar en el periodo 1970-2010 fue de 2.18 %, mientras que en el mismo lapso la población creció a un ritmo de 2.01 % (CONADESUCA, 2011).

El mercado de los edulcorantes en México está experimentando cambios estructurales motivados por varios aspectos, entre los que se destaca el cambio en los hábitos de consumo de la población por razones de salud.

La incorporación de los edulcorantes diferentes del azúcar está ganando espacio en las preferencias del consumidor industrial y entre las personas que consumen productos bajos en calorías. Hasta mediados de los años noventa, el azúcar fue el principal edulcorante usado por la industria; sin embargo, con la puesta en marcha del TLCAN, se detonó el consumo de jarabes de maíz de alta fructosa. Los edulcorantes son productos que confieren sabor dulce a los alimentos. Por su constitución, se clasifican en naturales (o nutritivos) y sintéticos (o no nutritivos). Los primeros constituyen una fuente importante de calorías para los seres humanos; entre los más importantes están el azúcar o sacarosa, jarabe de maíz rico en fructosa (JMRF), miel de abeja, melaza y piloncillo; mientras que entre los segundos se encuentran principalmente la dextrosa y la maltosa.

La Figura 1, muestra las tendencias de diversificación del mercado de los edulcorantes en México. En esta se observa que la sustitución del azúcar de caña por Jarabes de Maíz-Alta Fructosa (JMAF) entre 1990 y 2010 ha aumentado paulatinamente, hasta alcanzar valores cercanos a 25%, mientras que los azúcares considerados bajos en calorías han crecido a un ritmo menos acelerado del orden del 3 %; sin embargo estos han sustituido tanto al azúcar de caña, como al JMAF.

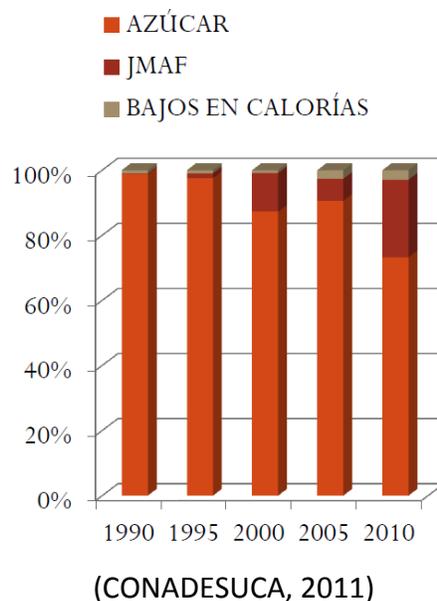


Figura 1. Diversificación del Mercado de los edulcorantes

Una de las características de los edulcorantes es que pueden ser sustituidos entre sí, sobre todo en la industria de alimentos y bebidas, aunque dicha sustitución no es perfecta. Por ejemplo, en industrias como la confitería, chocolatera y de repostería se utilizan edulcorantes en estado sólido, mientras que en la industria láctea y de bebidas se pueden utilizar edulcorantes líquidos. El sabor de los edulcorantes es un factor que incide en su preferencia. Independientemente de lo anterior, el azúcar es un producto de gran importancia para el consumo humano por su alto contenido energético. El azúcar proporciona, en promedio, el 12 % de los hidratos de carbono, elementos productores de energía en el cuerpo humano (ADA, 1998).

Los edulcorantes se clasifican en nutritivos y no nutritivos; la Figura 2 muestra la clasificación de edulcorantes, cuales son los más comunes y como se agrupan.

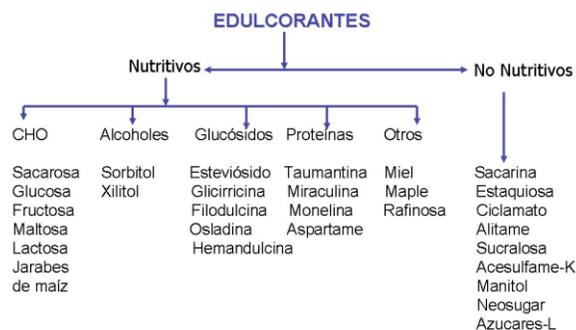


Figura 2. Clasificación de edulcorantes.

Edulcorantes no nutritivos.

Los edulcorantes de alta intensidad pueden ofrecer a los consumidores una manera de disfrutar el sabor de la dulzura con poca o ninguna ingesta de energía o respuesta glucémica. Los edulcorantes no nutritivos pueden contribuir al control del peso o de la glucosa en sangre y a la prevención de las caries dentales. La industria de la alimentación valora estos edulcorantes por muchos atributos; entre ellos, cualidades sensoriales (p.ej. un sabor dulce puro, la ausencia de sabor amargo o de olor), seguridad, compatibilidad con otros ingredientes alimentarios y estabilidad en diferentes entornos alimentarios.

La tendencia en la industria alimenticia es combinar diferentes edulcorantes de alta intensidad. Las combinaciones pueden causar sinergia (p.ej. la combinación es más dulce que los componentes individuales) lo que puede reducir la cantidad de edulcorante necesario y puede mejorar el sabor dulce general. Los Estados Unidos lideran el consumo mundial de edulcorantes de alta intensidad, con aproximadamente el 50 % de la demanda mundial.

La combinación de edulcorantes de alta intensidad con otros edulcorantes potencializan los efectos dañinos a la salud. Actualmente se desconoce cómo se emplean, las cantidades que se utilizan y cuáles son las normas de consumo (Grossetete *et al.*, 1998).

IV. Problemática:

Entre los principales países productores y consumidores de alimentos y bebidas azucaradas se encuentra México. En este contexto, es pertinente analizar la evolución de los rendimientos en campo y fábrica de caña de azúcar en Brasil, Estados Unidos y México, para determinar su posición competitiva a nivel internacional. Adicionalmente, resulta necesario analizar el comportamiento del mercado del Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa y su relación con el mercado del azúcar. El consumo de JMAF ha crecido de manera exponencial en los últimos seis años, en 2011 representó 27% del mercado de edulcorantes calóricos. La diversificación del mercado de los edulcorantes se refleja en la contracción del consumo *per cápita* de azúcar, el aumento del consumo de JMAF y de edulcorantes bajos en calorías. Las tendencias para 2013 muestran un incremento en el consumo de los sustitutos del azúcar (JMAF y los edulcorantes de alta intensidad).

En el último año (2012), el diferencial de precios entre el AZÚCAR y JMAF se redujo, no obstante las importaciones que realizó México del edulcorante se incrementaron.

El diferencial de precios entre el azúcar mexicana y el Jarabe de Maíz de Alta Fructosa importado o producido en México, favorece al sustituto del azúcar por lo que se espera que el proceso de sustitución de azúcar por JMAF siga creciendo hasta que se llegue al límite que técnicamente puede absorber la industria, especialmente la de bebidas embotelladas, jugos y néctares y las bebidas en general que emplean edulcorantes. Este y otros productos, han cobrado relevancia en el mundo como sustitutos del azúcar de caña, tanto en el consumo de las familias como en los procesos industriales para la elaboración de alimentos y bebidas. Desde su introducción hasta la fecha, han venido ganando participación en el mercado de edulcorantes.

El mercado de los edulcorantes en México está experimentando cambios estructurales, motivados por varios aspectos entre los que se destacan los cambios en los hábitos de consumo de la población por razones de salud y la incorporación de edulcorantes diferentes del azúcar, que están ganando espacio en las preferencias de los consumidores industriales y el consumo directo de las personas. Es importante cuantificar esos cambios, especialmente en el ámbito de los edulcorantes de alta intensidad o dietéticos.

V. Logros y Avances:

El mercado de los edulcorantes en México está experimentando cambios estructurales motivados por varios aspectos, entre los que se destaca el cambio en los hábitos de consumo de la población por razones de salud.

La incorporación de los edulcorantes, diferentes del azúcar, está ganando espacio en las preferencias del consumidor industrial y entre las personas que consumen productos bajos en calorías.

Hasta mediados de los años noventa, el azúcar fue el principal edulcorante usado por la industria; sin embargo, con la puesta en marcha del TLCAN, se detonó el consumo de jarabes de maíz de alta fructosa.

A la fecha, la mayoría de estudios realizados sobre el uso de edulcorantes, como sustitutos del azúcar de caña, muestran resultados adversos sobre todo en lo que a salud pública se refiere; pues se venden con el eslogan publicitario de dietéticos, aun cuando los efectos secundarios que causan a la salud pública son considerables y se desconocen con precisión algunos de ellos.

En 2011, CONADESUCA realizó un estudio denominado “ANÁLISIS DEL MERCADO DE LOS EDULCORANTES EN MÉXICO.” En este informe se puede observar que existe una

contracción en el consumo per cápita de azúcar, de valores cercanos de 50 kg a 42 kg. El consumo de azúcar en los hogares (directo) se mantiene alrededor de 21 kg por persona. El consumo industrial de azúcar se incrementó hasta un máximo de 26 kg *per cápita*, hasta antes de la entrada del jarabe de maíz de alta fructosa, ahora se ubica en 22 kg.

El consumo de JMAF ha crecido de manera exponencial; en 2010 representó 27 % del mercado de edulcorantes calóricos.

Los actores en la agroindustria cañera requieren de mayor conocimiento del comportamiento del mercado de los edulcorantes a nivel internacional y sus repercusiones en ámbito nacional, de tal manera que reconozca la necesidad de fortalecer las estrategias de política comercial y productiva, para garantizar el desarrollo sostenible de la agroindustria cañera.

Con la diversificación del mercado de los edulcorantes en México se está consolidando un cambio estructural en ese mercado caracterizado por algunos elementos como los que se señalan a continuación:

- El mercado de los edulcorantes en México está experimentando cambios estructurales motivados por varios aspectos, entre los que se destaca el cambio en los hábitos de consumo de la población por razones de salud y por factores sociales relacionados con la moda “light”
- La incorporación de los edulcorantes diferentes del azúcar está ganando espacio en las preferencias del consumidor industrial y entre las personas que consumen productos bajos en calorías.
- Hasta mediados de los años noventa, el azúcar fue el principal edulcorante usado por la industria; sin embargo, con la puesta en marcha del TLCAN, se detonó el consumo de jarabes de maíz de alta fructosa.

- Ahora los precios del azúcar se tornan relevantes en las decisiones del consumidor por la oportunidad de sustituir su uso por otro edulcorante de menor precio. Si el precio se estabiliza a la baja, es posible que el consumo de azúcar se recupere en un promedio de 200 mil toneladas cada año entre 2013 y 2015.

De no tener claro las acciones necesarias para aprovechar las áreas de oportunidad del mercado de los edulcorantes y el potencial de diversificar el uso de la caña, se corre el riesgo de que la contracción del consumo *per cápita* de azúcar en el mercado nacional genere excedentes en el mercado interno que de no encontrar demanda en el exterior, podría causar un mercado sobre ofertado como el que se presentó en 2008, con precios muy bajos y pérdidas para productores de caña e industriales.

VI. Propósito de la demanda:

Determinar las cantidades de edulcorantes de alta intensidad en diferentes productos alimenticios, para innovar medias y mecanismos para evaluar el impacto económico en la agroindustria azucarera.

VII. Objetivos:

7.1 Objetivo General

Identificar con precisión el nivel de sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos disponibles en México y su relación respecto de su uso en preparación de alimentos, para establecer mecanismos de innovación que permitan evaluar el impacto económico en la agroindustria azucarera en México.

7.2 Objetivos particulares

- Definir con precisión las cantidades de los edulcorantes de alta intensidad y la sustitución de azúcar caña en los productos alimenticios, así como las tendencias a mediano plazo sobre las preferencias de estos.
- Precisar qué son los edulcorantes, cómo se clasifican y cuáles son los posibles riesgos a la salud pública con su consumo, como sustitutos de azúcar de caña.
- Cuantificar de las proporciones de edulcorantes de alta intensidad utilizadas por el sector productivo y la agroindustria.
- Identificar el mercado de edulcorantes no calóricos a nivel mundial, en América Latina y Europa del año 2000, a la fecha de publicación de esta convocatoria.
- Cuantificar los tipos de edulcorantes no calóricos disponibles, ya sean producidos en México o importados, para el periodo comprendido entre el año 2000 y la fecha de publicación de esta convocatoria.
- Determinar el impacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad o dietéticos en el mercado nacional en términos de grado de endulzante por kilogramos de azúcar.
- Realizar en forma escrita y electrónica un informe adecuado a los productores e industriales del sector cañero, que contenga una descripción general de los entregables de esta convocatoria.
- Realizar seminario y/o curso de los resultados obtenidos en esta convocatoria, enfocados principalmente a los objetivos y entregables. En este evento deberán estar presentes representantes del Fondo Sectorial, productores y representantes del sector agroindustrial de la caña de azúcar

VIII. Justificación:

El mercado de los edulcorantes en México está ganado espacio en las preferencias del consumidor industrial y entre las personas que consumen productos bajos en calorías.

Entre los principales países productores y consumidores de alimentos y bebidas

azucaradas se encuentra México. En este contexto es pertinente analizar la evolución de los rendimientos en campo y fábrica de caña de azúcar en Brasil, Estados Unidos y México, para determinar su posición competitiva a nivel internacional. Adicionalmente resulta necesario analizar el comportamiento del mercado del Jarabe de Maíz de Alta Fructosa y su relación con el mercado del azúcar.

Al no conocer con certeza las acciones necesarias para aprovechar las áreas de oportunidad del mercado de los edulcorantes y el potencial de diversificar el uso de la caña, se corre el riesgo de que la contracción del consumo *per cápita* de azúcar en el mercado nacional genere excedentes en el mercado interno que de no encontrar demanda en el exterior, podría causar un mercado sobre ofertado como el que se presentó en 2008, con precios muy bajos y pérdidas para productores de caña e industriales.

Por ello es importante determinar las cantidades de edulcorantes de alta intensidad en diferentes productos alimenticios para innovar medidas y mecanismos para evaluar el impacto económico en la agroindustria azucarera.

IX. Productos a entregar:

- Un documento que contenga y precise las cantidades de los edulcorantes de alta intensidad y la sustitución de azúcar caña en los productos alimenticios, así como las tendencias a mediano plazo sobre las preferencias de estos edulcorantes.
- Un informe donde se precise qué son los edulcorantes, cómo se clasifican y cuáles son los posibles riesgos a la salud pública con su consumo, como sustitutos de azúcar de caña.
- Informe de las proporciones de edulcorantes de alta intensidad utilizadas por el sector productivo y la agroindustria.

- Un informe donde se identifique el mercado de edulcorantes no calóricos a nivel mundial, en América Latina y Europa del año 2000, a la fecha de publicación de esta convocatoria.
- Documento donde se informen y se cuantifiquen los tipos de edulcorantes no calóricos disponibles, ya sean producidos en México o importados, para el periodo comprendido entre el año 2000 y la fecha de publicación de esta convocatoria.
- Documento con información detallada sobre el impacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad o dietéticos en el mercado nacional en términos de grado de endulzante por kilogramos de azúcar.
- Al menos un folleto en forma escrita y electrónica adecuado a los productores e industriales del sector cañero, que contenga una descripción general de los entregables de esta convocatoria.
- Un seminario y/o curso de los resultados obtenidos en esta convocatoria, enfocados principalmente a los objetivos y entregables. En este evento deberán estar presentes representantes del fondo sectorial, productores y representantes del sector agroindustrial de la caña de azúcar.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener.

Económico

- Coadyuvar con la actividad económica del sector cañero, mediante la identificación de estrategias que permitan mejorar la productividad de la agroindustria cañera en México.
- Disponer de estrategias para mejorar la competitividad en la agroindustria de la caña azúcar en México.

Social

- Mantener la actividad productiva y mejorar la calidad de vida de 12 millones de habitantes que dependen de manera directa o indirecta del cultivo de caña de azúcar.

- Reconocer la necesidad de regulación de uso de edulcorantes no calóricos, que propicien un norma regulatoria

Tecnológico

- Contar con estrategias para la reingeniería, reconversión productiva y diversificación de la agroindustria azucarera.
- Reconocer tecnológicas en campo, fábrica, empaques, comercialización y distribución de azúcar para el mercado nacional que mejoren la productividad y competitividad.

XI. Literatura citada:

ADA, 1998. Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners, Journal of the American Dietetic Association 98(5): 580-587.

García-Chávez, L., R. 2011 Análisis del mercado de los edulcorantes en México. CONADESUCA, Reporte de Resultados 30-03-2011. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Grossetete, J., Duc, M. y Flaccavento, S. 1998. Estudios de la Facultad de Psicología y Ciencias de la Educación de la Universidad de Génova, IT.

Ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar. 2005. Texto vigente. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de agosto de 2005. Declaración de invalidez de artículos por Sentencia de la SCJN DOF 07-12-2007. Voto Particular a Sentencia de la SCJN DOF 20-10-2008.

SAGARPA. CONADESUCA. 2011. El mercado de los edulcorantes en México. Documento inédito.

Sitios WEB consultados.

<http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/13134-edulcorantes-alimentos-aplicaciones-y-normativas>

<http://www.diabetes.ca/for-professionals/research/progress-and-final-reports/>

Contactos 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 1.5

SISTEMA PRODUCTO OLEAGINOSAS

I. Título tema a demandar:

“Desarrollo de innovaciones que fomenten la productividad y competitividad de la soya en la región sur-sureste de México”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Los productores de soya de la región sur-sureste del país.

III. Antecedentes:

Las oleaginosas son cultivos indispensables y con valor agregado principalmente por su versatilidad, ya que de un solo grano o semilla, es posible obtener cientos de productos: desde aceites, pastas para la alimentación animal. Biocombustibles, plásticos biodegradables, también proteínas, vitaminas y minerales, fundamentales en la nutrición del hombre.

La soya (*Glycine max* L.) es una especie de la familia de las leguminosas, cultivada por sus semillas, de alto contenido de aceites y proteína. El grano de soya y sus subproductos (aceite y harina de soya, principalmente) se utilizan en la alimentación humana y del ganado. Es la oleaginosa que más se produce en el mundo. De un total de 310-230 millones de toneladas de oleaginosas producidas anualmente, la soya representa 170-180 millones de toneladas, lo que significa el 55 % de la producción mundial de oleaginosas (Bravo, 2005).

El cultivo de soya es anual, cuya planta alcanza generalmente una altura de 80 centímetros y cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses. El tallo es rígido y erecto, tiene tendencia a acamarse, aunque existen variedades resistentes al acame. El sistema radicular de la soya es potente, la raíz principal puede alcanzar hasta un metro de profundidad, aunque lo normal es que no sobrepase los 40-50 cm. La semilla de soya se produce en vainas de 4 a 6 cm. de longitud, y cada vaina contiene de 3 a 4 granos de soya. La soya se desarrolla óptimamente en regiones cálidas y tropicales y se adapta a una gran variedad de latitudes que van desde 0 a 38 grados, y los mayores rendimientos en la cosecha se obtienen a menos de 1000 msnm. La semilla varía en forma desde esférica hasta ligeramente ovalada y entre los colores más comunes se encuentran el amarillo, negro y varias tonalidades de café (COFUPRO, 2003).

La soya es uno de los cultivos más importantes cuya producción aumenta a grandes pasos en el mundo, ya que contribuye significativamente a la nutrición humana en general.

México es considerado el cuarto importador de soya a nivel mundial, después de China, la Unión Europea y Japón. Las importaciones de México equivalen a 4.5 % de la soya que se comercializa a nivel mundial y en el 2009, se estima que México importó 3.5 millones de toneladas (mdt), destinando 98 % al sector pecuario, debido a que la producción es menor a su consumo.

Se estima que la soya de México es producida por 4, 200 productores distribuidos en los estados de Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.

El cultivo de soya en México tiene posibilidades de crecimiento en regiones con limitantes de agua para riego, a través de variedades tolerantes a la sequía y mediante la integración de productores con industriales, asociaciones de porcicultores y avicultores, así como el uso de esquemas de agricultura por contrato, acompañada de tecnología y el uso de fertilización balanceada.

Uno de los principales riesgos a los que se enfrenta la agricultura es la siembra de semillas que no poseen la capacidad de producir un buen cultivo. Se ha detectado, en el caso de la soya, un deterioro patológico de la semilla lo cual se relaciona directamente con fallas en la germinación en campo que se considera como el medio de introducción de enfermedades en lotes no contaminados. “El embrión de la semilla de soya es cubierto por una capa fina y frágil, que lo hacen susceptible a condiciones de manipulación y almacenamiento inadecuado, igual que a malas condiciones de cosecha”. Los costos de implantación del cultivo plantean cada vez mayores exigencias en cuanto a la calidad de insumos para ellos, y esta semilla es uno de los factores que define los rendimientos. “Semillas de calidad intermedia o baja producen una reducción en la población de plantas, la cual se agrava por la transmisión de enfermedades, en el caso de ser portadoras de microorganismos patógenos. Si se utilizan semillas de calidad se refleja directamente en el cultivo resultante en términos de buena densidad, uniformidad de población, ausencia de enfermedades transmitidas por semilla, rápida emergencia, alto vigor de plántulas y mayor rendimiento”.

