

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

CONVOCATORIA 2014-1



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2014-1

En atención a la problemática nacional en la que la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica) tiene especial relevancia, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha identificado un conjunto de demandas y necesidades del Sector, para ser atendidas por la comunidad científica, tecnológica y empresarial con el apoyo del “Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuacultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos”.

Estas demandas se han clasificado en los siguientes sistemas producto, cadenas de valor y tema(s) estratégico(s) transversal(es):

Sistemas Producto: Maíz, Papa y Bovinos

Cadenas Valor: Amaranto, Avena, Yuca y Malanga

Tema estratégico transversal: Edulcorantes-Caña de azúcar

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

Demanda 1

SISTEMA PRODUCTO MAIZ

I. Título tema a demandar:

Mejoramiento de maíz amarillo y de especialidad, y de la tecnología de producción en el centro y sur-sureste de México.

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores mexicanos de maíz; los consumidores de maíces de especialidad, y la industria de alimentos humanos y pecuarios.

III. Antecedentes:

México es el centro del origen y diversidad del maíz (*Zea mays L.*). Se han identificado cerca de 56 razas bien definidas (morfológica y genéticamente distintas), en muchas de las cuales hay un sinnúmero de variedades de los productores (Beadle, 1939; Wellhausen *et al.*, 1952; Hernández y Alanís, 1970; Ortega y Sánchez, 1989; Piperno y Flannery, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Ortega, 2003; Lazos y Chauvet, 2011). Es reconocido que los productores conservan la diversidad del cultivo por razones sociales, económicas y culturales, o cuando las variedades locales muestran un comportamiento agronómico superior al de las variedades mejoradas (Bellon y Brush, 1994; Bellon, 1996; Perales *et al.*, 2003; Bellon, 2004; Perales *et al.*, 2005; Latournerie *et al.*, 2006).

En el año 2013, en México se sembraron más de 80 millones de hectáreas de maíz y se registró una producción aproximada de 23.5 millones de toneladas. Según la base de datos nacional, del Sistema de Información Agropecuaria (SIAP), cerca del 99.5% de esta producción se comercializó en el mercado en forma de maíz de grano blanco o amarillo, y el 0.5% restante como maíz para especialidades que pese a su baja proporción representan un ingreso importante para los productores de pequeña escala.

Hay un gran interés en que México reduzca las importaciones y abastezca su consumo de maíz con producción propia en los próximos años. Para esto es necesario aumentar la productividad del maíz dándole a los productores acceso a tecnologías apropiadas, incluidos los insumos estratégicos como las semillas mejoradas y los fertilizantes; y diversificando la producción de maíz con maíces de especialidad (los de colores: amarillo, azul, negro, rojo y morado; el pozolero, el palomero, reventadores, eloteros y cerosos, entre otros).

La adopción de mejores tecnologías es un requisito para que los productores de maíz mejoren su competitividad. Se ha estimado que el potencial de producción sostenible de este cereal en México es de 52 millones de toneladas, de las cuales 28 millones serían factibles de lograr en el corto plazo (tres a seis años), sin incrementar la superficie sembrada y sin utilizar maíz transgénico, mediante la aplicación de tecnología de producción, variedades y prácticas de cultivo disponibles, desarrolladas por instituciones públicas nacionales de investigación y de educación superior (Turrent-Fernández, 2009).

De acuerdo con Copeland y McDonald (2001), las semillas de variedades mejoradas son el medio para incrementar el rendimiento y calidad de las cosechas, al servir como puente entre el mejoramiento genético (la investigación) y el productor. En este sentido las empresas semilleras deben ofrecer productos

que estén más disponibles y más accesibles a partir del desarrollo de atributos y servicios innovadores que no forman parte de la oferta actual, la gestión de los costos de producción para brindar precios más bajos y la ampliación de los canales de distribución para llegar a los productores en todo el país.

En el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, tiene un papel fundamental el aprovechamiento de los maíces criollos locales. En ciertas partes del país es posible que ya exista germoplasma, en forma de las variedades locales, que sería adecuado para sembrar bajo las nuevas condiciones que se predicen como resultado del cambio climático (Bellon *et al.*, 2011; Guarino y Lobell, 2011; Mercer *et al.*, 2012; Ureta *et al.*, 2012). En el complejo genético primario del maíz y sus parientes silvestres, existe diversidad genética no aprovechada en forma de caracteres y alelos novedosos (Ortiz *et al.*, 2009), que se podría utilizar para generar nuevas variedades de alto rendimiento y con tolerancia al estrés, mediante la aplicación de los métodos convencionales. Como tal, las variedades criollas locales pueden ser una herramienta importante dentro del arsenal de tecnologías y prácticas que serán necesarias para hacer frente al cambio climático y la generación de maíces de especialidad.