Un aumento significativo en la producción nacional de oleaginosas en México, ayudaría a disminuir la dependencia de estos insumos del extranjero, proporcionaría materia prima para la elaboración de aceites y proteínas, y tendríamos materia prima que, seguramente, al entrar en competencia con productos importados, mantendría un precio estable, mejoraría la calidad y habría mayor disponibilidad de alimentos en nuestro país (SAGARPA, 2012). Por lo que resulta indispensable contar con paquetes tecnológicos para cada ambiente donde se pretendan establecer los cultivos, debido a que es de gran importancia considerar las variables más importantes con las que las plantas interactúan considerando el tipo de suelo y las condiciones meteorológicas, como la temperatura, la precipitación y la humedad relativa. En los paquetes tecnológicos es importante establecer los requerimientos de nutrición agua y manejo para cada etapa de desarrollo, así como establecer un programa de prevención y control de las diferentes plagas y enfermedades que pueden presentarse en cada cultivo para evitar pérdidas significativas en la producción.

IV. Problemática

Una de las principales problemáticas del cultivo es la roya de la causada por *Phakospora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. es una de las enfermedades más destructivas de cultivo principalmente en regiones tropicales y subtropicales, en México se considera una plaga de importancia económica y tiene una distribución restringida, de acuerdo con el SCOPE 2013, la roya anaranjada de la Soya se encuentra presente en los municipios de Ébano y Tamuín San Luis Potosí, así como en los Municipios de Ocampo, González, Mante y Altamira en Tamaulipas. Otra problemática Fitosanitaria presente en el cultivo de la soya es la presencia del Picudo Negro de la Vaina *Rhyssomatus subtilellis* Fielder, la cual es una plaga en cuarentena, de acuerdo a las determinaciones establecidas en la NIMF N°8 (CIPF, 2006), conforme a lo reportado por SENASICA se categorizó como ausente en México.

Una de las muertes más comunes de la siembra de soya, se debe a la necesidad de cultivarla en temperaturas bajas y de alta humedad relativa, ya que si se excede puede sufrir de podredumbre húmeda (*Sclerotinia sclerotiorum* De Bary).

El rendimiento nacional de la soya fluctúa de menos de una tonelada hasta un poco más de dos toneladas por hectárea. Los mejores rendimientos se observan en los estados de Chiapas y Campeche. Por otro lado, en los estados de la región huasteca se registran menores rendimientos, particularmente en Tamaulipas.

El precio de la soya se establece en el mercado internacional, mediante la oferta y la demanda de la oleaginosa. Este precio afecta directamente al mercado nacional y al precio que el productor obtiene por su cosecha en México.

México es un importador neto de soya. En 2012, del consumo de soya en México, el 7% fue nacional y el 93% de importación. Esta circunstancia hace imperativo aumentar la producción nacional mediante la incorporación de paquetes tecnológicos que mejoren el rendimiento por hectárea.

V. Logros y avances:

La soya ha sido un elemento alimenticio clave en países de Oriente, que se ha esparcido a otras regiones del mundo por diversos factores, incluyendo los beneficios que produce su consumo.

El rendimiento del grano de soya ha presentado diversas dificultades durante el cultivo, por lo que desde hace varios años se ha mejorado y fortalecido a través de las variedades tolerantes a agentes bióticos adversos.

El INIFAP ha generado cinco variedades de soya, específicamente para las condiciones de la región Huasteca (sur de Tamaulipas, norte de Veracruz y oriente de San Luis Potosí); sin

embargo, la producción de la semilla a nivel comercial se realiza generalmente durante el ciclo primavera-verano, donde se presenta la incidencia de altas temperaturas y elevados niveles de humedad en el ambiente. Lo que trae como consecuencia una reducción en la calidad de la semilla, ocasionando que los productores incrementen la densidad de siembra para asegurar la cantidad de plantas recomendada para el cultivo (García-Rodríguez, 2013)

A través de la incorporación de genes juveniles, la resistencia de la planta, ha permitido ser plantada en diversos ambientes, enfrentándose a temperaturas extremas, suelos pesados, arenosos, etc. Este tipo de tecnología ha eliminado algunas de las enfermedades que la planta comúnmente presenta. El avance constituido a través de biotecnología aplicada en la soya, es considerado por regiones sudamericanas como el más importante en su agricultura.

La soya genéticamente modificada es el cultivo más abundante de toda el área sembrada dedicada a cultivos GM (Genéticamente Modificados); junto con él la tolerancia a herbicidas, es también la característica más dominante, entre otras cosas porque ha permitido abatir notoriamente los costos de producción, al disminuir las actividades para el control de malezas, mejorando la calidad del cultivo y más adelante su cosecha. No obstante, esta tecnología es compatible con las prácticas de la agricultura de conservación, ya que la eliminación de yerbas genera una capa de cobertura vegetal que se deja y se acumula ciclo con ciclo. Asimismo, la multiplicidad de usos alimentarios, pecuarios e industriales de la soya, han mostrado una ventana de oportunidad a agricultores que utilizan más intensivamente sus parcelas.

VI. Propósito de la Demanda:

Desarrollo y validación de paquetes tecnológicos para cultivos de soya en el sector sureste de México para el incremento de producción de dicha oleaginosa.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Desarrollar innovaciones tecnológicas y no tecnológicas que contribuyan a mejorar el abasto y competitividad de la producción de soya, a través del incremento de la productividad de las áreas de cultivo de soya, para la industria mexicana de aceites comestibles, alimento para animales y contribuir a la seguridad agroalimentaria de México.

7.2 Objetivos Específicos:

- Generar tecnologías diferenciadas para la producción de soya (*Glycine max* L.) para la región sur-sureste de México (Veracruz, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo) con énfasis en el incremento de rendimientos, control de estrés abiótico, nutrición y control sanitario.
- Generar tecnologías diferenciadas para la producción de soya (*Glycine max* L.), que involucren labranza de conservación, uso de microorganismos simbiotes a la siembra y bioplaguicidas.
- Evaluar variedades de soya (*Glycine max* L.) de alto rendimiento para estados productores en México.
- Desarrollar un esquema de producción de semilla certificada de soya (*Glycine max*) para el abasto del sistema producto oleaginosas de México.
- Diseñar y validar un sistema de prevención y control de roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), picudo negro de la vaina (*Rhyssomatus subtilellis* Fielder) en soya con estrategias de trampeo, productos biológicos y antagonistas.
- Diseñar y validar desarrollos tecnológicos para la reconversión productiva orientada a soya en áreas agrícolas de San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas.

- Desarrollar usos alternativos para subproductos de soya diferentes al forrajero de industria aceitera.

VIII. Justificación:

La industria aceitera en México depende en gran medida de las importaciones de oleaginosas para elaborar sus productos; a partir de esto produce aceites que son utilizados por industrias de alimentos y finalmente distribuirse al consumidor final, Sin embargo, la producción de soya en México ha caído considerablemente durante el periodo 1990 -2006. Para el año 2006, la superficie sembrada con soya en México fue de 77,636 ha.

El consumo nacional de semillas oleaginosas para el 2006 fue de 5.5 millones de toneladas, de las cuales se produjeron en el país sólo 0.5 millones, por lo que se tuvieron que importar cerca de 5 millones de toneladas con un valor de más de 14,000 millones de pesos, lo que representa una importante fuga de divisas para el país.

Del total de las importaciones de oleaginosas realizadas en el 2006, el 91% (5 millones de toneladas) correspondió a soya y canola, lo que representa el tamaño del mercado interno actual para estos productos y una gran oportunidad para fomentar la producción de los mismos. Para abastecer la demanda interna de soya sería necesario sembrar cerca de 2 millones de hectáreas entre soya y cártamo al año (aproximadamente 2.6 millones de ha); mientras que la superficie actual no cubre el 7% de la demanda anual de la industria aceitera nacional.

IX. Productos a entregar:

- Un desarrollo tecnológico diferenciado para la producción de soya (*Glycyne max* L.) para la región sur-sureste de México (Veracruz, Chiapas, Campeche, Yucatán y

Quinta Roo) con énfasis en el incremento de rendimientos, control de estrés abiótico, nutrición y control sanitario.

- Un desarrollo tecnológico diferenciado para la producción de soya (*Glycyne max* L.), que involucren labranza de conservación, uso de microorganismos simbiotes a la siembra y bioplaguicidas.
- Un informe amplio de caracterización agronómica con Normas Editoriales e ISBN de variedades de soya (*Glycyne max* L.) para estados productores en México.
- Un modelo de transferencia en la prevención y control para roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), picudo negro de la vaina (*Rhysomatus subtilis* Fielder) en soya con estrategias de trampeo, productos biológicos y antagonistas.
- Un desarrollo tecnológico para la reconversión productiva orientada a soya en áreas agrícolas de San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas conciliado con el sistema producto.
- Un catálogo validado tecnológicamente de nuevos usos para subproductos de especies oleaginosas diferentes al forrajero originados en la industria aceitera.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Incrementar la rentabilidad y competitividad del cultivo de soya en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria.
- Aumento de la productividad de soya mediante el uso de agricultura de conservación y métodos más eficientes de riego, fertilización y control de plagas.
- Reducción de las importaciones de oleaginosas. Aspecto que mejora la calidad alimentaria del país.

Social

- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo del sistema de producción que permitan el incremento de rendimientos, control de estrés abiótico, nutrición y control sanitario.

Tecnológico

- Utilización de mejores técnicas de cultivo bajo agricultura de conservación para generar mayor productividad y eficiencia del uso de suelo, fertilizantes, biofertilizantes, agua, pesticidas y herbicidas.

Ecológico

- Reducción del impacto en el medio ambiente por medio de la disminución del uso de pesticidas en el cultivo mediante productos bioracionales.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso racional de fertilizantes en las diferentes zonas agroecológicas productoras de oleaginosas en México.
- Producción sustentable de soya mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas

XI. Literatura citada

Bravo, E. 2005. SOYA instrumento de control de la agricultura y la alimentación. Red por una América Latina Libre de Transgénicos. Acción Ecológica. Casilla. Quito, Ecuador.

CIPF. 2006. NIMF. N°8. "Determinación de la situación de una plaga en un área". Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Convención Internacional de Producción Fitosanitaria.

COFUPRO, 2003. Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología del Estado de Chiapas. Cadena Agroalimentaria de la Soya. Disponible en:<http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit54.pdf>

García- Rodríguez, J.C. 2013. Comparando la calidad de semilla de soya producida en dos regiones agroclimáticas de México. Sistema Nacional Sistema Producto-Oleaginosas. Disponible en: http://www.oleaginosas.org/impr_487.shtml

SAGARPA, 2012. Oleaginosas. Boletín ASERCA Regional Peninsular.No55/12 Mayo 2012. Pp. 8-9.

SNISC. 2012. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Sitios web consultados

<http://www.agrobiomexico.org.mx>

<http://www.oleaginosas.org>

Contactos 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 1.6

SISTEMA PRODUCTO AMARANTO Y NOPAL

I. Título tema a demandar

“Agregación de valor en la cadena productiva de cultivos tradicionales de amaranto y nopal”.

II. Beneficiarios del Proyecto

Productores mexicanos de amaranto y nopal.

III. Antecedentes

El nopal es una planta silvestre que sobrevive en regiones desérticas y frías. No requiere de mucha agua para su cultivo, por lo que es una buena fuente de ingresos para muchos agricultores que no cuentan con los recursos necesarios y viven en zonas áridas o semiáridas. Se dice que tiene un papel ecológico importante, ya que detiene la degradación del suelo deforestado, o sea, convierte tierras improductivas en productivas. Existen cerca de mil 600 especies en 122 géneros de la familia de las cactáceas, de la cual proviene el nopal. Tiene frutos, los cuales son comestibles y se conocen con el nombre de tunas.

Del nopal (*Opuntia* spp.) como alimento funcional, los frutos y los cladodios son una fuente importante de: fibra, hidrocoloides (mucílagos), pigmentos (betalaínas y carotenoides), Ca y K, y vitamina C; compuestos muy apreciados para una dieta saludable y como ingredientes para diseñar nuevos alimentos.

En México, el consumo anual per cápita de nopales es de 6 kilogramos, con lo que el producto ocupa el sexto lugar entre las hortalizas consumidas en el país. Los nopales, por sus propiedades nutricionales, han tenido aceptación en otras naciones, por lo que se exportan procesados en salmuera y en escabeche a Europa, Canadá, Estados Unidos y a países de la Cuenca del Pacífico. Para este mercado también se debería considerar la industria de suplementos alimenticios, cápsulas, tabletas y polvos a base de nopal, así como productos deshidratados. Uno de los canales de comercialización de estos productos pudieran ser los centros de abastos (Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Veracruz), clubes (Costco y SAM's), hoteles y restaurantes; en este último mercado se

mueven aproximadamente 14.5 mil millones de dólares para alimentos, debido a que México es la tercera potencia gastronómica del mundo.

El género *Amaranthus* comprende aproximadamente 60 especies, algunas de las cuales se cultivan como fuente de grano de alta calidad nutricia (*A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. y *A. caudatus* L.), de verdura (*A. blitum/lividus* L., *A. dubius* Mart. Ex. Thell, *A. tricolor* L.) o forraje. Es un cultivo resistente a sequía, suelos salinos, plagas y enfermedades (NRC, 1984). Durante la época precolombina el grano del amaranto (*huahutli*, en Náhuatl) fue uno de los alimentos básicos de Nuevo Mundo. Los Aztecas producían al menos 15,000 ton por año de este grano, lo cual lo ubicaba en el tercer lugar en importancia después del maíz y el frijol (Bressani, 1989). Desafortunadamente después de la conquista el cultivo cayó en desuso y prácticamente desapareció (NRC, 1984). Aun cuando existen variedades mejoradas, en la actualidad, se cultivan en México principalmente variedades criollas de *A. hypochondriacus* L. y *A. cruentus* L. (que presentan una gran variabilidad en el tamaño de las plantas) predominantemente en la región que incluye el Distrito Federal y los Estados de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos e Hidalgo. En estos Estados se cultivan aproximadamente 1600 ha, con un rendimiento promedio de 1.2 ton ha⁻¹. El amaranto también representa una alternativa para zonas de temporal, ya que tolera en mayor grado condiciones de estrés hídrico en comparación con el maíz y el frijol.

Una de los grandes potenciales del amaranto radica en la posibilidad de ser un factor que contribuya en forma decisiva a resolver los problemas de nutrición y salud en México. Este potencial está contenido en varias características sobresalientes que tiene el amaranto como grano y verdura. Se sabe que el contenido de proteína, grasa y fibra del grano de amaranto es generalmente más alto que en los cereales (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1994). Por ejemplo, el contenido de proteína va de 13.9 a 17.3 %, que está en función de los antecedentes genéticos, condiciones ambientales y prácticas culturales (Bressani, 1989). La proteína muestra un extraordinario perfil balanceado de aminoácidos

con un alto nivel de lisina, que lo hace mucho más atractivo desde el punto de vista nutricional. Además, el grano de amaranto contiene de 6 a 9 % de aceite el cual es mayor que en la mayoría de los cereales. Este aceite contiene aproximadamente un 77 % de ácidos grasos insaturados con un alto contenido de ácido oleico necesario para la salud humana (Pogojeva *et al.*, 2006). Los altos niveles de estos ácidos grasos favorecen la disminución de peso corporal, entre otros beneficios. Además, el grano es rico en escualeno, un aceite de gran valor comercial, en particular para la industria cosmética, que comúnmente se obtiene de las ballenas en el mar del norte y contiene niveles importantes de tocoferoles y tocotrienoles, que reducen los niveles de colesterol en la sangre (Berger *et al.*, 2003). También posee almidones de características únicas y el contenido de oligosacáridos sugiere que podría actuar como un pre-biótico, al promover el buen funcionamiento de la flora intestinal benéfica. Asimismo, se han obtenido evidencias experimentales que indican que el amaranto presenta propiedades antioxidantes y antidiabéticas (Kim *et al.*, 2006; Klimczak *et al.*, 2002; Gonor *et al.*, 2006; Lelisiieva *et al.*, 2006) y previene contra problemas de corazón y la hipertensión (Martirosyan *et al.*, 2007). Este aspecto es importante para agregar valor al amaranto y productos derivados.

La hoja de amaranto posee un alto contenido en calcio, fósforo, vitamina A y C, hierro y ácido fólico, características de un alto valor nutricional. Por ejemplo, ácido fólico es necesario para el buen desarrollo de los bebés en el seno materno y para la mamá lactante y los altos contenidos de calcio, hierro y vitamina C, favorecen la disminución de enfermedades tan frecuentes como la osteoporosis, anemia y gripe. Las hojas de amaranto tiernas usualmente son consumidas en ensaladas, aguas y en diversos platillos, mientras que las hojas maduras son utilizadas como forraje. Por su parte, el grano puede incluirse fácilmente en la elaboración de alimentos de consumo cotidiano como tortillas, pan, horchata, salsas, sopas, postres y otros. Considerando la larga lista de cualidades descrita anteriormente, no resulta sorprendente que la FAO y el Departamento de Demandas del Sector **2013-2**

Agricultura de los Estados Unidos hayan declarado que al amaranto es el alimento vegetal de mayor valor nutritivo, con potencial para llegar a ser el alimento del futuro para la humanidad.

IV. Problemática

El concepto de que la naturaleza imparte a los alimentos una propiedad saludable no es nuevo. Infusiones herbales y muchos otros medicamentos caseros se han utilizado por siglos y se siguen utilizando hoy en día en muchas partes del mundo. En la sociedad moderna se han utilizado más drogas para tratar o prevenir una enfermedad. Sin embargo, desde el descubrimiento de nutrimentos y la evolución en muchas técnicas analíticas con capacidades antes no conocidas para establecer la composición molecular en un alimento o planta, nos ha permitido obtener mayor conocimiento de la relación bioquímica entre estructura-función de muchos compuestos químicos presentes naturalmente en los alimentos y por consecuencia el entendimiento de su función en el cuerpo humano. La visión holística de la medicina y la dieta comenzó en 1970, y ha evolucionado desde que se entendió que ciertos alimentos debido a la presencia de bioquímicos específicos, pueden tener un efecto positivo en la salud de los individuos, en su físico y en su estado mental.

El nopal tiene varias formas de consumo pero la principal es en fresco. Los datos oficiales reportan que el 97% de la producción se consume y el 3% restante es materia prima para la agroindustrias local, donde se elaboran productos para la industria de alimentos, farmacéutica y perfumería. El consumidor intermedio es la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética. Cada una de estas industrias tiene como materia prima el nopal fresco, para la industria alimenticia donde se elabora nopales en salmuera, en escabeche jugos y harinas. La elaboración de cremas, mascarillas y shampoo en la industria cosmética, y la preparación de nopal deshidratado para la elaboración de cápsulas en la industria farmacéutica. La mayoría de estas industrias no están bien diferenciadas hacia

un sólo producto, una misma industria procesa productos como nopales en salmuera, jugos, cremas, shampoo y nopal deshidratado. Esto indica la forma artesanal de la industria y los diferentes procesos de transformación no son todos automatizados, utilizan mano de obra para varias fases de la transformación de los productos. La industria de los productos derivados del nopal se ha ido desarrollando de manera empírica, en el ensayo y error. No existe la división del trabajo, generalmente son empresas familiares en donde la misma persona supervisa el proceso de producción, al igual que sale a vender el producto. El cultivo de amaranto constituye una actividad productiva alternativa viable y rentable. Sus cualidades nutritivas, fisiológicas, y su potencial industrial y económico auguran el éxito de la cadena productiva. El amaranto contiene el 17% de proteínas, así como altos niveles de carbohidratos asimilables, vitaminas y minerales. El 20% de las proteínas en las semillas de amaranto corresponden a las globulinas ricas en lisina y en aminoácidos azufrados, los cuales son esenciales para la salud, dando como resultado la combinación que cumple con los requerimientos recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, para asegurar una óptima nutrición humana. Ante esta realidad, distintos organismos gubernamentales y no gubernamentales de México y algunos países del mundo han encontrado potenciales usos industriales del amaranto como verdura o planta de ornato; para la producción de grano y esquilmos, lo cual tiene aplicación en múltiples actividades y sectores, como el agrícola y pecuario; en industrias tales como las de alimentos y bebidas, química, farmacéutica y cosmetología, y en nichos específicos como el gourmet, naturista, de repostería, etc. Es necesario desarrollar la industria con equipo, maquinaria, manuales de procedimientos y normas de calidad, de igual manera resulta importante inyectar capital de trabajo a la industria del amaranto. La comercialización en lo general también mantiene un nivel de desarrollo limitado pues no existen estrategias de mercado que permitan consolidar la organización para este propósito así como tampoco se tienen definidos planes o programas de difusión y promoción al consumo. Cualquiera que quiera colocar los productos de amaranto en el lugar que le corresponde, tiene que enfrentarse a la enseñanza al consumidor de todas las

Demandas del Sector **2013-2** Página **69** de **147**

cualidades que tiene una planta como el amaranto, que es una fuente de excelente calidad y cantidad de proteína, que tiene atributos curativos y preventivos para una mejor salud como auxiliar en enfermedades como la artritis, desnutrición, bajar índices de colesterol, etc., y que además también tiene usos en la cosmetología. Para lo cual es necesario cambiar la mentalidad de la mayoría de los consumidores al pensar que el amaranto es una simple golosina.