Los maíces para especialidades que incluyen los maíces de colores (azul, negro, rojo, morado, etc.), el palomero, reventadores, eloteros y cerosos entre otros, son apreciados por los consumidores por sus características culinarias, como el color, la textura, el sabor y su uso en varios platillos típicos. Los productos provenientes de los maíces con usos especiales incluyen también las hojas de mazorca (“totomoxtle”) utilizadas en la producción artesanal o para envolver tamales (platillo elaborado con masa de maíz). Estos productos con frecuencia provienen en la actualidad de los maíces criollos porque, en general, se considera que dan productos de mayor calidad (King, 2006; Keleman y Hellin, 2009; Keleman *et al.*, 2013).

El maíz para especialidades suele recibir un sobreprecio en comparación con el común que se vende en los mercados a granel y en algunos mercados especializados, ya que son más accesibles para los agricultores que producen volúmenes pequeños del grano. El maíz azul recibe un sobreprecio aproximado de 10 a 15 por ciento en comparación con el maíz blanco. Los productores que venden directamente a las procesadoras reciben un sobreprecio todavía mayor. Aunque es posible encontrar productos elaborados con maíz azul en los restaurantes, el habitante urbano en México acostumbra consumir estos productos en puestos ubicados en las calles o en las plazas. Pese a que la producción de antojitos implica mayores costos de mano de obra y de insumos, genera un buen ingreso para las familias y las empresas pequeñas.

Los mercados especializados existentes son un fuerte incentivo para que los productores sigan sembrando las variedades de maíz azul y pozolero entre otros. Por ende, es necesario realizar más investigación para descubrir hasta qué punto estas variedades contribuyen a mantener la agrobiodiversidad en el campo. Es importante señalar que los mercados especializados existentes no garantizan la conservación debido a que no aceptan todo tipo de variedades de maíz. Por ejemplo, hay poca demanda de mercado para los maíces rojo y amarillo, y el maíz palomero de tierras altas ya casi ha desaparecido (Ortega, 2003).

Si bien el estudio de las variedades locales de los productores fue desencadenado por la preocupación por su pérdida, en el contexto de la introducción de las variedades mejoradas (Harlan, 1975), los estudios básicos detallados (Brush, 1995; Bellon y Hellin, 2011) han resaltado no solo la vulnerabilidad de las variedades criollas, sino también su gran persistencia. A pesar de los varios decenios de mejoramiento formal y promoción de las variedades resultantes, gran parte de los productores mexicanos sigue sembrando sus variedades locales de

maíz (Barkin, 2002). La ineficiencia de las cadenas de semilla explica en parte la no adopción del maíz mejorado, pero también es cierto que los productores toman la decisión deliberada de seguir sembrando las variedades criollas. Existen evidencias de que esto se debe en parte a la existencia de mercados especializados de maíz, que aceptan y a veces exigen características que solo los maíces criollos poseen (Keleman y Hellin, 2009). Este hecho abre las posibilidades de seguir sembrando los maíces criollos, con salida en varios mercados lucrativos, o sea nichos de mercado, aun cuando tengan una aceptación menor en el mercado de grano blanco a gran escala.

En cuanto al comportamiento agronómico, los productores citan con frecuencia la confianza que tienen en los maíces criollos por ser opciones resistentes y predecibles, en comparación con las variedades “modernas”, producto del mejoramiento formal (Arellano y Arriaga-Jordán, 2001). También hay observaciones que apoyan la posibilidad de que las variedades locales sean más confiables que las mejoradas (Bellon *et al.*, 2011; Bellon y Hellin, 2011; Brush, 1995). En los casos donde se cultivan terrenos marginales, las variedades mejoradas que los científicos identifican como superiores en condiciones experimentales, en realidad pueden rendir menos bajo las condiciones de los productores, debido a las interacciones genotipo x ambiente que no se manifiestan en los datos recogidos en las parcelas experimentales (Ceccarelli, 1989; Bellon *et al.*, 2005).

En este contexto, se requiere identificar y desarrollar maíces mejorados con especialización para la industria pecuaria, agroindustrial y alimentaria, tolerantes a plagas y enfermedades y de la tecnología para su producción sustentable en diferentes regiones agroecológicas.

IV. Problemática:

Si bien existen avances tecnológicos significativos a lo largo del sistema producto, a juicio de investigadores y representantes de la industria (Taller de Vinculación “Maíz”; SNITT, 2014), la problemática que enfrenta actualmente la cadena de valor del maíz en México debe orientarse a la siguiente temática:

Es necesario incrementar la producción de maíz de grano amarillo para subsanar la demanda y reducir la importación anual de más de 10 millones de toneladas de grano entero y quebrado (Espinosa *et al.*, 2008), cantidad que se usa para: elaborar alimentos forrajeros, extraer almidones, en la industria cerealera y botanera, así como para otros usos industriales. Alrededor de 2.3 millones de toneladas son procesadas por la Industria de Derivados Químicos y Alimenticios del Maíz (Tadeo y Espinosa, 2004; Tadeo *et al.*, 2010).