En este contexto es necesario impulsar desarrollar la industria con equipo, maquinaria, manuales de procedimientos y normas de calidad para la elaboración de productos en forma industrial del amaranto y el nopal.

V. Logros y Avances

Una alternativa para reducir las pérdidas en nopal y para que su comercialización sea fácil es elaborar productos de nopal verdura con propiedades nutritivas para el consumidor, en donde se utilice el método de deshidratación osmótica, que consiste en sumergir los nopales (en trozos o enteros) en una solución concentrada de azúcares o miel de abeja que genere una presión osmótica alta que permita la vida útil del producto y mejore sus características sensoriales.

Para la industrialización de los productos hortofrutícolas se emplean métodos de conservación que consisten en la inhibición del crecimiento y/o la muerte de microorganismos, así como en la prevención de su establecimiento; con esto se prolonga la vida del alimento, de forma que mantenga aceptable su calidad (color, textura y aroma). Los métodos de industrialización pueden ser enlatado, congelación, deshidratación, encurtidos o en salmuera.

Se ha demostrado en varios estudios, principalmente realizados en México, las propiedades medicinales que tiene el nopal, se les llama “propiedades medicinales” ya

que ayudan al control de la enfermedad, pero esto no significa que se hable de una curación. En este sentido se ha puesto de moda que en todas las dietas se tome un jugo de nopal con naranja o alguna otra fruta. Esto se fundamenta en que gracias a la gran cantidad de fibra que tiene esta planta, ayuda retardar el tiempo en que se absorben los nutrimentos y entran a la sangre y por lo tanto facilita su eliminación ayudando con problemas de obesidad; también se habla que ayuda a las personas que padecen diabetes. El nopal incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de azúcar en la sangre. Se ha comprobado científicamente el poder hipoglucemiante del nopal, es decir, como un efectivo tratamiento para la prevención de la diabetes. En personas con colesterol elevado se ha demostrado que, el consumo de nopal, ayuda a eliminarlo evitando que se absorba gran parte de éste y así no se acumula en venas y arterias. Los aminoácidos, la fibra y la niacina contenida en el nopal previenen que el exceso de azúcar en la sangre se convierta en grasa. Todas estas propiedades son aprovechables mediante la ingesta en guisos, ensaladas, jugos, licuados o mediante el consumo de grageas o cápsulas, elaborados con harina de Nopal deshidratado.

Por su parte el grano del amaranto (huahutli en Náhutl), durante la época pre-Colombina fue uno de los alimentos básicos de Nuevo Mundo. Los Aztecas producían al menos 15,000 ton por año de este grano, producción que lo ubicaba en el tercer lugar en importancia después del maíz y el frijol (Bressani, 1989). Desafortunadamente después de la Conquista el cultivo cayó en desuso y actualmente se produce y consume en áreas muy restringidas de nuestro país (NRC, 1984). Sin embargo, este cultivo puede contribuir en forma sobresaliente a resolver los problemas de nutrición y salud.

Se sabe que el contenido de proteína, grasa y fibra del amaranto son generalmente más altos que en los cereales (Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1994). Por ejemplo, el contenido de proteína va de 13.9 a 17.3 %, contenido que está en función de los antecedentes genéticos, condiciones ambientales y prácticas culturales (Bressani, 1989).

La proteína muestra un extraordinario perfil balanceado de aminoácidos con un alto nivel de lisina, que lo hace mucho más atractivo desde el punto de vista nutricional. Además, el grano de amaranto contiene de 6 a 9 % de aceite el cual es mayor que en la mayoría de los cereales. Este aceite contiene aproximadamente un 77% de ácidos grasos insaturados con un alto contenido de ácido oleico necesario para la salud humana (Pogojeva *et al.*, 2006). Por otro lado, se han llevado a cabo una serie de estudios para generar productos industrializados derivados del amaranto. Ejemplo de lo anterior es la producción de concentrados proteínicos y maltodextrinas, germinados, películas comestibles, carne enlatada enriquecida, panecillos, emulsificantes, por citar algunos ejemplos.

VI. Propósito de la Demanda

Nuevos productos industriales generados a partir de amaranto y nopal.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Generación de nuevos productos con características funcionales y protocolos de producción a nivel industrial a partir de nopal y amaranto.

7.2 Objetivos Específicos

- Identificar los elementos funcionales de nopal y amaranto que puedan ser producidos a escala industrial.
- Generar nuevas presentaciones de alimentos comestibles y funcionales a partir de amaranto y nopal.
- Encuestas de degustación y aceptación de los nuevos productos por los consumidores potenciales.

- General modelos de negocios y protocolos para dichos productos, que puedan ser registrados o patentados para su venta o licenciamiento a agroindustrias ya establecidas o la formación de agroindustrias de base tecnológica.

VIII. Justificación

La apertura comercial y la globalización han ampliado las posibilidades de comercialización, y con ellas la emergencia de nuevos hábitos de consumo; por lo que se debe hacer énfasis en el reposicionamiento del amaranto y el nopal como alimentos diferenciados, de manera que sigan siendo una opción rentable para el productor y una opción atractiva de compra para el consumidor. Las expectativas son buenas, puesto que los consumidores tienden a buscar nuevas opciones, nuevas presentaciones y sabores, además de la búsqueda incesante por productos sanos y nutritivos.

El nopal puede ser considerado como un alimento funcional, es decir, que mejora la salud de quien lo consume. Se tienen algunos ejemplos de alimentos funcionales procesados a partir de nopal: fibra o harina de nopal para prevenir la osteoporosis, cocada de nopal que mejora la digestión. Lo anterior aplica para el amaranto, ya que a partir de él se puede elaborar pan bolillo, galletas, pasta para sopa tipo tallarín, botanas y cereal entre otros, ricos en fibras, aminoácidos esenciales, bajos en contenidos de carbohidratos y grasa.

Un aspecto sobresaliente que ha adquirido el amaranto en los últimos años es el efecto del consumo de este grano o de sus componentes sobre la salud humana. Se sabe que el amaranto presenta propiedades antioxidantes y antidiabéticas (Kim *et al*, 2006; Klimczak *et al*, 2002) y disminuye el colesterol (Berger *et al.*, 2003). Asimismo se ha reportado que el aceite del amaranto presenta capacidad antioxidante (Lelisiieva *et al.*, 2006) y previene contra problemas de corazón y la hipertensión (Martirosyan, *et al.*, 2007). Este aspecto es importante si se desea dar valor agregado al amaranto y productos derivados.

IX. Productos a entregar

- Reporte con la caracterización de los productos comestibles y funcionales a partir de nopal y amaranto.
- Prototipos comerciales de los alimentos funcionales a partir de nopal y amaranto.
- Reporte de las pruebas de degustación y aceptación por los consumidores potenciales.
- Propiedad industrial de nuevos procesos, marcas o patentes de los productos alimenticios y funcionales generados.
- Estudio de factibilidad de las empresas de base tecnológica que se pueden formar y de las posibles empresas interesadas en el licenciamiento o compra de la propiedad industrial.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Alternativas de comercialización por productos elaborados a partir de amaranto y nopal.
- Generación de industrias para el aprovechamiento del amaranto y el nopal.

Social

- Transferencia de tecnología y capacita para agregar valor al amaranto y al nopal
- Proveer de alimentos de alimentos valor nutricional.
- Generación de empleo en las zonas productoras de amaranto y nopal en México.

Tecnológico

- Utilización de mejores técnicas para la elaboración de productos a partir de amaranto y nopal en escalas industriales.

Ecológico

- Aprovechamiento sustentable de la producción de amaranto y nopal.

XI. Literatura citada

- Berger, A., Gremaud, G., Baumgartner, M., Rein, D., Monnard, I., Kratky, E., Geiger, W., Burri, J., Dionisi, F., Allan, M. y Lambelet, P. 2003. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. *International Journal Vitamin and Nutrition Research* 73(1): 39-47.
- Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. *Food Reviews International* 5:13-38.
- Gonor, K.V., Pogozeva, A.V., Derbeneva, S.A., Mal'tsev, Glu., Trushina, E.N. y Mustafina, O.K. 2006. The influence of a diet with including amaranth oil on antioxidant and immune status in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia. *Vopr Pitan.* 75(6): 30-3.
- Guzmán-Maldonado, S. H. y Paredes-López, O. 1994. Production of high-protein flour and maltodextrins from amaranth grain. *Process Biochemistry* 29: 289-293.
- Lelisiieva, O.P., Kamins'kyi, D.V., Cherkas, A.P., Ambarova, L.I., Vyshemyrs'ka, L.D., Dzhura, O.R., Semen, Kh.O. y Makhotina, O.O. 2006. Characteristics of amaranth oil effect on the antioxidant system of the liver and blood in mice with malignant lymphoma growth. *Ukr Biokhim Zh.* 78(1): 117-23.
- Kim, H.K., Kim, M.J., Cho, H.Y., Kim, E.K. y Shin D.H. 2006. Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cell Biochemistry and Function* 24(3): 195-9.
- Klimczak, I., Malecka, M. y Pacholek, B. 2002. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Nahrung* 46(3): 184-6.
- Martirosyan, M.D., Miroshnichenko, L.A., Lulakova, S.N., Pogojeva, A.V. y Zoloedov, V. 2007. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids and Disease* 6: 1-12.
- National Research Council (NRC). 1984. Amaranth: A modern prospects for ancient crop. Washington, D.C. National Academy of Press. Pp.1-13.
- Pogojeva, A. V., Gnor, K. V., Lulakova, S. N., Miroshnichenko, L. A. y Martirosyan, M. D. 2006. Effect of amaranth oil on lipid profile of patients with cardiovascular

diseases. In Functional Foods for chronic diseases. (Eds.) Martinosyan, M. D. 35-45. Dallas, USA.

Contactos 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 1.7

SISTEMA PRODUCTO CAÑA DE AZÚCAR

I. Título tema a demandar

“Producción de bioetanol carburante a partir de subproductos intermedios de caña de azúcar”.

II. Beneficiarios del Proyecto

Integrante de la cadena agroindustrial y productores de caña de azúcar, prestadores de servicios, consumidores de combustibles, industriales de energéticos líquidos de bajo impacto ambiental y comercializadores.

III. Antecedentes

De acuerdo con investigaciones recientes y futuras predicciones, el petróleo se agotarán dentro de 40 a 70 años, y el gas natural se terminara dentro de 50 años. Se prevé que la

temperatura media global aumentará entre 1.4 y 5.8 ° C, por lo que es vital, el buscar otras alternativas de combustibles y mitigar prácticas que contribuyan al cambio climático.

En México, la opción primaria para la producción de etanol es la que deriva de los jarabes azucarados provenientes de productos agrícolas, y de forma principal los de caña de azúcar. Las ventajas son debidas a que las cosechas agrícolas son recursos renovables producto de la fotosíntesis (Tsao *et al.*, 1978). Además, las plantas producen altas concentraciones de mono y disacáridos, los cuales requieren poca preparación para una fermentación anaerobia en contraste con otros productos agrícolas. Este tipo producción de alcohol es favorable desde el punto de vista económico (Duff y Murray, 1996), en particular cuando se establece un modelo de biorefinación, en el que los bagazos son susceptibles de combustión orientada a la co-generación de energía térmica, orientada a favorecer la destilación.

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) se produce principalmente en los trópicos, en donde las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas para un óptimo desarrollo.

El jugo de caña puede ser obtenido por la molienda de su tallo. Después del proceso de extracción, al jugo crudo se le da un tratamiento de clarificación con cal y ácido sulfúrico para precipitar las fracciones orgánicas (Chen, 1991; Payne, 1988; Honig, 1953). El resultado de este proceso es un fluido verde un poco más viscoso que el agua con un contenido de sacarosa de 12 a 13% en peso (Clarke y Godshall, 1988). El Jugo clarificado, pasa a un sistema de evaporación continua (Payne, 1988), hasta una adecuada concentración para ser utilizado directamente en la fermentación. Una desventaja en la utilización de jugo de la caña de azúcar es la baja estabilidad en almacenamiento. A diferencia de las melazas que tienen un bajo contenido de agua y una alto contenido de azúcares, con una concentración de carbohidratos de 50 a 60%. Las melazas tienen la

facilidad de almacenarse por largos periodos de tiempo y diluirse a la concentración deseada para su uso (Paturau, 1969).

Los carbohidratos fermentables de la caña de azúcar pueden ser utilizados en la forma de jugo, directamente en destilerías centrales o autónomas y en conjunción con una fábrica de producción de azúcar a partir de los azúcares incristalizables, comúnmente llamadas melazas. Otros productos, intermedios en la producción de azúcar cristalina, las mieles intermedias (a y b), son también sujetos de fermentación (Clarke y Godshall, 1988; Paturau, 1969).

El balance de energía térmica por combustión de bagazos es, en la actualidad, una muy importante fuente de sustitución de petróleo en la industria azucarera nacional. Pero el excedente de azúcar en el mercado mexicano (zafra 2012-2013), permite suponer que una reorientación de la vocación de proceso de la caña, hacia el etanol, generaría también excedentes de bagazo.

En México, la agroindustria azucarera tiene un gran impacto, se encuentra espacialmente distribuida en 54 Ingenios, ubicados en cinco regiones y 15 estados de la república mexicana; Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

Esta agroindustria tiene un gran impacto socioeconómico en 12 millones de personas, pues genera más de 400,000 empleos directos, distribuidos en más de 165 mil productores de caña, 176 mil trabajadores de campo, 28 mil transportistas, 23 mil obreros sindicalizados, 16 mil en labores administrativas, entre otros.

La superficie sembrada con caña de azúcar en México ha crecido de manera continua desde hace una década.

Los años en que se tuvo una mayor superficie sembrada en el país fueron, 1998 y 1999 con 692 y 693 mil hectáreas respectivamente. De 2003 a 2007 la superficie sembrada aumentó de 682 mil a 727 mil hectáreas y para 2008 la superficie se incrementó a 736 mil hectáreas. En esta última zafra, 2012-2013, se estima que la superficie sembrada superó las 800 000 ha.

La agroindustria cañero-azucarera en México sufre ahora una de sus mayores paradojas. Por un lado, vive su mayor superficie histórica de siembra de caña; y la mayor productividad azucarera de su historia; así como la libertad de exportar a los Estados Unidos. Incluso en el contexto internacional, la agroindustria cañero-azucarera mexicana destaca por su alta competitividad, y por la calidad de su azúcar. Por el otro lado, como gran contraste, un contexto económico adverso en el mercado azucarero mundial; la contracción del mercado de endulzantes calóricos en México, y señaladamente del azúcar; la importación creciente de jarabes endulzantes de fructosa de maíz y, finalmente, han derivado en excedentes de producción de azúcar.

Brasil produce etanol de caña de azúcar. Sin embargo, en México existe una Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar que, en términos generales, sujeta el precio de la caña al precio del azúcar por lo que en México los ingenios pagan la tonelada de caña a un precio mayor al pagado en Brasil y otros países. Adicionalmente, en México la cosecha de caña es prácticamente manual, no existen grandes latifundistas ya que la propiedad de la tierra se encuentra pulverizada y los ingenios mexicanos no cuentan con el mismo grado de desarrollo tecnológico que los ingenios dedicados a la producción de etanol en Brasil, por lo que el costo de producción por litro de etanol será superior en nuestro país. Sin embargo, con la modernización de las plantas y la mejora de los sistemas de procesamiento esta situación se irá mitigando.

De los 54 ingenios existentes en el país, 40 tienen posibilidades de producir etanol anhidro. Por ejemplo, si esos 40 ingenios destinaran el 8.5% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 462 millones de litros anuales.

En otro escenario, si los mismos 40 ingenios destinaran el 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 789 millones de litros anuales.

El Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar informó que durante la zafra 2012/2013 México tuvo una oferta total de 7.86 millones de toneladas de azúcar de las cuales se generó un excedente exportable de 2.4 millones de toneladas y un excedente disponible de 865,339 toneladas.

Lo anterior provocó una caída en el precio del azúcar y, consecuentemente, en el precio de la caña. Ante esta situación, dicho Comité considera el diseño de una política de uso de etanol como una solución estructural de largo plazo aprovechando la oportunidad para detonar el mercado del etanol como una nueva opción para el sector. También señala que dicho excedente de azúcar puede traducirse en una producción de etanol de entre 645 y 839 millones de litros y México tendrá excedentes de azúcar en los próximos años, por lo que la superficie destinada a la producción de los mismos podría ser susceptible de aprovechamiento bioenergético.

IV. Problemática

Debido a la baja de reservas probadas de petróleo en el mundo, y de conflictos geopolíticos, los hidrocarburos han alcanzado precios récord, en contraparte en nuestro

país existe una industria cañera que cuenta con una producción excedentaria de azúcar, provocando con esto la caída en su precio y por ende pérdida en el ingreso de los productores de caña.

V. Logros y Avances

Los procesos de fermentación de azúcares de caña, en escala industrial, se han desarrollado a partir de formulaciones de melazas o mieles finales, y jugos de caña. Sin embargo, el deterioro de jugos ha exigido el tratamiento de los mismos con microbicidas, que garantizan la adecuada producción de azúcar cristalina en las primeras fases del proceso.

Por esa razón, el modelo brasileño de producción a partir de formulaciones de jugos-melazas, puede no ser la mejor opción, y en los hechos, ha sido mejorado en sistemas de producción de alcohol de remolacha en Canadá, y de alcohol de caña en Sudáfrica, India, Colombia y Australia (Nichols, 2008). La diferencia de proceso contra el empleado en México, a partir de melaza o miel final, radica en la menor presencia de nutrientes del mosto inicial, tanto en el jugo directo, como en las mieles intermedias, así como en el tratamiento que se da al mosto, para garantizar la ausencia de contaminantes microbianos, y el éxito de la inoculación dirigida de fermentativas de alto rendimiento alcohólico.

De los 54 ingenios existentes en el país, 40 tienen posibilidades de producir etanol anhidro. Por ejemplo, si esos 40 ingenios destinaran el 8.5% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 462 millones de litros anuales.

VI. Propósito de la Demanda

Producción de bioetanol carburante a partir de subproductos intermedios de caña de azúcar.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Determinar la factibilidad técnico económico de producción de bioetanol carburante, a partir de la transformación de jugos, mieles y bagazos hidrolizados de caña de azúcar en México.

7.2 Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento, composición y potencial de uso fermentativo de jugos de caña de azúcar, y la composición de los hidrolizados ácidos y bagazos.
- Determinar los parámetros de fermentación real de formulaciones experimentales y escalables a planta piloto.
- Determinar la calidad de destilados de mieles intermedias y finales a escala piloto para su uso como combustible y carburante-oxigenante de gasolinas.
- Determinar la factibilidad técnico-económica de la producción de bioetanol a partir de subproductos de caña de azúcar.
- Transferir la tecnología generada, determinar la reducción de Gases de Efecto Invernadero, Análisis de Ciclo de Vida y proyectar la sustentabilidad de los procesos involucrados.

VIII. Justificación

El etanol constituye una posibilidad de generar combustibles líquidos de fuentes renovables, pues puede ser utilizado como sustituto de gasolina ya sea de forma mezclada o pura.

Algunos países han desarrollado el uso de etanol como combustible, ya sea en forma de mezcla con la gasolina o en forma concentrada con algún otro desnaturizante. Entre los países que han desarrollado la utilización de Etanol en mezcla con gasolinas, se encuentran los Estados Unidos, Canadá, Suecia y Brasil.

Las mezclas de etanol más comúnmente utilizadas son: E10 (10% de etanol y 90% gasolina), E22 (22% etanol y 78% gasolina), E85 (85% etanol y 15% de gasolina como desnaturizante) y E95 (95% de etanol y 5% de gasolina como desnaturizante). La mezcla al 22% de etanol es una de las formas más comúnmente utilizadas en países como Brasil, mientras que las formas de E10 y E85 son las más utilizadas en países como en Estados Unidos (Wyman, 1996; Ulrich, 1999).

El impacto ambiental del uso de etanol como carburante o como combustible líquido, es indiscutiblemente más positivo, tanto en emisiones atmosféricas, como en ciclos la captura de carbono fotosintético (Nichols et al, 2008). La utilización de MTBE y ETBE, los oxigenantes de gasolinas de mayor uso en México, ha sido ya prohibida en Europa, los Estados Unidos y Canadá. Una reducción sustancial de su uso, puede generar un impacto positivo en el medio ambiente, y sostener una cadena agroindustrial con efecto multiplicador en el empleo, incluso superior a la que tiene la petroquímica secundaria, de la cual derivan.

La competitividad económica de México se ha basado en su éxito en extraer y distribuir hidrocarburos. Una parte de la capacidad instalada de petroquímica puede reconvertirse a la operación de destilación de alcohol.

Dos grandes necesidades pueden ser cubiertas por el desarrollo de la agroindustria de producción de bioetanol. Por un lado, se puede evitar el excedente de producción de

azúcar de caña, sin afectar a los productores agrícolas; y por otro lado, cubrir la necesidad de oxigenantes de gasolina en para el abatimiento de los combustibles fósiles, y la mejora de la calidad del aire a los habitantes de las grandes ciudades de México.

De los 54 ingenios existentes en el país, 40 tienen posibilidades de producir etanol anhidro. Por ejemplo, si esos 40 ingenios destinaran el 8.5% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 462 millones de litros anuales.

En otro escenario, si los mismos 40 ingenios destinaran el 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 789 millones de litros anuales.

IX. Productos a entregar

- Informe sobre la determinación del rendimiento y composición de jugos de caña y su potencial de fermentación, así como de la composición de hidrolizados ácidos de bagazos asociados, para cinco zonas representativas de la producción de cañera en México.
- Informe de la composición y potencial de uso fermentativo de jugos de caña; y la composición y capacidad calorífica de bagazos asociados, de las variedades cañeras de mayor uso local.
- Informe sobre la composición y potencial fermentativo de mieles intermedias y finales (mieles B y melazas), del total de Ingenios Azucareros de México.

- Informe de resultados cuantitativos sobre la fermentabilidad real de formulaciones de mostos en escalas laboratorio y piloto. (mostos: jugos; mieles (B y C); e hidrolizados de bagazo).
- Informe sobre la utilización de suplementación mineral y la optimización de la misma, para incrementar la eficiencia fermentativa.
- Informe de resultados de la determinación de los efectos de tipo de cepa fermentativa, nivel de inoculación y variables físico-químicas, sobre los parámetros de fermentación (el rendimiento alcohólico y eficiencia de fermentación) en escalas laboratorio y piloto (150 a 10,000 L).
- Informe sobre la determinación de parámetros de fermentación en escalas piloto y pre-industrial.
- Informe de resultados de la determinación de la calidad de destilados de las escalas piloto y pre industrial, por su calidad como combustible y como carburante-oxigenante de gasolinas.
- Informe de resultados sobre las características de las vinazas derivadas del proceso de fermentación de mostos, y la orientación de sus posibles usos.
- Manual de la transferencia de tecnología de formulación y fermentación de mostos, y del análisis de destilados y subproductos (reportes de las pruebas industriales de producción).
- Estudio de factibilidad técnico-económica de la producción de bioetanol, a partir de la fermentación de mostos de jugos-mieles intermedias-hidrolizados de bagazo.
- Estudio prospectivo de la reconversión de la agroindustria cañero-azucarera de México, hacia la diversificación orientada al bioetanol como factor de desarrollo agroindustrial y económico, y como factor económico de compensación de la concentración del mercado del azúcar estándar y refinado como endulzante de elección en México.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Socioeconómico

- Impactos positivos en la diversificación de fuentes energéticas lo que generará una disminución en el balance de divisas del país.
- Generación de actividades productivas, de valor agregado y nuevos empleos.
- Aumento de la competitividad de las empresas o actividades productivas consumidoras de energéticos fósiles, por medio de la reducción de costos de la fuente de energía.
- Impactos positivos en la economía de los productores agrícolas y agroindustrias por medio de la diversificación de ingresos generando valor agregado.

Tecnológico

- Reconocer, evaluar y mejorar las tecnologías que se aplican para la producción de bioetanol carburante a partir de subproductos de caña de azúcar.

Ecológico

- Reducción de emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI).

XI. Literatura citada

Chen, J.C.P. 1991 Manual del azúcar de caña, para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados. Ed. LIMUSA, México. Pp. 41-157.

Clarke, M.A., Godshall, M.A. (Eds). 1988. Chemistry and processing of sugarbeet and sugarcane. And proceedings of the symposium on the chemistry and processing of sugarbeet. The symposium on the chemistry and processing of sugarcane. 7 April 1987. Denver, CO, USA.

Duff, S.J.B. y Murray, W.D. 1996. Bioconversion of forest products industry waste cellulosics to fuel ethanol: a review. Bioresource Technology, Vol. 55, Pp. 1-33.

Honig, P. 1953. Principles of sugar technology. Elsevier Publishing Company Vol I Properties of sugar and no sugars. Pp. 1-125.

- Nichols, N.N. 2008. Production of ethanol from corn and sugarcane. En: (Eds.) Wall, J.D., Harwood, C.S. y Demain, A. Bioenergy. ASM Press.
- Paturau, J.M. 1969 By-products of the cane sugar industry: an Introduction to their industrial utilization. Elsevier Publishing Company 1-115.
- Payne, J.H. 1988. Unit operations in cane sugar production. Sugar series 4, ISBN: 0-444-42104-1. Pp. 218. Elsevier Science. Amsterdam, Netherlands.
- Tsao, G.T., Ladisch, M., Ladisch, C., Hsu, T.A., Dale, B. y Chou, T. 1978. Fermentation Substrates from cellulosic Material: Production of fermentable sugars from Cellulosic Materials. En: Annual Report on Fermentation Processes 2: 1-21.
- Ulrich, G., 1999. The Fate and effect of Ethanol-Blended Gasoline in the Environment: A literature Review and Transport Modeling. Governors' Ethanol Coalition. Lincoln Nebraska.
- Wyman, C. E. 1996. Handbook of Bioethanol: Production and Utilization. En: Wyman, C. E. (Ed.) ISBN 1-56032-553-4. Taylor & Francis. Washington D.C. USA

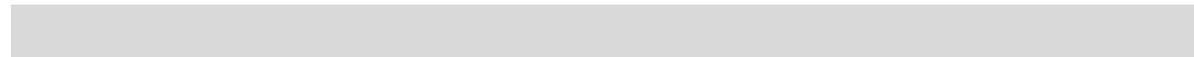
Contactos para consultas técnicas sobre la demanda

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 1.8

SISTEMA PRODUCTO CAÑA DE AZÚCAR

I. Título tema a demandar

“Diagnóstico y manejo integral del síndrome bacteriano asociado a *Xanthomonas* spp. y de enfermedades emergentes de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México”

II. Beneficiarios del proyecto

La agroindustria azucarera y los productores de caña de azúcar de México.

III. Antecedentes

México es el sexto lugar productor de caña de azúcar, con aproximadamente 44 millones de toneladas y es el cuarto exportador de azúcar en el mundo. Las cifras acumuladas a la Semana 41 del actual ciclo azucarero con fecha al 13 de julio del 2013, reportan una Superficie Cosechada de 780,254 hectáreas, un volumen industrializado de Caña Molida Bruta de 61,438,539 toneladas, y una Producción de 6,974,799 toneladas de Azúcar (CONADESUCA-Infocaña, 2013).

El síndrome bacteriano asociado a *Xanthomonas* spp., se ha detectado en Morelos, Puebla y Veracruz, donde se cultiva caña de azúcar en condiciones climatológicas que van desde el trópico seco hasta el trópico húmedo.

Las variedades más cultivadas en Morelos, Puebla y Veracruz son ITV 92-1424, CP 72-2086, MEX 79-431, MY 55-14, MEX 69-290 entre otras; algunas de las cuales fueron liberadas hace más de 20 años.

La variación en los ecosistemas, como consecuencia del cambio climático, favorece el desarrollo de nuevas enfermedades, de las que algunos agentes causantes se desconocen y otros se tienen plenamente identificados. La presencia de enfermedades en el cultivo de caña de azúcar afecta el rendimiento durante la etapa de producción y procesamiento poscosecha, así como en la obtención y calidad del azúcar. Por este motivo, no es recomendable mantener una sola variedad en grandes superficies y en ciclos consecutivos, ya que implica un alto riesgo fitosanitario en caso de ocurrencia de alguna epidemia (Cassalett y Rangel, 1995).

IV. Problemática

El síndrome bacteriano se ha reportado en algunas áreas cañeras de los estados de Puebla, Morelos y Veracruz.

Durante los últimos tres años, se ha observado en las variedades ITV 92-1424 y CP 72-2086, en esta última en menor escala, la presencia de estrías cloróticas de 1.0 a 2.0 milímetros de espesor en la lámina de las hojas que inician en las hojas basales y son paralelas a la nervadura central y extendiéndose hasta las hojas apicales. Posteriormente las líneas adquieren una coloración naranja-rojiza hasta volverse cafés, causando la muerte prematura de las hojas, lo que conlleva a la reducción del área fotosintética.

Se estima que el síndrome de *Xanthomonas* spp., puede ocasionar pérdidas de alrededor del 20% en rendimiento con a las plantas sanas, así como un incremento de azúcares reductores y en consecuencia un bajo rendimiento (KARBE) y de la calidad del azúcar.

Es importante señalar que el uso de antibióticos es costoso y poco recomendable para el control de bacterias, debido a la alta tasa de reproducción de éstas, condición que favorece la generación de resistencia; por ello, la principal medida de control, recomendada alrededor del mundo, es el uso de variedades tolerantes o resistentes. Sin embargo, el proceso de mejoramiento genético de caña de azúcar en México no contempla la evaluación de resistencia de variedades a bacterias.

El panorama sanitario del cultivo de la caña de azúcar se ve agravado por su limitada diversidad genética, ya que esto aumenta el riesgo ante la aparición de nuevas plagas o enfermedades emergentes. Para prevenir o reducir la incidencia de las enfermedades emergentes, es fundamental conocer la situación fitopatológica del cultivo, tanto en el ámbito regional como nacional. Con el fin de preservar o mejorar la sanidad del cultivo, se deben tomar diversas medidas, tales como: evitar el ingreso de nuevas enfermedades al país mediante el establecimiento de cuarentenas, el uso de variedades resistentes y el control estricto de la calidad de la semilla de caña de azúcar utilizada, entiendo por semilla de caña al fragmento de tallo de caña que se emplea en la propagación vegetativa o asexual del cultivo.

Además de los problemas anteriormente referidos, en la actualidad se han detectado enfermedades emergentes que podrían tener impacto en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Los agentes causales de dichas enfermedades no se tienen plenamente identificados, ni se conoce cuál es su distribución geográfica. Con base en lo anterior y debido a la complejidad con que se presentan estas enfermedades, es necesario contar con diagnóstico plenamente documentado que incluya aspectos como: agentes causales, métodos de identificación en las áreas cañeras de México.

Se entiende como enfermedad emergente (EE) a la causada por patógenos que: **i)** se han incrementado en la incidencia geográfica o rango de hospederos, **ii)** han cambiado la patogénesis, **iii)** recientemente han evolucionado, **iv)** se han descubierto recientemente, o **v)** apenas han sido reconocidas. En las plantas las enfermedades tienen un impacto negativo en el bienestar humano a través de pérdida agrícola y económica, y también tienen consecuencias para la conservación de la biodiversidad (Anderson *et al.*, 2004).

Por lo anteriormente expuesto, la presente demanda se enfoca a la identificación del agente causal del síndrome bacteriano *Xanthomonas* spp., su manejo integral e identificación de variedades resistentes con buenas características agronómicas e industriales. Así mismo, se requiere contar con un diagnóstico preciso de enfermedades emergentes en caña de azúcar. Cabe aclarar que esta demanda específica no incluye las enfermedades de roya, carbón y mosaico en caña de azúcar, debido a que estas ya están siendo estudiadas por otro grupo de investigadores en México.

V. Logros y Avances

Se han observado algunos síntomas causados por agentes desconocidos en las variedades ITV 92-1424 y CP 72-2086. Entre otros, los síntomas se manifiestan como estrías. En 2010 se enviaron muestras de tejido de caña de azúcar a laboratorios de diagnóstico fitosanitario en Morelos y Estado de México donde se detectó la posible presencia de *Xanthomonas* spp. y *Fusarium* spp.; sin embargo, el agente causal de esta enfermedad no ha sido confirmado a través de los postulados

de Koch. El éxito de cualquier programa de manejo y control de enfermedades depende de un correcto sistema de detección e identificación de patógenos a través de técnicas de diagnóstico sensibles, rápidas y altamente específicas. En ese sentido, se han ensayado diferentes técnicas para identificar, con menor o mayor precisión, la presencia de patógenos en plantas, desde los procedimientos más simples, como la observación directa de síntomas, hasta los de mayor complejidad, como las técnicas inmunoquímicas y, más recientemente, las moleculares. Las técnicas de diagnóstico molecular se basan en la detección de secuencias específicas de ácidos nucleicos (ARN o ADN), mediante hibridación molecular con secuencias complementarias unidas a distintos marcadores, o la amplificación *in vitro* de un segmento determinado del genoma del patógeno, mediante la reacción en cadena de la polimerasa o PCR "polymerase chain reaction" (Cadavid *et al.*, 2003; Chatenet *et al.*, 2001; Graces *et al.*, 2005). Con base en lo anterior, es necesario aplicar técnicas moleculares para precisar el agente causal en del síndrome bacteriano y de las enfermedades emergentes en México.

VI. Propósito de la Demanda

Diagnosticar y proponer el manejo integral del síndrome bacteriano asociado a *Xanthomonas* spp. y de enfermedades emergentes de caña de azúcar en México.

VII. Objetivos

7.1 Objetivo General

Identificar con precisión el agente causal del síndrome bacteriano asociado a *Xanthomonas* spp., con el propósito de establecer su manejo integral y evaluar la resistencia de las variedades existentes; así como elaborar el diagnóstico y manejo integral de las enfermedades emergentes de la caña de azúcar en México.

7.2 Objetivos particulares

- Conocer las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo del síndrome bacteriano causado por *Xanthomonas* spp. y enfermedades emergentes en las áreas cañeras de México.
- Identificar las causas que originan la presencia del síndrome bacteriano y las enfermedades emergentes de caña de azúcar en México, verificando los daños a través de los postulados de Koch.
- Estudiar la distribución del síndrome bacteriano y de las enfermedades emergentes en las áreas cañeras de México.
- Contar con mapas epidemiológicos de riesgo causados por el síndrome y de las enfermedades emergentes para los estados donde se cultiva caña de azúcar en México.
- Realizar el análisis económico del impacto en el rendimiento de campo y fábrica, causado por el síndrome bacteriano y las enfermedades emergentes en las áreas cañeras de México.
- Evaluar y seleccionar variedades existentes de caña de azúcar resistentes al síndrome bacteriano en las áreas cañeras de México.
- Caracterizar de manera agronómica, molecular e industrial las variedades resistentes al síndrome bacteriano en las áreas cañeras de México.
- Generar un protocolo y la guía para la identificación y evaluación de resistencia a bacterias y enfermedades emergentes en caña de azúcar.
- Evaluar métodos de prevención y control del síndrome bacteriano en caña de azúcar.
- Capacitar al personal que labora en el sector cañero de México con relación al diagnóstico, identificación y manejo del síndrome bacteriano y enfermedades emergentes, con base en las fichas técnicas correspondientes.

VIII. **Justificación**

En las zonas cañeras de los estados de Morelos, Puebla y Veracruz, recientemente se ha detectado la aparición de una enfermedad asociada a bacterias fitopatógenas, la cual presenta gran capacidad de dispersión, por lo que significa un riesgo que puede afectar la cadena productiva de la caña de azúcar y la industria azucarera mexicana. Lo anterior debido a la gran movilidad de material vegetativo de caña de azúcar, que puede servir como medio de dispersión del patógeno

causante del síndrome bacteriano y de las enfermedades emergentes.

Las enfermedades en las plantas, ocasionadas por microorganismos como hongos, bacterias, nemátodos y protozoarios flagelados, y por agentes como virus y viroides, son el producto de la interacción dinámica entre un patógeno, un hospedante y el medio ambiente. El primer paso para el manejo correcto de una enfermedad es conocer su verdadera etiología. Existen varios procedimientos para determinar la etiología de enfermedades de plantas, tales como: la observación directa del agente causante al microscopio compuesto, técnicas inmunoenzimáticas, bioquímicas y moleculares, y microscopía electrónica. Un diagnóstico correcto, que se debe realizar en laboratorios adecuados es el fundamento técnico y científico para adoptar medidas de manejo rápido, oportuno y eficiente. Establecer un sistema de limpieza y multiplicación de semilla sana y diagnóstico de enfermedades para el establecimiento de semilleros sanos, donde se garantice la sanidad de la semilla. Por otro lado, para la importación de variedades, se deben utilizar las mismas técnicas para su indexación.

Mediante los programas de selección de variedades, en México se ha logrado la obtención de variedades mejoradas, principalmente en cuanto a su tolerancia a enfermedades, que han sustituido a las variedades comerciales tradicionales.

IX. Productos a entregar

- Informe de un modelo epidemiológico que contenga las condiciones ambientales, mapa de distribución y causas que originan el síndrome bacteriano asociado a *Xanthomonas (vasculorum y/o campestris)*, y enfermedades emergentes en las áreas cañeras de México, verificadas mediante los postulados de Koch.
- Mapa de riesgos y dispersión del síndrome bacteriano causado por *Xanthomonas (vasculorum y/o campestris)* y enfermedades emergentes en las áreas cañeras de México.
- Base de datos del impacto en rendimiento de campo y contenido de azúcar causado por el síndrome bacteriano, en las zonas las cañeras de México.

- A partir de la evaluación de las variedades existentes, identificar al menos una variedad resistente al síndrome bacteriano causado por *Xanthomonas* (*vasculorum* y/o *campestris*) con buenas características agronómicas e industriales y adaptada a los diferentes agroambientes de México.
- Informe sobre la caracterización agronómica, molecular e industrial de las variedades resistentes al síndrome bacteriano en las áreas cañeras de México.
- Protocolo y guía para la identificación y evaluación de resistencia a bacterias y enfermedades emergentes en caña de azúcar, con base en las fichas técnicas correspondientes.
- Informe sobre métodos de prevención y control del síndrome bacteriano en caña de azúcar.
- Manual y curso de capacitación al personal que labora en el sector cañero de México con relación al diagnóstico, identificación y manejo del síndrome bacteriano y enfermedades emergentes, con base en las fichas técnicas correspondientes y todo el material didáctico necesario.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Mejoramiento de la calidad de la caña por medio de la disminución del daño causado por el síndrome asociado a *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*) de la caña de azúcar.
- Reducción de costos de producción al utilizar variedades existentes de caña de azúcar resistentes al síndrome bacteriano (*Xanthomonas* spp.) y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*).
- Mejoramiento de la rentabilidad y competitividad del cultivo de caña de azúcar en México, en beneficio tanto de los productores como de la agroindustria azucarera.

Social

- Disponibilidad de variedades resistentes al síndrome de *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*) para la producción de azúcar de caña con alto rendimiento y calidad.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de caña de azúcar en México.

Tecnológico

- Disponibilidad de variedades resistentes al síndrome de *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*).
- Adopción de las variedades resistentes al síndrome de *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*) por los productores de cada región agroecológica productora de caña de azúcar en México.

Ecológico

- Disminución del uso de pesticidas en el cultivo de caña de azúcar. Mediante el uso de variedades resistentes al síndrome de *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*) y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso de variedades resistentes al síndrome de *Xanthomonas* spp. y otras enfermedades emergentes (*Saccharum officinarum*).
- Producción sustentable de caña de azúcar mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas.

XI. Literatura citada:

Anderson, P., Cunningham, A., Patel, N. Morales, F.J., Epstein, P. y Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 19(10): 535-544.

Cadavid, M., Angel, J.C., Ange, F. y Victoria, J.I. 2003. Detección simultánea de la enfermedad de Fiji, el mosaico y el síndrome de la hoja amarilla en caña de azúcar utilizando métodos moleculares. *Carta Trimestral Cenicaña* 25(2): 11-15.

Cassalett, D. C. y Rangel, J. H. 1995. Mejoramiento genético. Pp. 63-81, en El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, (eds.) Cassalet, D.C., Torres, J.S. y Isaacs, C.H. 1995. Calí, Colombia CENICAÑA

Chatenet, M., Delage, C., Ripolles, M., Irey, M., Lockhart, B.E.L. y Rott, P. 2001. Detection of sugarcane yellow leaf virus in quarantine and production of virus-free sugarcane by apical meristem culture. Plant Disease. 85(11): 1177-1180.

Graces, F. F., Balladarez, C., Quiridunbay, G. y Muñoz, C. 2005. Diagnosis of leaf fleck, leaf scald, mosaic, ratoon stunting disease and yellow leaf of sugarcane in commercial fields and quarantine in Ecuador. Pp. 695-700, en Proc. ISSCT Congress 25, Guatemala, Guatemala.

CONADESUCA-Infocaña, 2013. Campo y Fábrica: Zafra 2012-2013.

<http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/entrada/menu.php>

Contactos 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

II. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

Demanda 2.1

I. Título tema a demandar:

“Formación de germoplasma animal bovino para ganadería tropical con variantes genéticamente sobresalientes en calidad, rendimiento y resistencia a patógenos”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Bovinocultores, consumidores de carne y leche; la industria de los lácteos y cárnicos, entre otros.

III. Antecedentes:

Los principales países productores de ganado bovino a nivel internacional son Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea, China y Argentina (USDA). En el año 2008, la producción mundial se encontró principalmente en estos cinco países, los cuales representaron el 61% del total de producción mundial, es decir 39.11 millones de toneladas de 59.25 reportadas al finalizar el 2008.

En México los productos derivados de los bovinos forman parte de la dieta integral alimenticia, esto es principalmente por el alto valor nutricional que representa. Por lo que la ganadería bovina mexicana es una de las principales actividades agropecuarias, relevante por la variedad de productos obtenidos, como la carne y la leche. De acuerdo con el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal de 2007, en México existen alrededor de 1.13 millones de unidades de producción de ganado bovino, 10.3 % ubicadas en Veracruz, 7.7 % en Chiapas, 7.4 % en Oaxaca, 6.5 % en Guerrero, 6.1 % en el Estado de México, 5.5 % en Jalisco y el resto en las demás entidades del país. Alrededor del 60 % de estas unidades tienen como actividad principal el desarrollo o engorda de bovino.