Se estima que la producción de maíz azul en el Altiplano Central de México es de 200 mil toneladas al año; sin embargo, la demanda real podría ser de más de 300 mil, ya que el precio de compra de maíz azul se mantiene todo el año 70% arriba del de maíz blanco. La demanda estimada se podría satisfacer si los rendimientos promedio actuales por hectárea pasan de 2.5 a 3.75 t ha⁻¹ en la actual superficie sembrada. Lograr un aumento de 1.25 t ha⁻¹, aparentemente no es un problema agronómico ya que se puede elevar la producción con mejores variedades de polinización libre o con híbridos, considerando que el rendimiento por hectárea se puede elevar entre 50 y 60% debido a la contribución genética del híbrido (Duvick, 2005; Lee and Tollenaar, 2007).

El volumen de importación nacional de maíz palomero anualmente fluctúa entre 30 y 40 mil toneladas, lo que representa una fuga de divisas para el país del orden de 300 a 400 millones de pesos.

Se requiere la identificación de maíces criollos que puedan ser fuente de germoplasma para la obtención de variedades de maíces mejorados con especialización para la industria pecuaria, agroindustrial y alimentaria, tolerantes a plagas y enfermedades.

Los productores no tienen conocimientos referentes al manejo agronómico adecuado de progenitores, híbridos, variedades nativas y mejoradas, con potencial de rendimiento y adaptación a las diferentes regiones agroecológicas del país, para la producción de semillas.

No se cuenta con variedades mejoradas de maíz amarillo y de especialidad, con rendimiento del grano y estabilidad igual o superior que las variedades de grano blanco, para las regiones agrícolas de Valles Altos, Subtropical y Tropical de México.

No se cuenta con sistemas de producción basados en la utilización de insumos locales como semillas, fertilizantes y bioinsecticidas; y los usos eficientes de los mismos y que permitan la reducción costos de producción.

No se han desarrollado estudios sobre el efecto del cambio en el patrón del clima en la producción de maíz y medidas de ajuste-adaptación-remediación, en nichos ecológicos nuevos y plagas y enfermedades.

V. Logros y avances:

Existe el potencial para identificar y enfocar el mejoramiento del maíz, sobre todo en las características de calidad de los maíces criollos. A lo largo de la historia, los fitomejoradores han dedicado relativamente poca atención a la mayoría de las variedades criollas o a los aspectos de calidad; los esfuerzos se han enfocado, en

especial, al aumento del rendimiento al aprovechar los patrones heteróticos más conocidos. En el futuro, el enfoque del fitomejoramiento debería ampliarse, es decir, mantener su énfasis en optimizar el rendimiento de grano y la tolerancia al estrés, mientras se abre para incluir la gama de características de calidad culinaria para las cuales existe una demanda de mercado. Es probable que este tipo de investigación dé como resultado estrategias de vida más seguras para un gran número de productores que hasta ahora no han disfrutado del pleno beneficio de la investigación agrícola.

Un ejemplo del aprovechamiento de los maíces de especialidad es el caso del maíz azul, el cual presenta un sabor más intenso y más dulce que las otras variedades sembradas para el consumo humano. Su consistencia granulada produce una tortilla un poco más densa que las elaboradas con harina de maíz blanco o amarillo. En México hay una gran diversidad de variedades de maíz azul que pertenecen a distintas razas; asimismo existe una gran variabilidad en tamaño, densidad y dureza de grano, y en su composición química (Agama *et al.*, 2011; Salinas-Moreno *et al.*, 2012). En las diferentes regiones productoras de maíz azul se cultivan variedades criollas: en los Valles Altos de la Mesa Central predominan las razas Chalqueño para riego y el Cónico para temporal, aunque también se pueden encontrar Cacahuacintle y Palomero Toluqueño, mientras que en el noroeste la raza que se emplea es Tabloncillo ((Agama *et al.*, 2011).

Algunos avances en mejoramiento genético de maíces amarillos y de especialidad son los siguientes:

1. Márquez, 2009, hace un recuento de las variedades nativas mejoradas o sobresalientes que han surgido de diferentes programas de fitomejoramiento y están disponibles para su reproducción de semilla, para las diferentes regiones del país, a través de los Campos Experimentales del INIFAP y de instituciones de enseñanza como la UACH, UAAAN, CP (Colpos) y U de G,

entre otras. Esta revisión de las variedades criollas mejoradas en nuestro país fundamenta que el campesino de bajos recursos tendrá acceso al germoplasma mejorado con las variedades de polinización libre y las variedades sintéticas. Se detectó un total de 130 poblaciones mejoradas de ese tipo, catalogadas en México por el INIFAP y más 55 poblaciones mejoradas por las universidades públicas.