La existencia aproximada de ganado bovino es de 30 millones de cabezas. Entre 8 y 9 millones son sacrificadas anualmente para la producción de carne. Cada una con un peso promedio de 205 kg por cabeza.

Entre el año 2005 y 2010, la producción de ganado en pie de bovino en México se incrementó a una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 2.8 %, alcanzando 3.3 millones de toneladas en 2010, con un valor de 59,251 millones de pesos. Se estima que

para 2011 llegó a 3.4 millones, un 2.2 % de crecimiento respecto al año previo, con un valor de 61,946 millones de pesos.

Por su parte, la carne en canal aumentó en cinco años a una TMAC de 2.3 %, alcanzando 1.74 millones de toneladas en 2010, con un valor de 57,954 millones de pesos. Es el segundo tipo de carne con mayor crecimiento anual en volumen después de la carne de ovino en el periodo indicado y el tercero en crecimiento anual de valor, con un promedio de 4.3 % entre el año 2005 y 2010, después del crecimiento mostrado por el valor de la carne de ave y de ovino.

Para 2011 se estima que la producción alcanzó 1.8 millones de toneladas, lo que significa un crecimiento de 3.1 % respecto al año anterior. Se considera que el valor generado se ubicó en 60,761 millones de pesos.

Es importante comentar que la carne de bovino es la segunda con mayor producción después de la carne de ave en nuestro país, con una participación de 30.5 % en la producción total de carne en canal, así como del 35.3 % del valor generado. Y contribuye con el 9.2 del volumen de alimento producido en el sector pecuario y con el 23 % del valor total pecuario.

La industria de la carne en México no es homogénea puesto que este país posee una gran diversidad de suelos, topografías y climas, extendiéndose desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta las regiones tropicales del Golfo y la Península de Yucatán. Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en regiones árida y semiárida, templada, tropical seca y tropical húmeda.

Existen marcadas diferencias entre la producción del norte y la del centro y sur del país; por ejemplo, en el centro y sur la industria está enfocada principalmente a la venta de

carne “caliente”, es decir, la carne se comercializa saliendo de los rastros, mientras que en el norte la carne es refrigerada o, en su caso, congelada. Otra diferencia fundamental radica en los sistemas más tecnificadas que en el resto del país.

Las diferencias en las condiciones geográficas y climatológicas entre los estados del norte (Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Tamaulipas) y los del sureste (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán) han influido de manera considerable en el desarrollo de la actividad ganadera de bovino de engorda. Por un lado, el factor de la lluvia ha pronunciado una inclinación en la región del sureste hacia la engorda de ganado en pastizal, mientras que en el norte existe una tendencia a la engorda en corral. Los efectos en términos de la dinámica de alimentación y precios tienen una explicación en la composición del mercado de venta objetivo del ganado.

A partir de los años setenta, comenzó un proceso de reasignación de recursos en el sector ganadero mexicano y estadounidense, lo que benefició la zona norte de México ya que comenzó a producir y engordar ganado para exportarlo a Estados Unidos.

La situación del sureste fue distinta en dos formas. La primera de ellas, es que las actividades de ganadería se enfocaban a criar becerros para enviarlos al norte. Por ejemplo, en la década de los noventa aproximadamente el 60 % de la producción total del sureste fue enviada al norte, en contraste, en la actualidad sólo se envía el 25% de ésta. La segunda característica, fue que el sureste por problemas fitosanitarios, no exportaba su ganado a los Estados Unidos principalmente, por problemas de garrapatas y tuberculosis.

De acuerdo con la información del SIAP, Veracruz es el principal estado productor de ganado en México su inventario ganadero es el más alto del país, con casi cuatro millones de cabezas. En 2008 se produjeron 683 millones de litros de leche y 243,000 toneladas de carne, esto representa el 14.4% de la producción nacional. Jalisco es el segundo productor

con una participación del 11.0% (347.59 mil toneladas). Chiapas, ocupa el tercer lugar, con una producción de 196.03 mil toneladas, lo que representa el 6.2% de la producción nacional. Veracruz, Jalisco, Chiapas, Chihuahua, Sinaloa, Michoacán y Sonora representan el 50.0 % de la producción nacional.

Sin embargo, México requiere el impulso de la biotecnología para la manipulación y mejora de los procesos reproductivos de los bovinos con la finalidad de evaluar genéticamente a los animales que poseen características sobresalientes para transmitirlos a su descendencia. La identificación de aquellos individuos superiores genéticamente permite mejorar la eficiencia de producción del hato generación tras generación, y si esto se hace en forma generalizada por todos los criadores, se mejora la eficiencia de producción de la raza.

IV. Problemática:

4.1 Socioeconómica

El 60% de la carne producida en México se comercializa en forma de canal caliente (sin congelar), lo que afecta la calidad e inocuidad para el consumidor. El resto se realiza por otros canales donde la calidad es superior. La distribución de la carne de origen nacional se realiza principalmente por intermediarios que adquieren su mercancía en rastros municipales o clandestinos y en menor proporción, a través de las cadenas de tiendas de autoservicio, que son abastecidas por plantas con certificación de tipo de Inspección Federal (TIF).

En los últimos años ha habido un marcado decremento en el número total de bovinos, reportándose 4,166,835 para el 2002 y 3,681,925 en el 2008. En contraste, la producción de carne pasó en 1999 de 19,811 toneladas (SIAP) a 261,581 en 20,120 (INEGI); y la producción de leche se incrementó de 600 millones de litros a 722 millones en el mismo

periodo. Lo que indica que, aún con un menor número de cabezas de ganado, la producción total se ha incrementado.

Todo lo anterior indica que se deben establecer políticas que conduzcan al incremento de la producción total de carne y leche, para abastecer a una población, que crece a un ritmo de 1% anual (INEGI).

4.2 Genotécnica

El interés por evaluar genéticamente a los animales se debe a que un animal sobresaliente va a transmitir sus características a su descendencia; no únicamente a la siguiente generación, sino a generaciones posteriores, aunque en menor grado. La identificación de aquellos individuos superiores genéticamente permite mejorar la eficiencia de producción del hato generación tras generación, y si esto se hace en forma generalizada por todos los criadores, se mejorará la eficiencia de producción de la raza.

El principal problema que existe para identificar aquellos individuos genéticamente superiores es que el valor genético no se puede observar a simple vista. Lo que se observa en un animal es lo que se conoce como fenotipo, y este fenotipo está dado tanto por la constitución genética del animal como por el ambiente en el cual se desarrolla. Para poder evaluar genéticamente un animal se necesita determinar qué proporción de su comportamiento productivo se debe a su constitución genética y qué proporción se debe al ambiente en el cual se desarrolló.

De acuerdo con los últimos informes de la FAO, los recursos genéticos disponibles a nivel mundial se encuentran en un dramático estado de descenso. Cada mes se pierden aproximadamente unas seis razas domésticas, con la consecuente pérdida de genes para adaptación a ciertos ambientes únicos. Esta disminución en el número mundial de razas está afectando excesivamente a todas o casi todas las especies, surgiendo la controversia

de si se tienen o no que conservar. Al perderse las razas, se pierden los genes que poseen, y el mayor problema es la gran falta de conocimiento que se tiene de muchas de estas poblaciones con tendencia a la extinción; en cuanto a su posible respuesta a la mejora genética, a la productividad en un ambiente determinado, o a si son portadoras de algunos genes mayores interesantes y valiosos en los momentos actuales o a futuro.

Según la Confederación Nacional Ganadera, el sector pecuario utiliza métodos y tecnologías de producción con un rezago de más de 30 años. De tal modo, que los planteamientos y programas para el sector pecuario deben ser dirigidos para transferir tecnología para incorporar patrones de producción, competitividad y sostenibilidad. Una de las acciones urgentes a realizar en México, es el establecimiento de programas con acciones concentradas en materia de mejoramiento genético, con la participación y consenso de los criadores de registro, los técnicos y la propia Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

V. Logros y Avances:

Hasta hace algunos años la evaluación de los bovinos productores de carne se basaba en características fenotípicas (patrón racial). En los últimos años se han hecho intentos por establecer estaciones de evaluación del ganado productor de carne a través de Pruebas de Comportamiento pero su utilidad es casi nula al trabajar en forma aislada, sin tener una continuidad sobre los programas de mejoramiento genético.

En la actualidad existen métodos que permiten la evaluación genética de los animales en producción, los que están por entrar a la actividad productiva o aún aquellos que no cuentan con registros de producción, solo que para ello se requiere de la creación y actualización de bases de datos confiables que consideren aquellas características productivas de importancia económica para el ganadero y con ello desarrollar programas estatales y nacionales de evaluación animal.

La AMCC desde 1994 estableció el Programa de Control de Desarrollo Ponderal que consiste en pesar a los animales al menos cada 90 ± 10 días, los pesajes son realizados por médicos del Comité Técnico de la AMCC y concentrados en la sede de la Asociación, donde se realizan los ajustes para edades control como son: peso al nacer, pero al destete (05), peso al año y peso a los 18 meses de edad; condición de crianza y régimen alimenticio. Con esta información se han realizado varias evaluaciones genéticas, publicando en el año de 2005 el Primer Catálogo de Sementales de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú, posteriormente en el 2007 se generó el Sumario de la Evaluación Genética de Toros de la Raza Brahman.

Las diferencias esperadas de la progenie (DEP's) corresponden a la mitad del valor genético estimado, la palabra diferencia implica comparación, por lo tanto, las DEP's proporciona un rango de comparación de superioridad individual de los animales, de esta forma suministra una predicción del desempeño de la progenie de un semental, en comparación con otro dentro de una ganadería o raza para una característica específica. La forma de reportar las DEP's es en las unidades de la característica en estudio.

En los últimos años, la FAO, ha propuesto para el manejo de los recursos genéticos, metodologías moleculares para el análisis de los *loci* microsatelitales. Los microsatelitales son un tipo de marcador de ADN de 1 a 6 pares de bases (PB) que se repiten aleatoriamente en el genoma, hasta unas 60 veces, y están considerados como una de las más poderosas herramientas para estudios genético-poblacionales (Aranguren-Méndez *et al.*, 2002).

En el año 2003 surge la iniciativa de secuenciar el genoma bovino, con la finalidad profundizar en el conocimiento de su constitución y características, así como facilitar la identificación de rasgos de importancia económica de este grupo de animales. La

organización Bovine Genome Consortium, comprendió un esfuerzo de cooperación internacional en el que participaron 25 países, liderados por el Baylor College de Houston, Texas. El proyecto permitió que en el año 2009 se completara y publicara la secuencia del genoma de una vaca Hereford. De manera paralela, se publicó el HapMap Bovino o mapa de los polimorfismos de una sola copia, el cual se obtuvo mediante la comparación del genoma secuenciado con el de otras seis razas (Holstein, Angus, Jersey, Limousin, Norwegian Red y Brahman). Los resultados obtenidos mostraron la amplia diversidad genómica existente en los bovinos.

El HapMap bovino ha servido como una piedra angular para un sin número de estudios posteriores, incluyendo la búsqueda de herramientas de selección genómica enfocadas a rasgos de importancia económica.

VI. Propósito de la Demanda:

Obtener avances en las características económicamente importantes del germoplasma animal bovino para ganadería tropical.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Identificar genes de importancia estratégica en bovinos de doble propósito a través de la caracterización genómica que codifican para diferentes expresiones que mejora la calidad, rendimiento y resistencia a patógenos, para formar hatos precursores de reemplazos de forma sostenida en áreas tropicales.

7.2 Objetivos Específicos:

- Identificar en reproductores bovinos genes que codifican kapa caseína (CSN3), beta lactoglobulina (BLG), Diacilglicero acetiltransferasa (DGAT1) y hormona de crecimiento (GH).
- Identificar en reproductores bovinos calidad y rendimiento de la canal, los genes: Leptina (LEP), μ -Calapaína (CAPNI), Tiroglobulina (TG), Miostatina (MSTN) y Receptor de Hormona de crecimiento (GHR).
- Identificar en reproductores bovinos genes que codifican para resistencia a nematodos Interferon Gama (IFNG) y genes del Complejo Mayor de Histocompatibilidad de Bovino.
- Establecer un germoplasma animal bovino a través de vaquillas y sementales para reemplazo, y dispersar la genética mejorada por medio de la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

VIII. Justificación:

Los indicadores de los animales sacrificados, indican un constante crecimiento en el número de hembras jóvenes destinadas para el abasto desde 1994, lo cual merma considerablemente el hato de reemplazo.

En México, se requiere dar impulso a la biotecnología animal para manipular y mejorar los procesos reproductivos de los animales.

El avance de los sistemas de producción y sus biotecnologías son una estrategia para obtener metas de selección y medios de propagación de animales con características reproductivas superiores. Entre ellas se cuenta la capacidad para transferir nuevos genes entre los animales doméstico, así como la identificación de genes, especialmente de aquellos asociados a características básicas de producción. Lo que permite una selección más directa, rápida y confiable de tales características en ejemplares jóvenes puesto que

se conocen sus aptitudes genéticas antes de conocer sus pruebas de crecimiento y mucho antes de la información que derive su progenie. Lo anterior facilita el reemplazo de hembras y sementales con caracteres genéticos adecuados a condiciones del sureste o del norte con alto rendimiento y facilidad de dispersión entre los ganaderos demandantes.

IX. Productos a entregar:

- Un informe general de la investigación bajo normas editoriales que permitan su publicación con registro ISBN.
- Un desarrollo tecnológico de cada uno de los procesos generados y validados exitosamente en la investigación con trámite de registro intelectual ante Indautor.
- Un respaldo de genes identificados para su conservación en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG).
- Un inventario de animales (vaquillas y sementales) portadores de los genes codificantes objeto de la investigación.
- Un banco de semen portador de genes codificantes, objeto de la investigación.
- Un modelo de transferencia de corto plazo de las tecnologías generadas en el proyecto a los demandantes originales.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económicos

- Aumento de la calidad de productos derivados de los bovinos.
- Incremento de hato ganadero y productividad.

Sociales

- Mejoramiento de las razas bovinas por medio de germoplasma modificado para un mayor rendimiento de la canal y con resistencia a parásitos.
- Disponibilidad de germoplasma animal bovino para la mejora y/o reemplazo de ganado bovino.

- Transferencia de tecnología a productores Innovadores del manejo de marcadores genéticos, inseminación artificial y transferencia de embriones.

Tecnológicos

- Identificación de marcadores genéticos bovinos para la conservación y optimización y resistencia a enfermedades de los bovinos.
- Germoplasma animal bovino para la mejora y/o reemplazo de ganado bovino.

Ecológicos

- Conservación de genes de razas en peligro de extinción.

XI. Literatura citada:

Aranguren-Méndez, J., Jordana, J., Avellanet, R. y Torrens, M., 2002. Estudio de la variabilidad genética en la raza bovina mallorquina para propósitos de conservación. Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad del Zulia, Vol. XII, 5: 358-366.

Evaluación Genética de Toros de las Razas Cebú en México. Sumario 2011.
www.gbcbiotech.com/bovinos

FAO, 2000. Estadísticas de producción de análisis primarios, producción de carne de conejo estimada para 1999. www.faoestad.org.

Financiera Rural : www.financierarural.gob.mx

INEGI (2013). Estadística de sacrificio de ganado en rastros municipales por entidad federativa 2007-2012.
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/boletines/omunicados/Especiales/2013/Abril/comunica39.pdf>

SIAP: <http://www.siap.gob.mx>

USDA <http://www.ers.usda.gov/topics/animalproducts/cattlebeef.aspx#.UnAMC3Bg9Fs>

Contactos 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 2.2

I. Título tema a demandar:

“Evaluación de la biología y dinámica de población del pepino de mar (*Isostichopus fuscus* L.) y diseño de áreas de reproducción y explotación comercial en el estado de Baja California”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Los ecosistemas marinos, pescadores de pepino de mar (*Isostichopus fuscus* Ludwig); la economía del país.

III. Antecedentes:

Los holotúridos o pepinos de mar son una clase de equinodermos extensamente distribuidos en ambientes marinos, desde las zonas intermareales hasta las profundidades oceánicas en todos los océanos del mundo. Desempeñan un papel ecológico importante como modificadores de sustrato al ingerir sedimentos, modificar su composición y reciclar la materia orgánica (Hendler *et al.*, 1995; Uthicke, 2001; Mangion *et al.*, 2003). Son animales muy valiosos ya que existe interés por su alto valor nutricional, comercial, medicinal y ecológico. Se consume de diversas formas y debido a esas características existe gran demanda de muchas especies, lo que los ha llevado a estar, algunas de las poblaciones naturales, sobre explotadas (Conand, 1990).

La pesquería de pepino de mar comenzó hace más de mil años en el lejano oriente, y en el siglo XIX se expandió con China como el principal importador mundial. Durante el presente siglo se abrieron al comercio internacional los mercados de Japón, Corea, Singapur y Taiwán.

Aunque son diez las especies de pepino que se comercializan a nivel internacional, en las estadísticas de la FAO (1995) se agrupa a todas junto con otros equinodermos conocidos como el erizo de mar y la estrella de mar. Por ello es difícil saber cuál es la producción real de pepino de mar en el mundo.

En pocos años la demanda y aprovechamiento crecieron tanto que poblaciones como las de México, Costa Rica y Ecuador comenzaron a mostrar signos de sobreexplotación. El grave estado actual de las poblaciones de pepino de mar en varios países puede ser atribuido a tres causas generales: la explotación desenfrenada, la demanda cada vez mayor del mercado y un manejo pesquero inadecuado. Las características únicas de la historia de vida de los holoturios (reclutamiento bajo o poco frecuente, gran longevidad y éxito reproductivo dependiente de la densidad) convierten a estas especies como vulnerables a la sobrepesca (Purcell, 2010).

La alta demanda comercial del pepino de mar radica principalmente en el aprovechamiento de su músculo como fuente de proteína. Los principales mercados son países asiáticos; entre ellos destacan Hong Kong, Singapur y China Taipéi (Bruckner, 2005). Su consumo está muy vinculado a la medicina tradicional; además, es considerado “manjar exquisito” y afrodisíaco. Así, este mercado internacional acapara la producción de los océanos Índico y Pacífico donde aproximadamente treinta especies son aprovechadas y reciben el nombre comercial de *bêche-de-mer* o *trepang*. El comercio internacional es considerado por la CITES como una importante cuestión de conservación, particularmente, considerando el mal estado de la gestión de la pesca del pepino de mar en todo el mundo.

En México, la captura de pepino de mar se inició a finales de los años ochenta del pasado siglo. Extrayéndose las especies *Parastichopus parvimensis* en la costa occidental de la península de Baja California, y la más importante, *Isostichopus fuscus* L., en el Golfo de California. Las capturas de

esta última llegaron a superar las mil toneladas en 1991; sin embargo, a solo cinco años de haberse iniciado la pesquería las autoridades la declararon en peligro de extinción y prohibieron su captura, decisión tomada sin el apoyo de estudios científicos y evaluaciones del recurso.

La demanda por *Isostichopus fuscus* en el Pacífico inició en 1988, el interés por explotarlo se centró en pescadores de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. De los holotúridos comestibles *I. fuscus* L. es el de mayor demanda internacional debido a la textura de su piel y su tamaño (Tuz y Aguilar, 2011).

La pesca de pepino de mar en Baja California se ha venido realizando bajo amparo de permisos de pesca comercial en el año 1987, pero debido a la pesca sin control y a que los permisos otorgados no se delimitaban por áreas de pesca, ocasionaba que los permisionarios podían realizar la captura de este recurso en cualquier lugar del Estado (SEMARNAT, 2007). Lo anterior ocasionó en el corto plazo, que las poblaciones disminuyeran a tal grado que las autoridades competentes declararon una veda permanente desde el mes de mayo del año 1994, al incluirlo en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994) que lo consideraba como una especie en peligro de extinción.

Posteriormente en el año 2000 se modificó la NOM referida y esta especie fue reclasificada como una Especie Sujeta a Protección Especial en la NOM-059-SEMARNAT-2001. Bajo estas condiciones la especie puede ser aprovechada nuevamente, pero bajo condiciones distintas a como se manejan otras especies pesqueras, debido a que su regulación y aprovechamiento se encuentra establecido en los Artículos 85 y 87 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en los Artículos 85 y 87 y demás aplicables de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

Actualmente, con las poblaciones mermadas pero sin estar en estado crítico (Chávez *et al.*, 2011), la pesca de pepino en Baja California continúa bajo un esquema de bajo impacto y regulada estrictamente por lineamientos que se basan en cuotas de captura (10% de la biomasa explotable), en el establecimiento de una pesca diurna (DOF, 2004) y, en el caso de *I. fuscus*, mediante Unidades de Manejo para la Vida Silvestre (UMAS).