2. Coutiño *et al.*, 2008 reporta avances de investigación a través de selección recurrente para incrementar el contenido de aceite en maíz comiteco. Utilizó en este estudio la variedad 'Teopisca-A' (maíz amarillo), logrando cambios significativos en caracteres de mazorca y grano, al incrementar la longitud, el peso y el número total de granos por mazorca; además, se lograron ganancias en peso del grano y en contenido de aceite, asociados con reducciones en contenido de proteína.
3. Coutiño *et al.*, 2010 evaluó seis variedades criollas de maíz sobresalientes por sus cualidades eloteras y sus 15 cruzas directas en dos localidades de Chiapas, con objeto de conocer su aptitud combinatoria general y específica, y la heterosis manifestada en las cruzas para el contenido de azúcares (medida en Brix). Encontró que sólo los efectos génicos aditivos fueron estadísticamente significativos ($P \leq 0.05$), lo que indica que esta característica elotera puede ser mejorada en las variedades criollas de mayores efectos de aptitud combinatoria general mediante el uso de esquemas de selección recurrente para explotar la varianza aditiva presente.
4. Arellano *et al.*, 2010, reporta la evaluación de 14 híbridos trilineales y 10 variedades sintéticas de maíz azul con adaptabilidad a altitudes de 2 300 a 2 700 m generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz Pigmentado del Campo Experimental Valle de México, del INIFAP.
5. Algunas variedades e híbridos comerciales de maíz azul que se reportan son: H-512Az' y el 'H-505Az' que se siembran y comercializan bajo la marca Águila en los Estados de Querétaro y Chihuahua. En el Estado de México un criollo

mejorado de ICAMEX se comercializa con el nombre de 'Negro Carioca' (Salinas-Moreno *et al.*, 2012). El INIFAP ha generado las variedades 'V-39 Cocotitlán' para la zona de temporal de Chalco-Amecameca en el Estado de México, 'V-45 Sierra Negra' para la región de Serdán- Tlachichuca-El Seco en el Estado de Puebla, 'V-43 AZ Malintzi' para los Estados de Tlaxcala e Hidalgo, y 'V-41 AZ Citlali' para Tlaxcala (INIFAP, 2006 y 2009).

6. El INIFAP en Guerrero, ha generado la variedad de polinización libre V-237 AN, con características agronómicas superiores a la población original, al haber disminuido la altura de planta y mazorca en 32 y 25 cm respectivamente; mayor resistencia al acame y mejor anclaje además, se estrechó la sincronía entre la floración masculina y femenina a dos días, lo que permite que disminuya el porcentaje de plantas improductivas (horras) en 5%. Por otra parte, debido al método de selección aplicado, se ganó en área de adaptación del maíz a la región semicálida con altitudes intermedias, de 1200 a 1800 msnm; con respecto a la producción de grano, la nueva variedad de maíz ancho V-237 AN supera el rendimiento de grano del criollo del productor de 5 a 10% (Gómez *et al.*, 2014).
7. El INIFAP inició en 2008, un proyecto nacional de mejoramiento genético de maíz palomero, el cual generó la variedad de polinización libre V460P, registrada en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), con el número MAZ-1353-190712. Tiene un potencial para rendimiento de grano de 5 t ha⁻¹ en condiciones de riego y 2.3 t ha⁻¹ en temporal. Su área de adaptación abarca la región Huasteca, comprendida por el oriente de San Luis Potosí, el norte de Veracruz y sur de Tamaulipas, en condiciones de riego o de temporal, suelos arcillosos, clima AW0 en un rango de altitud de 0 a 300 msnm. Posee una altura de planta promedio de 2.55 m y tallo delgado (10 a 15 mm) (Valadez *et al.*, 2014).

VI. Propósito de la demanda:

Obtención de variedades mejoradas de maíz amarillo y de especialidad, y generar su tecnología de producción sustentable en diferentes regiones agroecológicas del Centro y Sur-Sureste de México, para contribuir a la soberanía alimentaria.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Identificar y describir variedades e híbridos de maíz amarillo y de especialidad, y desarrollar la tecnología de producción sustentable en diferentes regiones agroecológicas de México (Centro y Sur-Sureste).

7.2 Objetivos específicos:

1. Identificar, evaluar, y describir variedades mejoradas o híbridos competitivos de maíz amarillo y de especialidad (pigmentados, reventadores, pozoleros, eloteros y cerosos) aptas para sistemas de producción sustentable en las regiones centro y sur-sureste del país.
2. Completar, evaluar y describir materiales avanzados (híbridos y variedades) y competitivos de maíz amarillo y de especialidad (pigmentados, reventadores, pozoleros, eloteros y cerosos) aptas para sistemas de producción sustentable en las regiones centro, sur y sureste del país.
3. Desarrollar tecnología para procesos sustentables de producción (arreglo topológico-densidad de siembra, nutrición-fertilización, uso eficiente del agua de riego, control de malezas, manejo integrado de

- plagas y enfermedades) para las regiones [Centro: Valles Altos y El Bajío; y Sur-sureste: Trópico Seco y Trópico Húmedo].
4. Evaluar la calidad forrajera, industrial y para consumo humano de las variedades identificadas y concluidas.
 5. Explorar dentro de la diversidad genética, caracteres de resistencia-tolerancia a factores adversos (sequía, calor, granizada, heladas, plagas y enfermedades).
 6. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología-capacitación- asistencia técnica, vinculado a las innovaciones tecnológicas disponibles y generadas en el proyecto para incrementar la productividad y rentabilidad sustentable de maíz.
 7. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de maíz amarillo y de especialidad (estadísticas, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas).

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Establece en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico,

humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 25 de Agosto de 2014, con Investigadores, Productores, Asociaciones y Empresas, de la cadena de valor de maíz. El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de investigación, que aporten a elevar la producción y productividad del cultivo de maíz amarillo y de especialidad, para contribuir en la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

México es centro de origen y de diversidad genética de diversas especies de interés agrícola, dentro de las que destaca el maíz. El país posee una gran diversidad de maíces, de diferentes tipos adaptados a diferentes condiciones ambientales y sistemas agrícolas. Hay variedades de maíz para cada requerimiento específico, con diferente altura de planta, diferente tolerancia a calor, frío o sequía, con diferente adaptación a tipos de suelo y altitud, desde el nivel del mar hasta alrededor de 3 mil metros de altitud. Crece en regiones con menos de 400 mm de precipitación anual así como en regiones con más de 3 mil milímetros de lluvia. Esta gran riqueza genética de maíz es producto de la selección y adaptación a través de miles de años de domesticación, de cultivo, de adaptación, de co-evolución con sus plagas y enfermedades y de selección por parte de las comunidades nativas de Mesoamérica, y es por lo tanto un bien

público que el Estado debe salvaguardar, estudiar, mejorar, promover y aprovechar de manera sustentable.

El maíz es el principal cultivo en México. Representa poco más del 30% de la producción agrícola nacional con 23.5 millones de toneladas, siendo los principales estados productores Sinaloa, Tamaulipas, Guanajuato, Chihuahua, Chiapas, Jalisco, Estado de México, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Michoacán y Guerrero (SIAP, 2013). Para completar la demanda nacional, se importan 9.4 millones de toneladas, principalmente de maíz amarillo. La industria consume el 86% del total del maíz en México, segmentada en los sectores industriales de harina de maíz, masa y tortilla, almidón, edulcorantes y alimentos balanceados para consumo animal.

En el mercado existe una amplia gama de variedades mejoradas comerciales; sin embargo, esta tecnología no está al alcance de muchos agricultores, porque muchas veces no es posible conseguir una variedad específica a una zona o porque su precio es muy elevado; o porque muchas de esas variedades no contienen todas las características que los agricultores requieren. Adicionalmente, los maíces para especialidades que incluyen los de colores (azul, negro, rojo, morado), el pozolero, el palomero, reventadores, eloteros y cerosos, entre otros, que son altamente apreciados por los consumidores por sus características culinarias, como: el color, la textura, el aroma, el sabor y porque cumplen con las características específicas necesarias para la preparación de varios platillos típicos o para procesos de industrialización.

En este contexto resulta importante el impulso al mejoramiento genético del maíz amarillo y de especialidad de alta calidad artesanal e industrial, y la generación o innovación de sus tecnologías de producción sustentable para diferentes regiones agroecológicas.

IX. Productos a entregar:

1. Al menos tres variedades o híbridos mejorados de maíz amarillo y de especialidad por región [Centro: Valles Altos y El Bajío; y Sur-sureste: Trópico Seco y Trópico Húmedo], competitivos en rendimiento, calidad y comportamiento agronómico, con sus respectivos documentos de descripción con fines de registro y protección.
2. Manual de la(s) tecnología(s) de producción sustentable de los híbridos y variedades obtenidos, por región agroecológica, en versiones para técnicos y para productores para inducirlos y capacitarlos en la aplicación de las tecnologías generadas.
3. Documento con protocolos y resultados de evaluación de la calidad nutritiva, industrial, forrajera y específica (acorde al uso), de los maíces mejorados.
4. Al menos un material genético por región agroecológica (variedad o híbrido) con caracteres de tolerancia-resistencia a sequía, calor, granizada, heladas, plagas o enfermedades, con su respectiva descripción para su registro y protección.
5. Documento con la caracterización y los avances-resultados de aplicación del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
6. Documento de diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de maíz amarillo y otros para usos especiales, con el fin de conocer el estado actual y potencial de esos tipos de maíz y contribuir a la integración de la agenda nacional de investigación.

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 maíz en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria.
- 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, aspectos que contribuyen a la seguridad alimentaria del país.

Social

- Disponibilidad de variedades nacionales con diferentes propósitos, ya sea para uso humano, industrial, artesanal o pecuario, para diferentes regiones agroecológicas.
- Mejores políticas públicas para los productores de maíz, los industriales, ganaderos y artesanos relacionados con maíz.
- Transferencia de tecnología y capacitación a productores innovadores en el manejo del sistema de producción bajo agricultura de conservación-sustentable y en la producción de su propia semilla para siembra.
- Generación de empleo en las zonas productoras de maíz en México.