El procesamiento y comercialización actual de este recurso proporcionaron a la zona alrededor de 700 empleos directos y una derrama económica anual de aproximadamente 6,000,000 dólares estadounidenses (Salgado-Rogel *et al.*, 2009)

IV. Problemática:

En pocos años la demanda y aprovechamiento de pepino de mar (*I. fuscus* L.) crecieron tanto que poblaciones como las de México, Costa Rica y Ecuador, comenzaron a mostrar signos de sobreexplotación. Las características únicas de la historia de vida de los holoturios (reclutamiento bajo o poco frecuente, gran longevidad y éxito reproductivo dependiente de la densidad) convierten a estas especies altamente vulnerables a la sobrepesca (Purcell, 2011).

La información oficial sobre pesca y capturas totales reales de pepino de mar, han sido difíciles de obtener y siguen siendo escasas. Sin embargo, los últimos datos e informes sobre los tamaños promedio de captura indican que las poblaciones de *I. fuscus* L. han disminuido drásticamente y que las poblaciones naturales quizá los stocks hayan sufrido un impacto irreversible en el futuro cercano.

La fuerte presión pesquera y el decrecimiento estacionario tanto de su producción como del hábitat disponible para su desarrollo, enfatizan la necesidad de emprender programas de manejo acuícola que permitan la permanencia en el tiempo de los pepinos como especie de importancia comercial y ecológica.

V. Logros y Avances:

La vulnerabilidad de las poblaciones de pepinos de mar a las extinciones locales y al riesgo de la pérdida a largo plazo de la productividad pesquera ha dado lugar a varias reuniones internacionales y regionales de científicos expertos y manejadores pesqueros en los últimos años.

En el 2003, la FAO organizó el taller técnico “Avances en la acuicultura y manejo de pepinos de mar” y publicó un informe con los documentos técnicos y recomendaciones para el manejo pesquero (Lovatelli *et al.*, 2004).

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, por su siglas en inglés) también tuvo un taller técnico en el 2004 en Malasia titulado “Conservación de los pepinos de mar en las familias Holothuriidae y Stichopodidae”, proveyendo la justificación científica y urgiendo en la necesidad inmediata de la conservación y explotación sostenible de pepinos de mar (Conand, 2004; Bruckner, 2006).

En el 2006, el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR, por sus siglas en inglés) organizó un taller para producir un manual técnico simple para ayudar a los manejadores pesqueros del Pacífico a diagnosticar la salud de sus pesquerías de pepinos de mar y desarrollar planes de manejo apropiados (Friedman *et al.*, 2008).

La Asociación de Ciencias Marinas del Océano Índico Occidental (WIOMSA, por sus siglas en inglés) también financió un proyecto titulado la Ciencia Marina para el Manejo (MASMA, por sus siglas en inglés) para estudiar la biología, los aspectos socioeconómicos y el manejo de las pesquerías de pepino de mar para ayudar a los países del Océano Índico Occidental (Conand, 2004).

VI. Propósito de la Demanda:

Generar conocimiento básico sobre la biología y dinámica poblacional para el desarrollo de la maricultura sostenible de los pepinos de mar en Baja California

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Evaluar la biología y dinámica de población del pepino de mar (*Isostichpus fuscus*) así como diagnosticar y determinar sitios para el desarrollo de la maricultura de dicha especie en Baja

California; con el fin de realizar su comercialización sostenible y evitar la explotación por extracción ilegal.

7.2 Objetivos Específicos:

- Verificar aspectos biológicos básicos (tasas de reproducción y épocas de reproducción) el pepino de mar (*I. fuscus* L.) presente en las costas de Baja California.
- Identificar los puntos con mayor potencial biótico y abiótico para establecer maricultivo de pepino de mar (*I. fuscus* L.) en el estado de Baja California.
- Evaluar la dinámica actual de las poblaciones de pepino de mar (*I. fuscus* L.) en varios puntos selectos del estado de Baja California.
- Estimar la abundancia relativa y biomasa de pepino de mar en la zona con base en el análisis de la superficie de hábitat viable.
- Evaluar el potencial de aprovechamiento de pepino de mar en la zona de estudio y delimitar las de áreas de protección para la especie.
- Elaborar un estudio de mercado para la exportación de pepino de mar (*I. fuscus* L.).

VIII. Justificación:

La alta demanda comercial de pepino de mar radica principalmente en el aprovechamiento de su músculo como fuente de proteína. Los principales mercados son asiáticos; entre ellos estacan Hong Kong, Singapur y China Taipéi (Bruckner, 2006). Su consumo está muy vinculado a la medicina tradicional; además, es considerado “manjar exquisito” y afrodisíaco. Así, este mercado internacional acapara la producción de los océanos Indico y Pacífico donde aproximadamente treinta especies son aprovechadas y reciben el nombre comercial de *bêche-de-mer* o *trepang*. A través de un proceso de cocción, ahumado y secado, son utilizados en la elaboración de sopas y guisados.

En México, aun no se tiene una cultura para su consumo; sin embargo, al tener alta demanda en países asiáticos, es un recurso potencial para exportación.

Actualmente el comercio internacional de pepinos de mar es considerado por la CITES una importante cuestión de conservación, particularmente, considerando el mal estado de la gestión de la pesca del pepino de mar en todo el mundo.

Por lo que es necesario conocer los aspectos básicos de la biología reproductiva de las especies no solo desde el punto de vista ecológico, sino también como herramienta para evaluar cómo pueden verse afectadas, y como responden a perturbaciones naturales y artificiales (Mercier y Hamel, 2009).

El desarrollo de tecnología para la maricultura del pepino de mar es la mejor vía para el desarrollo de la industria del pepino de mar sostenible y por tanto para la conservación del mismo.

IX. Productos a entregar:

- Informe de los aspectos biológicos del pepino de mar (*Isostichus fuscus* L.) presente en el estado de Baja California.
- Informe de determinación de los sitios adecuados para el establecimiento de maricultivo de pepino de mar (*Isostichus fuscus* L.) en el estado de Baja California.
- Informe de la evaluación de la dinámica poblacional del pepino de mar (*Isostichus fuscus* L.) en el estado de Baja California.
- Informe de la abundancia relativa y biomasa del pepino de mar (*I. fuscus* L.).
- Informe del potencial de aprovechamiento de pepino de mar.
- Informe de áreas de protección para la especie.
- *Informe del estudio de mercado para la exportación del pepino de mar (Isostichus fuscus L.).*
- Creación de estructuras asociativas para la reproducción y comercialización de pepino de mar (*I. fuscus* L.).

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Mejoramiento de la rentabilidad y competitividad del maricultivo de pepino de mar en México con objeto de exportación.

- Aumento de la productividad del pepino de mar mediante el uso de la maricultura de conservación y sostenibilidad.
- Abrir un nuevo campo de exportación de productos.

Social

- Disponibilidad de una nueva fuente de proteínas.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en la reproducción y pesca de pepino de mar bajo maricultura de conservación y sostenibilidad.
- Generación de empleo en las zonas pesqueras del Golfo de California.

Tecnológico

- Generación de conocimiento técnico y científico para las poblaciones silvestres y maricultivos de pepino de mar en la costa de Baja California.
- Utilización de mejores técnicas de reproducción bajo maricultura de conservación y sostenibilidad para mayor productividad.

Ecológico

- Coadyuvar en la conservación de ecosistemas marinos y recuperación de la biomasa de *I. fuscus* L.

XI. Literatura Citada

- Bruckner, A. 2005. The proceedings of the technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Ho-lothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 44, Silver Spring, MD. Pp. 239.
- Bruckner, A.W. 2006. Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-34, USA. 244 pp.
- Chávez, E.A., Salgado-Rogel, M.L. y Palleiro-Nayar, J. 2011. Stock assessment of the warty sea cucumber fishery (*Parastichopus parvimensis*) of NW Baja California. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 52: 136-137.
- CITES. 2006. Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Cohombros de mar. AC22 Doc. 16. pp. 1-31.

- Conand, C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 272.2, Roma. Pp.143.
- Conand, C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international review. Pp. 13–23, en: *Advances in sea cucumber aquaculture and management*, (eds.) Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J.F. y Mercier A. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 463. FAO, Roma.
- DOF. 2004. Carta Nacional Pesquera y su anexo. Diario Oficial de la Federación. México, 6 de marzo de 2002.
- Friedman, K., Ropeti, E. y Tafleichig, A. 2008. Development of a management plan for Yap's sea cucumber fishery. *SPC Beche de Mer Information Bulletin* 28: 7–13.
- Hendler, G., Miller, J., Pawson, D. y Porter, M. 1995. Echinoderms of Florida and the Caribbean Sea. Stars, Sea Urchins and allies. Smithsonian Institution. Hong Kong, Pp. 390.
- Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J.F. y A. Mercier. 2004. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 463. FAO, Roma, 425 pp.
- Mangion, P., Taddei, D., Frouin, P. y Conand, C. 2003 Feeding rate and impact of sediment reworking by two deposit feeders *Holothuris leucospilota* and *Holothuria atra* on a fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean). Pp. 311-317. En *Echinoderms*. 2004. München Heinzeller, T. y Nebelsick, J.H.E. Taylor & Francis Group, London.
- Mercier, A. y Hamel, J.F. 2009. *Advances in Marine Biology Endogenous and Exogenous Control of Gametogenesis and Spawning in Echinoderms*. Elsevier, London. Pp. 297.
- Purcell, S.W. 2011. Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No 520. Pp. 169.
- Salgado-Rogel, M.D., Palleiro-Nayar, J.S., Rivera-Ulloa, J.L., Aguilar- Montero, D., Vázquez-Solórzano, E. y Jiménez-Quiroz, M.C. 2009. La pesquería y propuestas de manejo del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* en Baja California, México. *Ciencia Pesquera*, 17: 17-26.
- SEMARNAT. (2007). Evaluación de las Poblaciones Silvestres de Pepino de Mar (*Isostichopus fuscus*). Consultores Acuícolas y Pesqueros S.C.

Tuz, A.S. y Aguilar, A. P. 2011. Aprovechamiento del pepino de mar: pesquería potencial para el desarrollo económico y social en la costa norte de la Península de Yucatán. Bioagrocencias, Vol. 4 No. 2: 17-22.

Uthicke, S. 2001. Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. Marine Ecology Progres Series, 210: 125-138.

Contactos 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 2.3

I. Título tema a demandar:

“Generación de insumos biotecnológicos para la agricultura de bajo impacto con base en biomoléculas”.

II. Beneficiarios del Proyecto:

Agricultores, empresas formuladoras de insecticidas.

III. Antecedentes:

La creciente demanda de garantías de inocuidad y seguridad alimentaria para la comercialización y exportación de productos hortofrutícolas para consumo en fresco, así como la necesidad de una conciencia mundial sobre revertir la grave tendencia actual hacia el deterioro ambiental y de la salud de los consumidores por el uso indiscriminado de insecticidas, pesticidas y plaguicidas, han puesto de relieve la importancia de modificar las formas de control fitosanitario pre y poscosecha

de frutos, a través de la aplicación exógena de biomoléculas con actividad insecticida o bien promoviendo el aprovechamiento *in situ* de bioinsecticidas naturales.

Por muchos años durante la producción, cultivo y almacenamiento poscosecha de frutas en general, el uso continuo y con poco apego a las normas de regulación y seguridad de insecticidas, pesticidas y plaguicidas fue generando un gran descontrol en los sistemas biológicos naturales de los frutales aún no determinado claramente; así como resistencia en algunas especies de insectos, alteraciones en el medio ambiente y efectos indeseables en la salud tanto de consumidores como de productores (Park *et al.*, 2002), provocando desde toxicidad profunda hasta desórdenes del sistema nervioso, cáncer y recientemente se ha encontrado que algunos pesticidas pueden alterar los sistemas endocrinos y afectar la reproducción por interferencia con las hormonas naturales (Schierow, 2004; Copeland, 2005).

El estudio de la actividad biológica de algunos compuestos presentes en las plantas, ofrece una oportunidad para descubrir insecticidas nuevos y eficientes para el control de plagas (Peterson *et al.*, 2000; Oliva *et al.*, 2003), los cuales podrían ser tolerados por los cultivos e inoocuos para el consumidor (Branaman, 2003). Algunos de estos compuestos bioactivos como, taninos, fenoles y terpenos, juegan un papel importante de manera natural en los mecanismos de defensa de frutas y vegetales (Cowan, 1999; Howard *et al.*, 2000; Lombardi-Boccia, *et al.*; 2004) y podrían ser considerados como potenciales promotores de la inocuidad de frutas frescas al ser aplicados de manera exógena, o bien al promover su actividad a través de mecanismos de estrés abiótico controlado.

El metabolismo primario de las plantas sintetiza compuestos esenciales y de presencia generalizada en todas las especies vegetales, sin embargo, los productos finales del metabolismo secundario como los alcaloides, aminoácidos no proteicos, esteroides, fenoles ó taninos, pueden tener diferentes funciones biológicas, dentro de las que destaca, por su importancia, la actividad contra el ataque y proliferación de insectos evitando ser consumidas por herbívoros. No se ha identificado un patrón de máxima producción, ni órganos especiales para el almacenaje de metabolitos secundarios, sin embargo, lo común es que la mayor concentración de éste tipo de

compuestos se encuentre en flores, frutos y semillas (Coats, 1994; Silva *et al.*, 2002). Se ha propuesto que los metabolitos secundarios, que utilizan las plantas para su protección, pueden inhibir el desarrollo normal de los insectos actuando como reguladores del crecimiento, inhibidores de la alimentación o repelentes. La información sobre las características químicoestructurales y los mecanismos de acción de los metabolitos de las plantas, no solo se puede utilizar para aplicaciones naturales de acción insecticida, también pueden ser utilizados como fuente de información para el diseño molecular de insecticidas sintéticos, de modo tal que tengan una mayor persistencia y toxicidad en plagas específicas favoreciendo la fitosanidad, inocuidad y seguridad alimentaria requerida por los consumidores de frutas (Park *et al.*, 2002). Un ejemplo de esto lo constituyen dos familias de insecticidas de uso masivo en el ámbito agrícola, como son los piretroides y los carbamatos que son derivados sintéticos de moléculas aisladas de plantas como el piretro (*Tanacetum cinerariaefolium* (Trevier) Sch. Bip.) y la haba de calabar (*Physostigma venenosum* Balf. F.), respectivamente (Addor, 1995).

También existen otras biomoléculas con actividad insecticida tales como los aldehídos, que son compuestos de cadena lineal saturados o insaturados cuyo grupo funcional carbonilo es el responsable de la actividad insecticida. Algunos de los aldehídos que se encuentran comúnmente en las plantas han sido evaluados por su actividad insecticida y fitotóxica contra insectos que atacan frutas, vegetales y granos. Compuestos como el propanal, 2-pentenal y 2-metil-2-butenal de manera individual, han mostrado un potencial excelente como agentes de control insecticida post-cosecha eliminando 100 % de los áfidos que atacan a los granos, ocasionando un daño mínimo ó indetectable en las características funcionales de los productos probados (Hammond *et al.*, 2000). Así mismo, los terpenoides también son biomoléculas con actividad insecticida, dentro de estos se encuentran los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de vegetales (Vardar-Unlu, *et al.*, 2003). Están formados por una estructura base de isopreno y, cuando tienen elementos adicionales, comúnmente oxígeno, son llamados terpenoides. La actividad insecticida y acaricida de monoterpenos polihalogenados obtenidos de la alga roja *Plocamium cartilagineum* (Linnaeus) ha sido demostrada contra insectos como *Spodoptera frugiperda* Walker, larva que puede dañar al maíz, caña de azúcar ó cebolla; *Heliothis*

virescens Fabrisius, larva que puede afectar al tabaco, algodón ó tomate y *Aphis fabae* Scopoli, áfido ó pulgón de la haba que también puede afectar a la remolacha, entre otros.

Otras biomoléculas como las cianohidrinas de manera natural sirven como mecanismo químico de defensa en las plantas para protegerlas contra insectos y herbívoros. Estas moléculas pueden estar presentes en linaza, yuca, bambú y semillas de almendras. La actividad insecticida de cianohidrinas, ésteres de cianohidrina y ésteres de monoterpénoides, fue probada mediante aplicación por aspersión sobre moscas adultas (*Musca domestica* L.) y como inhibidores de alimentación de larvas del mosquito *Aedes aegypti* L., vector de la fiebre amarilla (Peterson *et al.*, 2000).

También se han reportado los efectos tóxicos y anti-alimentarios de compuestos de sesquiterpenos encontrados en una planta del género *Compositae* contra *Senecio palmensis*, plaga que ataca las papas, observando 100 % de efectividad en todos los casos (González *et al.*, 1993; González-Coloma *et al.*, 1995; Bharathi *et al.*, 2003).

Araujo *et al.* (2003) reportaron que el aceite esencial extraído de las hojas e inflorescencias de *Hyptis martiusii* Benth, arbusto pequeño que crece en abundancia en el noreste de Brasil, ampliamente conocido por su uso medicinal, presentó actividad insecticida y determinaron que los componentes mayoritarios en el aceite esencial asociados a la actividad biofuncional fueron los monoterpénos.

La actividad insecticida de 2-pentadecilfurano y 2-heptadecilfurano, dos compuestos furánicos comúnmente presentes en el aguacate (*Persea Americana* Mill), fue probada *in vitro* contra la larva en la primera etapa de desarrollo de *Spodoptera exigua*, plaga común en árboles frutales de aguacate, mostrando un 100 % de efectividad al suministrar *in vitro* en su dieta (Rodríguez-Saona y Trumble, 1999; Rodríguez-Saona, *et al.*, 1999; Rodríguez-Saona, *et al.*, 2000).

Los alcaloides son biomoléculas se caracteriza por contener nitrógeno en su estructura, el cual dentro del metabolismo normal de las plantas no se transforma totalmente en proteína vegetal,

sino que continúa su circulación en la savia o se fija en algunas partes de la planta, por lo que puede combinarse con moléculas de azufre formando heterósidos sulfurados ó con cianuro y dar heterósidos cianogénicos (Murphy, 1999; Oliva *et al.*, 2003). Los alcaloides derivados del tropano contienen en su estructura moléculas con átomos de nitrógeno secundario, terciario y cuaternario que le confiere alta toxicidad, actuando como fitoalexinas o evitando la interacción planta-insecto. Los alcaloides aporfinos y acetogeninas anonáceas, han mostrado fuerte toxicidad contra larvas de crustáceos de mar como *Artemia salina* y del mosquito *Aedes aegypti*, vector de la fiebre amarilla (Chang *et al.*, 2000).

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos más abundantes de biomoléculas presentes en frutas y verduras, son sustancias químicas que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos incluyendo derivados funcionales (ésteres, metil ésteres, glicósidos, etc.) (Cartaza y Reynaldo, 2001). La naturaleza de los fenoles varía desde moléculas simples como los ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos. Se encuentran en las plantas en forma conjugada con uno o más residuos de azúcar unidos a los grupos hidroxilos, aunque en algunos casos se pueden producir uniones directas entre una molécula de azúcar y un carbono aromático. Por ello la forma más común de encontrarlos en la naturaleza es en forma de glicósidos, siendo solubles en agua y solventes orgánicos (Sang *et al.*, 2002; Robbins, 2003; Proestos *et al.*, 2005). Los compuestos reportados con actividad insecticida dentro de este grupo son los flavonoides (Morimoto *et al.*, 2000; 2003).

Los flavonoides son los constituyentes más importantes de la dieta en humanos. Los reportes más importantes acerca de éstos compuestos han sido sobre los beneficios que proporcionan a la salud porque poseen actividad antioxidante, sin embargo, debido a su gran diversidad pueden tener otro tipo de actividad biológica (Merken *et al.*, 2001).

IV. Problemática:

El desarrollo económico y social de las poblaciones conlleva a la necesidad de mejorar los sistemas de abastecimiento de alimentos. Por un lado, el desarrollo agrícola y pecuario demanda un incremento en la producción con el objetivo de obtener mayores ganancias, y satisfacer, al mismo

tiempo, los requerimientos nutricionales necesarios de la población. Esto ha requerido del uso de agroquímicos con el propósito de aumentar la producción. El mal manejo en las prácticas de aplicación de agroquímicos puede ocasionar serios problemas a la salud de la población ocupacionalmente expuesta.

El término plaguicida se aplica a insecticidas, herbicidas, fungicidas y algunas otras sustancias de origen natural o sintético usadas para el control de plagas. Los plaguicidas representan un peligro potencial para los seres humanos, animales, plantas y para el ambiente en general. Al mismo tiempo son útiles a la sociedad, ya que controlan plagas que causan enfermedades y destruyen organismos que dañan a la producción agrícola. El mal manejo de estos plaguicidas puede provocar intoxicación al usuario en forma accidental. La exposición a plaguicidas está asociada a un creciente número de efectos crónicos en la salud.