Tecnológico

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

- Implementación de mejores tecnologías y sistemas de producción (incremento de la 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.
- Contribución a la restauración de las poblaciones de flora y fauna benéficas del suelo y de ambiente natural en general
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos mediante el uso racional de fertilizantes, biofertilizantes y otros tipos de abonos en las diferentes zonas agroecológicas productoras de maíz en México.
- Producción sustentable de maíz mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas.

XI. Literatura citada:

- Agama A. E., Y. Salinas M., G. Pacheco V., L. A. Bello P. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2:317-329.
- Arellano H. A. y C. Arriaga-Jordán. 2001. Why improved maize (*Zea mays*) varieties are utopias in the highlands of central México. *Convergencia* 8:255-276.
- Arellano V. J. L., A. J. Gámez V. y M. A. Ávila P. 2010. Potencial agronómico de variedades criollas de maíz cacahuacintle en el valle de Toluca. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 33 (Núm. Especial 4): 37 – 41.
- Barkin D. 2002. The reconstruction of a modern Mexican peasantry. *J. Peasant Stud.* 30:73-90.

- Beadle G. W. 1939. Teosinte and the origin of maize. *J. Hered.* 30:245-247.
- Bellon M. R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. *Econ. Bot.* 50:26-39.
- Bellon M. R. 2004. Conceptualizing interventions to support on-farm genetic resource conservation. *World Develop.* 32:159-172.
- Bellon M. R. y S. B. Brush. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Econ. Bot.* 48:196-209.
- Bellon M. R. y J. Hellin. 2011. Planting hybrids, keeping landraces: agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *World Develop.* 39:1434-1443. Doi:10.1016/j.worlddev.2010.12.010.
- Bellon M., D. Hodson., D. Bergvinson, D. Beck., E. Martínez R. y Montoya. 2005. Targeting agricultural research to benefit poor farmers: Relating poverty mapping to maize environments in Mexico. *Food Policy* 30:476-492.
- Bellon M. R., D. Hodson, J. Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 108:13432-7. doi:10.1073/pnas.1103373108.
- Brush S. B. 1995. *In situ* conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop Sci.* 35:346-354
- Ceccarelli S .1989. Wide adaptation: How wide? *Euphytica* 40:197-205.
- Coutiño E.B., G. Vázquez C., B. Morales T., Y. Salinas M. 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 31 (núm. Especial3): 9-14.
- Coutiño E. B., V. A. Vidal M., B. Cruz G. y C. Cruz V. 2010. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Rev. Fitotecnia Mexicana* vol.33 (4): 57 – 61

- Copeland L. O. y M. B. McDonald. 2001. Principles of Seed Science and Technology. 4th ed. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, USA. 467 p.
- Duvick, D. N. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea Mays* L.) Adv. Agron. 86:83-145.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., A. Turrent F., N. Gómez M., M. Sierra M., F. Caballero H., R. Valdivia B., F. Rodríguez M. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. Ciencias 92-93:118-125.
- Gómez M. N. O., M. A. Cantú A., C A Hernández G., M. G. Vázquez C., F. Aragón C., A. Espinosa C. y F. Palemón A. 2014. V-237 AN, cultivar mejorado de maíz "Ancho Pozolero" para la región semicálida de Guerrero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 7 01 de abril - 15 de mayo, 2014 p. 1315-1319.
- Guarino L, D. B. Lobell. 2011. A walk on the wild side. Nature Clim. Change 1;374-375. doi:10.1038/nclimate1272.
- Harlan J. 1975. Our vanishing genetic resources. Science 188:618-621.
- Hernández X. E, y G. Alanís F. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México. Agrociencia 5:3-30
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2006. Innovaciones Tecnológicas 2005. Para Mejorar la Competitividad y Sostenibilidad de las Cadenas Agroalimentarias y Agroindustriales. Folleto Técnico 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México D.F. 120 p.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2009. Informe Anual de Actividades 2008. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México D.F. 60 p.

- Keleman A, y J Hellin. 2009. Specialty maize varieties in Mexico: A case study in market-driven agro-biodiversity conservation. *J. Latin Amer. Geogr.* 8:147-174.
- Keleman A, J Hellin, D Flores. 2013. Diverse varieties and diverse markets: scale-related maize “profitability crossover” in the central Mexican Highlands. *Hum. Ecol.* DOI 10.1007/s10745-013- 9566-z.
- King A. 2006. Trade and totomoxtle: Livelihood strategies in the Tontonacan region of Veracruz, Mexico. *Agric. Human Values* 24:29-40
- Latournerie M. L., J. Tuxill, E. Yupit M., L. Arias R., J. C. Alejo, D. I. Jarvis. 2006. Traditional maize storage methods of mayan farmers in Yucatan, Mexico: Implications for seed selection
- Lazos E. y M. Chauvet. 2011. Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto Global de Maíces, Informe de Gestión, CONABIO. Disponible en: <http://www.bergfiles.com/i/bf4a076dfbh32i0>.
- Lee, E. A. and Tollenaar M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Sci.* 47:202-215.
- Márquez S., F. 2009. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. CRUO Universidad Autónoma Chapingo. En: Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Julio-Diciembre, 2008.
- Matsuoka Y, Y Vigouroux, M M Goodman, J Sanchez G, E Buckler, J. Doebley. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084.
- Mercer K. L., H. R. Perales, J. D. Wainwright. 2012. Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and

maize landraces in Mexico. *Global Environ. Change* 22:495-504.
doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003.

Ortega P. R. 2003. La diversidad del maíz en México. In: Sin Maíz No Hay País. G Esteva, C Marielle (eds). Consejo Nacional para las Culturas Populares: México, D.F. pp: 123-154.

Ortega P. R. y J. J. Sánchez G. 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz de las partes altas de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 12:105-119.

Ortiz R, S. Taba., V. H. C. Tovar., M. Mezzalama, Y. Xu, J. Yan, J. H. Crouch. 2009. Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods: A perspective from CIMMYT. *Crop Sci.* 50:13-28.

Perales H. R., B. F. Benz, S. B. Brush. 2005. Maize diversity and ethno-linguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102:949-954.

Perales H. R., S. B. Brush, C. O. Qualset. 2003. Dynamic management of maize landraces in central Mexico. *Econ. Bot.* 57:21-34.

Piperno D. R. y K. V. Flannery. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 2101-2103.

Salinas-Moreno Y., J. J. Pérez-Alonso, G. Vázquez-Carrillo, F. Aragón-Cuevas, G. A. Velázquez-Cardelas. 2012. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas Chalqueño, Elotes Cónicos y Bolita. *Agrociencia* 47:815-825.

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Estadística Básica Agrícola, Anuario 2005. Disponible en: www.siap.gob.mx. (Septiembre 2014)

Tadeo R. M. y A. Espinosa C. 2004. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Rev. FESC Divulg. Científ. Multidisc.* 14:5-10.

- Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Valdivia B., N. Gómez M., M. Sierra M., B. Zamudio G. 2010. Vigor de las semillas y productividad de variedades de maíz. *Agron. Mesoam.*21:31–38.
- Turrent-Fernández A. 2009. El potencial productivo de maíz. *Ciencias* 92-93:126-129.
- Ureta C, E. Martínez-Meyer, H. R. Perales, E. R. Álvarez-Buylla. 2012. Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Glob. Change Biol.* 18:1073-1082.
- Valadez G. J., N. O. Gómez M., R. E. Preciado O., C. A. Reyes M. y A. Peña R. 2014. V460P, variedad de maíz palomero para la región de Las Huastecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 7* 01 de abril - 15 de mayo. p. 1303-1308.
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts, E. Hernández X. 1952. Races of Maize in Mexico. The Bussey Institution of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 223 p.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez
Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA
Teléfono: (55) 3871-1000 ext. 33312 y 33328
Correo Electrónico: belisario.dominguez@sagarpa.gob.mx

Demanda 2

CADENA DE VALOR AVENA

I. Título tema a demandar:

Evaluación y desarrollo de variedades, tecnología e innovaciones para el incremento de la productividad integral de la cadena de valor de avena.

II. Beneficiarios del proyecto:

Los productores e integrantes de la cadena de valor de avena de las zonas agroecológicas Bajío, Norte y Valles Altos.

III. Antecedentes:

La avena (*Avena sativa* L.) es una planta herbácea anual originaria de Asia, perteneciente a la familia de las gramíneas. Los géneros de avena comprenden alrededor de 70 especies, aunque las más cultivadas son *Avena sativa* L. y *Avena bizantina* K., a veces conocidas como avena blanca y avena roja, las cuales son hexaploides de $2n = 42$ cromosomas. Su domesticación se produjo mucho más tarde que el trigo y la cebada.

Es un cultivo de importancia económica, ocupando el sexto lugar en la producción mundial de cereales y la producción alcanza aproximadamente 25 millones de toneladas anuales (Saskatchewan Ministerio de Agricultura, 2013). Una gran parte de la producción de avena se utiliza como forraje en la alimentación del ganado como consecuencia de su excelente calidad de proteína. En particular para caballos y aves de corral, ya que tiene un alto contenido de aminoácidos

esenciales, una rica diversidad de vitaminas y sustancias minerales (Badaeva *et al.*, 2011).

El grano de avena se utiliza comúnmente en la industria alimentaria para productos básicos como harinas. Además, con el recién reconocimiento de los beneficios nutricionales ha dado lugar a un aumento de la demanda para el consumo humano.

Los beneficios de la avena se atribuyen en gran medida a la beta-glucano, una fibra soluble que ayuda a regular el azúcar en la sangre, disminuir el colesterol, y reduce el riesgo de enfermedades del corazón (Saskatchewan Ministerio de Agricultura, 2013).

Las características agronómicas de la avena son raíces más abundantes y profundas que las de otros cereales, lo cual le permite absorber mejor los nutrientes del suelo y por ello requiere menos fertilizantes. La avena es una planta de climas fríos, muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. Exige mucha agua para su desarrollo porque presenta gran transpiración. Es poco exigente en suelos, pues se adapta a terrenos muy diversos (SIAP, 2014).