Los plaguicidas son compuestos químicos utilizados extensivamente en todo el planeta, lo que resulta en una exposición continua de la población a partir de diferentes fuentes tales como alimentos, el agua y el suelo. Aún cuando el efecto tóxico de los plaguicidas está dirigido a organismos específicos, estos compuestos se encuentran en gran cantidad en el ambiente, lo que constituye una amenaza grave a la salud pública

V. Logros y Avances:

La acción insecticida de diferentes extractos de plantas se ha observado y reportado (Miyazawa *et al.*, 2000; Alvarenga *et al.*, 2001; Morimoto *et al.*, 2003; González *et al.*, 2006), por lo que este campo de investigación ofrece una amplia gama de alternativas de aplicación y desarrollo de nuevas formas de biocontrol *in situ* de plagas que aseguren la inocuidad y seguridad alimentaria de productos hortofrutícolas. Por ejemplo, se ha observado que las hojas de yuca protegen las raíces de la misma planta de plagas como orugas desfoliadoras, cortadoras o barrenadoras, ya que las hojas liberan compuestos cianogénicos que son tóxicos para dichas plagas. También se ha probado la efectividad de las cenizas de las hojas de *Lantana spp.* y *Ochroma lagopur Sw.* usadas en polvo contra áfidos en papas almacenadas (Silva *et al.*, 2002). Otro ejemplo de insecticida natural lo constituye el extracto acuoso u oleoso de las semillas del árbol de neem (*Azadirachta*

indica Juss) de la familia Meliaceae, el cual está siendo cada vez más conocido y usado a nivel mundial como insecticida en diferentes formulaciones comerciales como Neem Gold, Neemazal, Econeem, entre otros. El principal ingrediente efectivo en el Neem es un compuesto llamado azadiractina (Melathopoulos, 2001). Los extractos de diferentes especies de plantas aromáticas, principalmente los monoterpenos, han probado tener actividad insecticida contra el gorgojo del tabaco (*Lasioderma serricornis* Fabricius), gorgojo del maíz o de la soya (*Sytophilus oryza* Linnaeus) y el (*Callosobruchus chinensis* (L.)) gusano de la lenteja, haba o chícharo (Kim *et al.*, 2003a; 2003b).

Tan solo la invasión a los cultivos de *Sytophilus oryzae* Juss podría causar daños por unos 700 millones de dólares al año. Compuestos como las cianohidrinias aisladas de extractos de lino, mandioca, hueso de durazno y almendras, así como compuestos sintetizados a partir de ellas como ésteres y ésteres monoterpenoides, han sido probados como insecticidas de manera efectiva en adultos de mosca (*Musca domestica* L.) y en larvas de mosquito (*Aedes aegypti* L.) transmisor de la fiebre amarilla (Peterson *et al.*, 2000).

El *Tagetes erecta* L. ("cempazúchil" o "flor de muerto"), es una de las plantas ampliamente reconocida como poseedora de propiedades fungicidas, nematocidas e insecticidas. Sus propiedades antagonistas se deben a la presencia de compuestos terpenoides en sus tejidos y reportan que el rotar e incorporar los residuos de cempasúchil o al asociarlo con chile o jitomate (Zavaleta, 1999).

VI. Propósito de la Demanda:

Generación de insumos biotecnológicos para la agricultura de bajo impacto con base en biomoléculas.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo General:

Desarrollar productos biotecnológicos a partir de moléculas de origen natural para el control de organismos plaga en el sector agroalimentario.

7.2 Objetivos Específicos:

- Caracterizar fitoquímicamente diferentes especies de plantas y microorganismos para obtener moléculas con actividad biológica.
- Evaluar y validar la actividad biológica de moléculas diferenciadas obtenidas de especies de plantas y microorganismos sobre insectos, hongos y bacterias en cultivos agrícolas y áreas del sector alimentario.
- Diseñar una serie de productos de origen natural para el control de organismos plaga en el sector agroalimentario con base en su factibilidad biológica y económica.
- Determinar el impacto ambiental y en la salud de los consumidores de productos agroalimentarios tratados con biomoléculas de origen natural.

VIII. Justificación:

Una gran variedad de extractos de plantas, mezclas y compuestos simples ampliamente distribuidos en la naturaleza, podrían ser usados por su actividad insecticida contra insectos y utilizarse en el desarrollo de insecticidas y para el control de fitopatógenos que atacan a los cultivos agrícolas. Estos compuestos pueden reemplazar satisfactoriamente a los insecticidas derivados de compuestos químicos peligrosos por su alta toxicidad, que cada vez tiene más restricciones de uso por los efectos nocivos a la salud de los consumidores. El uso de insecticidas formulados a partir de biomoléculas es una excelente alternativa para cumplir con los requerimientos de inocuidad y seguridad alimentaria que se establecen en el mercado internacional. En este sentido, es necesario profundizar las investigaciones tanto a nivel laboratorio como en campo de tal forma que el uso y aplicación pueda ser considerada como una alternativa de control de plagas debidamente normada por los organismos gubernamentales encargados de la fitosanidad y seguridad alimentaria. También es necesario investigar, determinar y regular las dosis mínimas requeridas para cada uno de los productos agrícolas en los que ya han sido probados estos compuestos bioactivos.

IX. Productos a entregar:

- Informe general del proyecto con normas editoriales para su publicación.
- Desarrollos tecnológicos con trámite de registro.
- Diseño de productos con factibilidad técnica y económica.
- Informe de pruebas biológicas *in vitro* e *in vivo*, ambiental y salud humana considerando DL50.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Generar un amplio mercado para la comercialización de insecticidas a partir de biomoléculas donde los productores podrían elegir la mejor alternativa de una amplia gama de compuestos naturales para eliminar las plagas de los cultivos.
- Se utilizan los progresos de la biotecnología agrícola para incrementar la productividad de los cultivos.

Social

- Disponibilidad de insecticidas a partir de biomoléculas para el control de plagas.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo del sistema de producción bajo agricultura de conservación.

Tecnológico

- Identificación de biomoléculas que pueden ser empleadas para el control de plagas en la agricultura.
- Utilización de técnicas de cultivo bajo agricultura de conservación para mayor productividad y eficiencia en el uso de biofertilizantes.

Ecológico

- Disminución del uso de pesticidas en el cultivo mediante productos biomoleculares y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso de biofertilizantes.

XI. Literatura citada

- Addor, R.W. 1995. Insecticidas. En C. R. A. Godfrey (ed.), *Agrochemicals from natural products*. Marcel Dekker, Inc. Pp. 1-62.
- Alvarenga, N., Velázquez, C.A. y Canela de A., N. 2001. Actividad biológica de compuestos aislados de corteza de raíz de *Maytenus vitis-idaea* (Celastraceae). *Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones UNA* 1(3): 51-55.
- Araujo, E., Silveira, E., Lima, M.A., Andrade, M. y Lima, M.A.A. 2003. Insecticidal activity and chemical composition of volatile oils from *Hyptis martiusii* Benth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 3760-3762.
- Bharathi, N.S., Prasad, N.G., Shakarad, M. y Amitabh, J. 2003. Variation in adult life history and stress resistance across five species of *Drosophila*. *Journal of Genetics* 82(3): 191-205.
- Branaman, B. 2003. Fruits and vegetables: issues for Congress. National Council for Science and the Environment. CRS (Congressional Research Service) Report, January 27.
- Cartaza, O. y Reynaldo, I. 2001. Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales* 22: 5-14.
- Coats, J.R. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annual Revision Entomology* 39, 489- 515.
- Copeland, C. 2005. Pesticide use and water quality: are the laws complementary or in conflict? National Council for Science and the Environment. CRS (Congressional Research Service) Report, October 27.
- Cowan, M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiological Reviews*, 10: 64-582.
- Chang, F.R., Chen, C.Y., Wu, P.H., Kuo, R.Y., Chang, Y.C. y Wu, Y.C. 2000. New alkaloids from *Annona purpurea*. *Journal of Natural Products* 63: 746-748.
- González, A.G., Jiménez, I.A., Ravelo, A. G. y Bazzocchi, I.L. 1993. Minor sesquiterpenes from *Maytenus canariensis* with insecticidal and antifeedant activity. *Tetrahedron* 49: 6637-6644.
- González-Coloma, A., Reina, M., Cabrera, R., Castañera, P. y Gutiérrez, C. 1995. Antifeedant and toxic effects of sesquiterpenes from *Senecio palmensis* to colorado potato beetle. *Journal of Chemical Ecology* 1255-1270.

- González, J., Reyes, F., Salas, C., Santiago, M., Codriansky, Y., Coliheuque, N. y Silva, H. 2006. *Arabidopsis italiana*: A model host plant to study plant-pathogen interaction using Chilean field isolates of *Botrytis cinerea*. *Biological Research* 39: 221-228.
- Hammond, D.G., Rangel, S. y Kubo, I. 2000. Volatile aldehydes are promising broad-spectrum postharvest insecticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4410-4417.
- Howard, L.R., Talcott, S.T., Brenes, C.H. y Villalon, B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 1713-1720.
- Kim, S.I., Park, C., Ohh, M.H., Cho, H.C. y Ahn, Y.J. 2003a. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oil against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *Journal of Stored Products Research* 39(1): 11-19.
- Kim, S.I., Roh, J.Y., Kim, D.H., Lee, H.S. y Ahn, Y.J. 2003b. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research* 39(3): 293-303.
- Lombardi-Boccia, G., Lucarini, M., Lanzi, S., Aguzzi, A. y Capelloni, M. 2004. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 90-94.
- Melathopoulos, A.P. 2001. Neem para control de Garrapatas. *Journal of Economic Entomology* 93: 2-3.
- Merken, H.M., Merken, C.D. y Beecher, G.R. 2001. Kinetics method for the quantitation of anthocyanidins, flavonols and flavones in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 2727-2732.
- Miyazawa, M., Nakamura, Y. e Ishikawa, Y. 2000. Insecticidal sesquiterpene from *Alpinia oxyphylla* against *Drosophila melanogaster*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3639-3641.
- Morimoto, M., Kumeda, S. y Komai, K. 2000. Insect antifeedant flavonoids from *Gnaphalium affine* D. Don. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 1888-1891.

- Morimoto, M., Tanimoto, K., Nakano, S., Ozaki, T., Nakano, A. y Komai, K. 2003. Insect antifeedant activity of flavones and chromones against *Spodoptera litura*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 389-393.
- Murphy, C.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564-582.
- Oliva, A., Kimudini, M.M., Wedge, D.E., Harries, D., Hale, A.L., Aliotta, G. y Duke, S.O. 2003. Natural fungicides from *Ruta graveolens* L. leaves, including a new quinolone alkaloid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 890-896.
- Park, I.I.K., Lee, S.G., Shin, S.C., Park, J.D. y Ahn, Y.J. 2002. Larvicidal activity of isobutylamides identified in *Piper nigrum* fruits against three mosquito species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1866-1870.
- Peterson, C., Tsao, R., Egglar, L.A. y Coats, J.R. 2000. Insecticidal activity of cyanohydrin and monoterpenoid compounds. *Molecules* 5: 648-654.
- Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G.J.E. y Komaitis, M. 2005. RP-HPLC Analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1190-1195.
- Robbins, R.J. 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2866-2887.
- Rodríguez-Saona, C.R., Maynard, D.F., Phillips, S. y Trumbel, J.T. 1999. Alkyfurans: effects of alkyl side-chain length on insecticidal activity. *Journal of Natural Products* 62: 191-193.
- Rodríguez-Saona, C.R. y Trumbel, J.T. 1999. Effects of avocadofurans on larval survival, growth and food preference of the generalist herbivore, *Spodoptera exigua*. *Entomology Experimental Application* 90: 131-140.
- Rodríguez-Saona, C.R., Maynard, D.F., Phillips, S. y Trumbel, J.T. 2000. Avocadofurans and their tetrahydrofuran analogues: comparison of growth inhibitory and insecticidal activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3642-3645.
- Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W., Lachance, P.A., Ho, C. y Rosen, R.T. 2002. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond (*Prunus amygdalus Batsch*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 50: 2459-2463.

- Schierow, L. J. 2004. Pesticide Law: A summary of the statutes. National Council for Science and the Environment. CRS (Congressional Research Service) Report, December 2.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C. y Rodríguez, D. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE).
- Vardar-Unlu, G., Candan, F., Sökmen, A., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, M., Dönmez, E. y Tepe, B. 2003. Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and metanol extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. et. Mey. Var. *pectinatus* (Lamiaceae). Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 63-67.
- Zavaleta-Mejía E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. TERRA 17(3): 201-207.

Contactos 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 2.4

I. Título tema a demandar

“Desarrollo de tecnologías, productos alimentarios y terapéuticos de origen vegetal con base en principios activos con impacto complementario”.

II. Beneficiarios del Proyecto

Productores rurales en los estados Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Estado de México y Chiapas que se dedican a la producción de *Sechium* sp., Sector salud Veracruz.

III. Antecedentes

Los productos naturales provenientes de plantas son valorados por el hombre como fuente de principios activos para uso medicinal (Farnsworth *et al.*, 1992) debido a sus constituyentes químicos, generalmente metabolitos secundarios (Bye *et al.*, 1992), que en la naturaleza funcionan como defensa química contra herbívoros. La complejidad estructural de estos metabolitos puede determinar su actividad biológica; por lo que representan un recurso para el desarrollo de nuevos fármacos (Hostettmann *et al.*, 1995).

La extracción de los principios activos por medio de la fitoquímica se basa en conceptos básicos de la polaridad de las moléculas. De acuerdo a los mismos, se han desarrollado técnicas analíticas de separación, que facilitan la obtención de perfiles químicos detallados, lo que a su vez permite la identificación y el aislamiento de moléculas bioactivas con mayor rapidez y precisión.

La gran mayoría de los principios activos se han obtenido sintéticamente en laboratorios, para su posterior uso en la preparación de medicamentos químicos. Con el paso de los años el consumo de medicamentos sintéticos se aumentó, desplazando cada vez más el uso directo de plantas medicinales alejándose así de la medicina tradicional (Lizcano y Vergara, 2008).

La búsqueda de medicamentos naturales surge por el incremento en la frecuencia de padecimientos como el cáncer, el cual se ha extendido en el panorama epidemiológico mundial desde finales del siglo XX. En el año 2011 la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que la principal causa de muerte en el mundo durante 2008 fue el cáncer, con 7.6 millones de casos, lo cual equivale al 13% de todas las muertes a nivel mundial. En México el cáncer ocupa desde 1990 el segundo lugar como causa de muerte (INEGI, 2013); causando en el año 2001, la pérdida de 33.5 años potenciales de vida.

De las dos mil enfermedades agudas y crónicas registradas solo un 30% son curables en la actualidad. El resto son tratadas sólo de forma sintomática, con mayor o menor eficacia. Por tanto, existe una necesidad de nuevos tratamientos altamente eficaces, de carácter etiológico. La avanzada tecnología actual permite a los investigadores optimizar la eficacia, la normalización y la

valoración clínica de estos medicamentos de uso tradicional para alcanzar los estándares internacionales actuales. Además existe un gran reservorio de especies vegetales de las que sólo un 30% han sido investigadas de forma científica. (Wagner, 2006).

En la actualidad, el gran desafío para los países ricos en biodiversidad, como lo es México, es poder vincular y convertir el conocimiento proveniente de los recursos biológicos en compuestos, proceso, métodos, herramientas o productos útiles, como parte del aprovechamiento y la explotación sostenible de la diversidad biológica en beneficio de la sociedad.

IV. Problemática

Hoy en día, nuestro país demuestra cambios poblacionales importantes respecto al pasado. Esto se puede observar en datos relevantes como el aumento en la esperanza de vida, que es actualmente de 75.2 años promedio y con una tasa de natalidad en disminución de 2.16 hijos por mujer, contra índices superiores en las décadas pasadas y una población total estimada de 105.9 millones de personas. Con estos datos se evidencia que las necesidades de atención médica en nuestra población han cambiado radicalmente colocando en primeros sitios a la mortalidad por tumores malignos (cáncer), diabetes mellitus, enfermedades del hígado y del corazón como las principales causas de muerte a nivel nacional, a diferencia de hace 50 años en donde era causada por enfermedades prevenibles por vacunación.

El cáncer es uno de los primeros diez lugares a nivel mundial en provocar un alto número de decesos. Sin embargo el tratamiento de ésta resulta costoso y el porcentaje de padecimiento de esta enfermedad es mayor en la población de bajos recursos. Los tratamientos actuales que se utilizan para combatir el cáncer incluyen agentes anticancerígenos que ejercen su actividad en células en división, lo cual activa el mecanismo de apoptosis de las células cancerígenas, sin embargo también afecta a las células normales, generando efectos secundarios de alto riesgo como el deterioro de la calidad de vida del paciente (Tallman *et al.*, 2005).

El tumor maligno o neoplasia maligna, también denominado como cáncer, es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, esta enfermedad denota un amplio grupo de

enfermedades que pueden afectar a cualquier parte del organismo. Se le atribuyen 7.6 millones de defunciones ocurridas mundialmente en el 2008 (OMS, 2012). Se estima que si no se adoptan medidas para 2030, se pronostican 26 millones de nuevos casos (UNAM, 2011) de los cuales el número de defunciones supere los 13.1 millones (OMS, 2012).

De las dos mil enfermedades agudas y crónicas registradas solo un 30% son curables en la actualidad. El resto son tratadas sólo de forma sintomática, con mayor o menor eficacia. Por tanto, existe una necesidad de nuevos tratamientos altamente eficaces, de carácter etiológico. La avanzada tecnología actual permite a los investigadores optimizar la eficacia, la normalización y la valoración clínica de estos medicamentos de uso tradicional para alcanzar los estándares internacionales actuales. Además existe un reservorio de un gran número de especies vegetales de las que sólo un 30% han sido investigadas de forma científica. (Wagner, 2006).

V. Logros y Avances

Durante siglos, el uso de plantas ha sido una opción natural para la recuperación y el mantenimiento de la salud. Hoy en día, aproximadamente el 80% de la población del mundo depende de las plantas y sus compuestos activos, que se aplican directamente o después de la modificación sintética para ejercer la actividad farmacológica óptima (Balunas y Kinghorn, 2005; Setzer y Setzer, 2003).

Los innegables avances en nuestra comprensión del cáncer a nivel celular, fisiológicas, moleculares y bioquímicos han revolucionado la percepción de la enfermedad y la aplicación de las opciones terapéuticas, sin embargo, el cáncer sigue siendo la principal causa de muerte en el mundo y el número de los nuevos casos clínicos sigue aumentando (Tallman et al, 2005; OMS, 2007). Hay seis clases principales de compuestos de fármacos derivados de plantas que están actualmente en uso clínico para su actividad anticancerígena: derivados sintéticos y semi-sintéticos (alcaloides de la vinca, epipodofilotoxinas, taxanos, camptotecinas, homoharringtoninas y ellipticinas) (Balunas y Kinghorn, 2005; Cragg y Newman, 2005). Algunas de estas clases de compuestos son de uso limitado debido a su toxicidad y, especialmente, la falta de selectividad de los ingredientes activos, y el desarrollo de células de resistencia a estos productos químicos. Por lo tanto, es necesario

encontrar y desarrollar nuevos, eficaces y específicos componentes que puedan diferenciar entre células normales y matar selectivamente a las células malignas con una toxicidad reducida (Setzer y Setzer, 2003).

Se ha demostrado que *Sechium* sp. contiene peroxidasas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides, y cucurbitacinas (Cadena-Iñiguez, 2005, 2007, 2013). Las características de antialérgico, antiinflamatorio, antiviral, antibacteriano, antioxidante, antimutagénicas y antineoplásico son atribuidas a estos compuestos (Jayaprakasam *et al.*, 2003; Ordoñez *et al.*, 2006; Setzer y Setzer, 2003; Siciliano *et al.*, 2004).

VI. Propósito de la Demanda

Desarrollar tecnologías, productos alimentarios y terapéuticos de origen vegetal con base en principios activos con impacto complementario en problemas de salud pública en México.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Caracterizar bioquímicamente y evaluar la actividad biológica de genotipos registrados de especies vegetales endémicas de México, para su uso nutracéutico y farmacológico que revaloricen su importancia económica.

7.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los metabolitos secundarios de variedades e híbridos registrados del género *Sechium* sp.
- Evaluar la actividad biológica de extractos y principios activos obtenidos de híbridos y variedades registradas del género *Sechium* sp., con énfasis en tres problemas de salud de interés público.
- Desarrollar la tecnología de campo para la producción de biomasa de híbridos y variedades del género *Sechium* sp., que demuestren actividad biológica en padecimientos de interés público.

- Diseñar y desarrollar una planta de extracción de jugos y biomasa conteniendo metabolitos secundarios con actividad biológica.

VIII. Justificación

Se presenta un enfoque de desarrollo de nuevos principios bioquímicos de origen vegetal a partir de extractos vegetales de diferentes genotipos registrados de *Sechium* sp., para identificar una mayor variedad de metabolitos con acción nutracéutica, farmacológica y terapéutica, con el fin de evaluar su potencial como agentes antineoplásicos, hipoglucemiantes, inmunológicos y capacidad de agregación con materiales de micro encapsulación. Lo anterior permitirá promover su conservación por nuevos usos o aplicaciones que permitan iniciar programas de diversificación económica con productores asociados que exploten exclusivamente dichos genotipos sobresalientes, además de responder a problemas de salud pública de interés gubernamental que representan altas erogaciones financieras. En México las enfermedades no transmisibles, también conocidas como enfermedades crónicas, son uno de los mayores retos que enfrenta el sistema de salud debido al gran número de casos, su creciente contribución a la mortalidad general, la causa más frecuente de incapacidad prematura y por la complejidad y costo elevado de su tratamiento. A partir de 2005, las enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus y el cáncer representan las tres principales causas de muerte en edad productiva y pos productiva (INEGI, 2011). Por ello es necesario generar antineoplásicos alternativos para diferentes tipos de cáncer a partir de recursos vegetales que se encuentran domesticados en México, ampliando la gama de líneas celulares evaluadas, contando con perfiles químicos de los metabolitos (de acción individual o colectiva) que permitan obtener antineoplásicos alternativos para problemas de salud pública en México, alternativas de control amigable en padecimientos diabéticos, que es la segunda causa de muerte después del cáncer en la población nacional. Desarrollar una alternativa para padecimientos de inhibición de uno o más componentes del sistema inmunitario adaptativo o innato (inflamación), que puede producirse como resultado de una enfermedad subyacente o de forma intencional mediante el uso de medicamentos (llamados inmunosupresores) u otros tratamientos, como radiación o cirugía (ablación del bazo), con el propósito de prevenir o tratar el rechazo de un trasplante o una enfermedad autoinmune. Contar con un formato de medicación asequible para padecimientos de cáncer, diabetes o tratamientos inmunodepresivos, de forma económica,

práctica y de fácil fabricación para atenuar los altos costos de tratamiento social de estos problemas de salud pública en México. Ampliar la gama de productos funcionales para diversificación productiva y económica de áreas de producción nacional, partiendo de la caracterización con fines de uso que genere otros canales de generación de riqueza económica y social al sector rural de México.

IX. Productos a entregar

- Informe de al menos tres perfiles bioquímicos de metabolitos para tres genotipos registrados del género *Sechium* sp.
- Un trámite de patente que indique una o más de una forma de actividad biológica de tres genotipos registrados de *Sechium* sp., sobre padecimientos de interés público.
- Un desarrollo tecnológico para la producción comercial de biomasa de híbridos o variedades vegetales del género *Sechium* sp.
- Una planta piloto para la extracción de jugos y biomasa con análisis de rentabilidad técnica y financiera
- Un Modelo de transferencia tecnológica a productores rurales para diversificar la economía local de áreas de producción.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Impactos positivos en la economía de los productores de *Sechium* sp. para productores de los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Estado de México y Chiapas por medio de la diversificación de ingresos generando valor agregado.
- Reducción de gastos en el sector Salud de México.

Social

- Disponibilidad de una nueva fuente de principios activos y productos biotecnológicos con fines alimenticios y farmacológicos.
- Generación de actividades productivas, de valor agregado y nuevos empleos

- Mejorar la calidad de vida de la población afectada por el cáncer.

Tecnológico

- Generación de productos biotecnológicos a partir de extractos vegetales biodirigidos a la alimentación y farmacología.

XI. Literatura citada

- Balunas, J.M. y Kinghorn, A.D. 2005. Drug discovery from medicinal plants. *Life Sciences* 78: 431-441.
- Bye, R., Estrada, L. E. y Linares, E. 1992. Recursos genéticos en plantas medicinales de México. en *Plantas medicinales de México, introducción a su estudio*. 4ª edición. Estrada L., E. (ed). Universidad Autónoma Chapingo, México pp. 362–370.
- Cadena-Iñiguez J., Soto-Hernández, M., Torres-Salas, A., Aguiñiga- Sánchez, I., Ruiz-Posadas, L., Riverra-Martínez, A.R., Avedaño-Arrazate, C. y Santiago-Osorio, E. 2013. The antiproliferative effects of chayote varieties (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) on tumor cell lines. *Journal of Medicinal Plants Research* 7(8): 455-460.
- Cadena-Iñiguez J, Arévalo-Galarza, L., Avedaño-Arrazate, C.H., Soto-Hernández, R.M., Ruíz, L., Santiago-Osorio, E., Acosta, M., Cisneros-Solano, V.M., Aguirre-Medina, J.F., Ochoa-Martínez, D. 2007. Production, genetics, postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Fresh produce* 1:4 1-53.
- Cadena-Iñiguez J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw). PhD dissertation. Colegio de Postgraduados. México.
- Cragg, M.G., Newman, D.J. 2005. Plants as a source of anti-cancer agents. *Journal of Ethnopharmacol.* 100: 72-79.
- Hostettmann, K., A. Marston, y Wolfender, J.L. 1995. Strategy in the Search for New Biologically Active Plant Constituents. En *Phytochemistry of plants used in traditional medicine*. Hostettmann, K.A., A. Marston, and M. Millard (eds) Oxford Science Publications 37: 17–45.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2013. Estadísticas a propósito del día mundial contra el cáncer. En:
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/mama0.pdf>
- Jayaprakasam, B, Seeram, N.P. y Nair, M.G. 2003. Anticancer and antiinflammatory activities of cucurbitacin from *Cucurbita andreana*. Cancer Letters 189: 11-16.
- Lizcano, A.J.R y Vergara, J.L.G. 2008. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y/o aceites esenciales de las especies vegetales *Valeriana pilos*, *Hesperomeles ferruginea*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Passiflora manicata* frente a microorganismos patógenos y fitopatógenos. Trabajo de Grado. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. Bogotá D.C.
- Farnsworth, N.R., O. Akerele, A.S. Bingel, D.D. Soejarto, y Guo, Z. 1992. Las plantas medicinales en la terapéutica. *In*: Plantas Medicinales de México, introducción a su estudio. 4ª edición. Estrada L., E. (ed.). Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2008. Cáncer. Nota descriptiva No 297. Febrero de 2013. En: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/>
- Ordoñez, A.A.L, Gómez, J.D, Vattuone, M.A. e Isla, M.I. 2006. Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. extracts. Food Chemistry 97: 452-458.
- Setzer, W.N, Setzer, M.C. 2003. Plant-derived triterpenoids as potential antineoplastic agents. Mini Reviews in Medicinal Chemistry 3: 540-556.
- Siciliano, T., De Tomás, N., Morelli, I. y Braca, A. 2004. Study of flavonoids of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. (Cucurbitaceae) different edible organs by liquid chromatography photodiode array mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 6510-6515.
- Tallman, M., Gilliland, D. y Rowe, J. 2005. Drug therapy for acute myeloid leukemia. Blood. 106:1154-1163.
- Wagner, H. 2006. Futuro en la investigación en Fitoterapia: tendencias y retos. Revista de Fitoterapia (6)2:101-117.

Contactos 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 2.5

I. Título tema a demandar

“Diagnóstico y control de los eventos de mortalidades atípicas en camarón en el noroeste de México”

II. Beneficiarios del Proyecto

Sector camaronícola del noroeste de México.

III. Antecedentes

Los camarones pertenecen a la familia de los peneidos (Penaeidae). Los géneros de camarones marinos están constituidos por 60 especies, de ellas más de 50 han sido utilizadas para propósitos de cultivo en diferentes países. De las especies presentes en México, la más relevante es el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, B.), que se produce por pesca de captura y por cultivo. Posee un alto valor nutritivo pues no contienen grasas saturadas y presentan ácidos grasos omega 3, esenciales para el humano.

En México la captura de camarón es una de las actividades pesqueras de mayor importancia en términos de volumen y empleos generados. Por su volumen se encuentra posicionado en el segundo lugar de la producción pesquera en México, sin embargo, por su valor económico, se posiciona en el primer lugar. Se produce tanto por captura, como por acuicultura, y la tasa media de crecimiento anual de la producción en los últimos 10 años ha sido de 6.24%, lo cual se debe al

crecimiento de la actividad de dicha especie. En las exportaciones se encuentra en el primer lugar de las especies pesqueras, siendo Estados Unidos de América, Japón y Francia sus principales destinos (SAGARPA, 2011).

La región del Pacífico es la que produce la mayor cantidad de camarón en peso vivo (88%), seguida por la región del Golfo (12%). El camarón es el principal producto generado en la industria acuicultora en México. En la pesquería de captura de esta especie se encuentra en deterioro. En 2011, el 60% de la producción provino de acuicultura (**Figura 1**). A nivel internacional México ocupa el décimo lugar en cuanto a la producción de camarón por captura y séptimo en producción por acuicultura (SAGARPA, 2011).

El 94% de las granjas de camarón están situadas en la región del Golfo de California, en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. El área total dedicada al cultivo de camarón en el Noroeste de México es de poco más de 57,000 ha en la zona costera de Sonora, Sinaloa y Nayarit, estado con alrededor de 560 granjas, cubriendo el 94% del total de camarón cultivado, con una producción un poco superior a los 92,000 ton (SAGARPA, 2006).



Figura 1. Serie histórica de la producción de camarón 2002-2011 (peso vivo en toneladas). Fuente: Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011, SAGARPA.

La mayor amenaza para el desarrollo de la industria camarónica sostenible son las diferentes enfermedades que atacan a esta especie. La incertidumbre causada por las desastrosas bajas en la producción a causa de enfermedades, puede desincentivar la inversión en la tecnología necesaria para hacer que las operaciones sean más sostenibles desde el punto de vista social y medioambiental.

Durante 2013 sucedieron mortalidades masivas de camarones en cultivo en el noroeste de México, mismas que continúan. El desarrollo de la enfermedad y los signos clínicos observados son semejantes al Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS por sus siglas en inglés) que se dio en Asia, donde se observa necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPNS por sus siglas en inglés). El agente causal de esta enfermedad en Asia fue identificado como una cepa especialmente virulenta de *Vibrio parahaemolyticus* (Tran *et al.*, 2003).

Las enfermedades bacterianas, debido principalmente a *Vibrio* spp., que han sido reportadas en los sistemas de cultivo de penaeideos implican a al menos 14 especies, las cuales son: *Vibrio harveyi*, *V. splendidus*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus*, *V. campbelli*, *V. fischeri*, *V. damsella*, *V. pelagicus*, *V. orientalis*, *V. ordalii*, *V. mediterrani*, *V. logei*, etc. Las especies de *Vibrio* son parte de la microfauna natural en los camarones silvestres y de cultivo (Sinderman, 1990) y se convierten en patógenos oportunistas cuando los mecanismos de defensa natural están suprimidos (Brock y Lightner, 1990). Ellos están usualmente asociados con múltiples agentes estiológicos. Sin embargo, algunas especies de *Vibrio* spp., o cepas de ciertas especies, han sido identificadas como patógenos primarios (Owens y Hall-Mendelin, 1989; Owens *et al.*, 1992; Lavilla-Pitogo *et al.*, 1990; de la Peña *et al.*, 1995).

Vibrio parahaemolyticus, es una bacteria que se encuentra comúnmente en ambientes marinos y salobres, también ha sido reportada como patógeno para el humano. Sin embargo, no todas las cepas son patógenas, solo aquellas que poseen una o dos toxinas de la hemolisina directa termoestable (TDH), la cual es codificada por el gen *tdh*; y la hemolisina relacionada a la TDH (TRH) codificada por el gen *trh*. Existen métodos útiles para el diagnóstico de *V. parahaemolyticus*, tales como, los marcadores moleculares especie-específicos, como el gen *tth* (hemolisina termoestable) (Bej *et al.*, 1999). Actualmente, no existe un método para el diagnóstico de las cepas causantes del EMS/AHPNS que permita oportunamente detectar y diagnosticar esta seria enfermedad emergente, en Asia. Hasta ahora los países que han informado oficialmente de casos de EMS/AHPNS son China, Malasia, Tailandia y Vietnam (FAO, 2013), sin embargo, existen fuertes indicios que para México sea el mismo agente.

Los signos clínicos de la enfermedad incluyen letargo, crecimiento lento, el estómago e intestino vacíos y el hepatopáncreas pálido y atrófico (se trata de un órgano digestivo interno que cumple la función del hígado), a menudo con rayas negras y en 30 días de haber repoblado un estanque, comienza la mortandad a gran escala.

La propagación de la enfermedad parece estar relacionada con la proximidad a explotaciones ya infectadas o el transporte de camarón vivo infectado, por lo general juveniles utilizados para repoblar estanques.

IV. Problemática

Durante el año 2013 sucedieron mortalidades masivas de camarones en cultivo en el noroeste de México. Actualmente estas mortalidades atípicas se han presentado en toda la región noroeste que comprende más del 90% de la producción de camarón cultivado en México.

En el primer ciclo de cultivo, del año 2013, en granjas de Nayarit se presentaron mortalidades masivas en camarones recién sembrados. Como medida de control se aplicaron varios tipos de antibióticos sin éxito aparente. En vista del resultado muchas de estas granjas fueron cosechadas y vueltas a sembrar. En Sinaloa se presentaron mortalidades masivas bajo las mismas circunstancias, particularmente en granjas de Guasave y El Dorado; posteriormente las mortalidades se extendieron por todo el Estado.

El desarrollo de la enfermedad junto con estudios histológicos y bacteriológicos muestran una alta similitud con el Síndrome de la Mortalidad Temprana del camarón (EMS por sus siglas en inglés) donde se observa necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPNS por sus siglas en inglés) ocasionada por cepas de *Vibrio parahaemolyticus* (Tran *et al.*, 2003).

Esta enfermedad ha causado pérdidas multimillonarias en el cultivo de camarón en el noroeste de México y miles de empleos. En Sinaloa se calcula una pérdida económica de \$1,000 millones de

pesos con una reducción de casi 90% en la producción, en Sonora y Nayarit, las pérdidas han sido similares.

La falta de una herramienta confiable de diagnóstico ha evitado que se realice cualquier tipo de análisis, prevención, seguimiento, evaluación del problema y control biológico. Haciendo necesario desarrollar herramientas de control amigables con el medio ambiente que permitan disminuir las pérdidas y restablecer la productividad de los sistemas de cultivo de camarón.

V. Logros y Avances

Un equipo de investigadores de la Universidad de Arizona (UA) ha logrado aislar la cepa y utilizarla para infectar camarones sanos con EMS/AHPNS. Se trata del método científico conocido como postulado de Koch, que supone una prueba concluyente para los epidemiólogos. El descubrimiento de una etiología bacteriana en UA es un primer paso crucial en la búsqueda de medios eficaces de combatir el EMS/AHPNS.

Es sabido que no todas las cepas de *V. parahaemolyticus* son patógenas, solo aquellas que poseen una o dos toxinas de la hemolisina directa termoestable (TDH), la cual es codificada por el gen *tdh*; y la hemolisina relacionada a la TDH (TRH) codificada por el gen *trh*. Existen métodos útiles para el diagnóstico de *V. parahaemolyticus*, los marcadores moleculares especie-específicos, como el gen *tlh* (hemolisina termoestable) (Bej *et al.*, 1999), aun que, no existe un método para el diagnóstico de las cepas causantes del EMS/AHPNS que permita oportunamente detectar y diagnosticar esta seria enfermedad emergente.

Recientemente se ha retomado el uso de bacteriófagos como una alternativa para combatir bacterias infecciosas en agricultura, ganadería y en medicina humana. Han sido usados durante décadas y continúan siendo empleados principalmente en la antigua Unión Soviética (Sulakvelidze *et al.*, 2001).

Varios investigadores polacos han proporcionado datos convenientes sobre el tratamiento de infecciones bacterianas en humanos, principalmente casos crónicos en los que estaban implicadas

bacterias altamente resistentes a antibióticos; entre éstos se encuentran: *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli* (Sulakvelidze et al., 2001).

VI. Propósito de la Demanda

Diagnosticar y controlar los eventos de mortalidades atípicas en camarón en el noroeste de México.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Diseñar, probar y validar un sistema de diagnóstico en camarones por medio de un marcador molecular específico y generar un producto para el biocontrol.

7.2 Objetivos Específicos

- Identificar el agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Identificar el marcador molecular específico del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Diseñar, probar y validar un sistema de diagnóstico para detectar el marcador molecular específico de manera sensible
- Comprobar experimentalmente la patogenicidad del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Aislar, identificar y seleccionar bacteriófagos con capacidad de biocontrol del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Evaluar la capacidad del formulario a base de bacteriófagos, para el control del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Capacitar a acuicultores en el diseño del sistema para el diagnóstico y biocontrol en camarón.
- Desarrollo de nuevos productos bioactivos, naturales, no-tradicionales, elicitores e inmunomoduladores, utilizables como aditivos en el alimento balanceado de camarones, para incrementar la sanidad de los organismos cultivados y la inocuidad del producto cosechado.

VIII. Justificación

Desde 1985 en México se ha expandido considerablemente la acuicultura de camarón, con mayor incremento en las regiones del Noroeste de este país; posicionándolo como el tercer más grande productor de camarón de granja (Wurman *et al.*, 2004). El área total dedicada al cultivo de camarón en el Noroeste de México es de poco más de 57,000 ha⁻¹ en la zona costera de Sonora, Sinaloa y Nayarit, estados con alrededor de 560 granjas, cubriendo el 94% del total de camarón cultivado, con una producción un poco superior a los 92,000 ton⁻¹ (SAGARPA, 2006).

Tal como en el resto del mundo, el principal factor que limita el desarrollo sustentable de esta actividad son los brotes de enfermedades infecciosas.

Las mortalidades atípicas en camarón se han presentado en toda la región noroeste que comprende más del 90% de la producción de camarón cultivado en México. Esta enfermedad ha causado pérdidas multimillonarias en el cultivo de camarón en el noroeste de México y miles de empleos. En Sinaloa se calcula una pérdida económica de \$1,000 millones de pesos con una reducción de casi 90% en la producción.

Tener una forma de diagnóstico de esta nueva enfermedad permitirá realizar estudios de epidemiología y avanzar en los métodos de tratamiento para poder controlarla mediante procedimientos convencionales.

IX. Productos a entregar

- Reporte de la identificación del marcador molecular específico del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Protocolo para el diagnóstico del agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Informe de la validación del sistema de diagnóstico para el agente causal de las mortalidades atípicas en camarón.
- Informe de la evaluación experimental de la patogenicidad del agente causante de las mortalidades atípicas en camarón.

- Formulario a base de bacteriófagos para el biocontrol de cepas del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Reporte de la capacidad del formulario a base de bacteriófagos, para el control del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Validación del método transmitido a acuicultores sobre las nuevas tecnologías de diagnóstico y biocontrol del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Reporte técnico descriptivo de resultados obtenidos al utilizar medicamentos homeopáticos elicitores, para obtener mayor crecimiento y supervivencia, mayor resistencia al estrés por densidad de cultivo y mayor respuesta inmune ante la presencia de patógenos.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Reducción de gastos de producción al diagnosticar tempranamente el agente causal que producen las mortalidades atípicas en los cultivos de camarones y poder ser tratada a tiempo o descartado el lote.
- Aumento de la productividad del cultivo mediante el uso de acuicultura de conservación y métodos más eficientes de diagnóstico y biocontrol del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Reposicionamiento en el comercio de camarón nacional e internacional.

Social

- Disponibilidad de un protocolo para el diagnóstico temprano y biocontrol del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores Innovadores en el manejo de producción bajo acuicultura de conservación, diagnóstico y biocontrol del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Recuperación de empleo en las zonas afectadas por el SME/AHPNS.

Tecnológico

- Creación de un sistema para el diagnóstico sensible, preciso y exacto del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.
- Creación de un biocontrol del agente causal que producen las mortalidades atípicas en camarón.

Ecológico

- Disminución del uso de agentes químicos para el control del agente causal que producen las mortalidades atípicas en los cultivos de camarón mediante el uso de bacteriófagos como biocontrol y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.

XI. Literatura citada

Brock, J.A. y Lightner, D.V. 1990. Chapter 3: Diseases of Crustacea. In: O. Kinne (ed.) Diseases of Marine Animals Vol. 3, Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg. pp. 245-424.

de la Peña, L.D., Kakai, T. y Muroga, K. 1995. Dynamics of *Vibrio* sp PJ in organs of orally infected kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*. Fish. Pathol. 30: 39-45.

FAO, 2013. Desenmascarado el culpable de la muerte masiva de camarones. FAO News 3 de mayo de 2013, Roma. <http://www.fao.org/news/story/es/item/175495/icode/>

Lavilla-Pitogo, C.R., Baticados, C.L., Cruz-Lacierda, E.R. y de la Pena, L. 1990. Occurrence of luminous bacteria disease of *Penaeus monodon* larvae in the Philippines. Aquaculture 91: 1-13.

Owens, L. y Hall-Mendelin, 1989. Recent Advances in Australian shrimps (sic) diseases and pathology. Advances in Tropical Aquaculture, Tahiti, AQUACOP, IFREMER, Actes de Colloque 9: 103-112.

Owens, L., Muir, P., Sutton, D. y Wingfield, M. 1992. The pathology of microbial diseases in tropical Australian Crustacea. In: M. Shariff, R.P. Subasinghe and J.R. Authur (eds.) Diseases in Asian Aquaculture 1. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. pp. 165-172.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA. 2011.
Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011. Comisión Nacional de acuicultura y Pesca.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA. 2006
Coordinación General de Comunicación Social. www.sagarpa.gob.mx

Sindermann, C.J. 1990. Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish, Vol. 2, 2nd edition.
Academic Press, New York.

Tran, L., Nunan, L., Redman, R.M., Mohny, L.L., Pantoja, C.R., Fitzsimmons, K. y Lightner, D.V.
2013 Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. Disease of Aquatic Organisms 105:45-55.

Contactos 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