La avena fue introducida a México después de la conquista de los españoles; su siembra se ha realizado fundamentalmente en regiones de temporal de baja precipitación, en climas semiáridos del norte y centro del país (Jiménez, 1992).

En México durante la década de los 60 a 80 se sembraron entre 250 mil a 350 mil hectáreas, en 1996 el área sembrada se incrementó a 420 mil hectáreas, una década más tarde (2006) la superficie legó a las 800 mil hectáreas, actualmente (2013) la superficie sembrada sigue estando cerca de las 800 mil h, al igual que su producción y rendimiento (SIAP, 2014).

IV. Problemática:

Las regiones semiáridas de la República Mexicana que no disponen de agua para riego enfrentan el problema de la escasa y mal distribuida precipitación pluvial durante el periodo de cultivo, condición que determina los reducidos rendimientos de la avena y su baja rentabilidad (González-Estrada *et al.*, 2007).

Según González *et al.* (2007), las principales limitantes en la producción de avena son la roya del tallo y la sequía. Los perjuicios ocasionados por esta enfermedad se valoran en varios cientos de millones de pesos anualmente. La manera más efectiva de reducir sus pérdidas, que llegan a ser hasta del 70% (Leyva *et al.*, 2005) y disminuir la producción de forraje de mala calidad es la generación de variedades con resistencia (Espitia *et al.*, 2003). Para mitigar los efectos de sequía, el uso de variedades tolerantes, manejadas con sistemas eficientes de siembra que permitan captar y conservar humedad (Villaseñor-Mir y Espitia-Rangel, 2000). Sin embargo, la poca variabilidad genética en el país resulta una fuerte limitante en la generación de nuevas variedades.

Si bien el uso de la avena como forraje se ha extendido en el país, incrementándose la producción en la última década, un gran problema que afecta a la comercialización de la avena de grano para consumo humano es la poca demanda de este cereal en México. La dieta del mexicano no incluye el consumo regular de la avena, entre otros factores, por falta de información de su contenido alimenticio. Esto ha ocasionado que no se le haya dado mayor importancia al cultivo y desarrollo de este cereal (ProChile 2011).

Adicional a los problemas de sequía y enfermedades, otras problemáticas planteadas por diferentes actores (productores, beneficiadores y procesadores; Taller Vinculación Avena SNITT, 2014) en la cadena de valor de avena en México son: Faltan variedades apropiadas para las principales regiones productoras de alto rendimiento y calidad de forrajes y de grano (alto valor nutritivo y calidad

nutracéutica); Faltan sistemas de producción diferenciados por región y usos; Poca diversificación en los usos industriales actuales del grano de avena; Falta de control en la producción y abastecimiento de semilla; No existe un modelo de transferencia de tecnología y asistencia técnica a productores.

V. Logros y avances:

Respecto a los programas de mejoramiento de avena en México se iniciaron en 1960 por el entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y actual Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con la introducción de variedades provenientes de los Estados Unidos de América y de Canadá. De esa fecha al 2003 se han liberaron 26 variedades de avena, entre las que destaca *Chihuahua* y *Cuauhtémoc*, las cuales continúan sembrándose hasta la fecha (González-Estrada *et al.*, 2007). En el 2009 esta misma institución presenta una nueva variedad de avena llamada *Turquesa*.

En el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales de 2012 por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, indican 20 variedades de avena grano en México con registro provisional o definitivo, la mayoría solicitadas por INIFAP, que son: Arareco, Avemex (Cevamex), Babicora, Bachiniva, Chihuahua, Cuauhtémoc, Cusarare, Cusihuirachi, Karma, Menonita, Obsidiana, Pampas, Papigochi, Raramuri, Teporaca, Turquesa, UANL Borrada Precoz, UANL Chichimeca, UANL Marín y UANL Mezcalera.

A pesar que sólo se conocen bien dos de estas variedades de avena en México, este sigue siendo una buena opción para los agricultores como cultivo emergente cuando otros no prosperan por condiciones de sequía y bajas temperaturas, por ello la superficie sembrada a nivel nacional se ha mantenido los últimos cinco años cerca de las 800 mil hectáreas, con una producción promedio de 10 mil toneladas por año (SIAP, 2014).

VI. Propósito de la demanda:

Desarrollar mejores sistemas de producción con variedades competitivas para las condiciones y requerimientos de las diferentes regiones, la transferencia de tecnología y la innovación de productos agroindustriales.

VII. Objetivos:

7.1 Objetivo general:

Identificar y describir variedades de avena de grano, forraje y doble propósito; desarrollar tecnología de producción sustentable; y nuevos productos agroindustriales para consumo humano.

7.2 Objetivos específicos:

1. Evaluar y describir variedades de avena competitivas en rendimiento (grano, forraje o ambos) y comportamiento agronómico para las principales regiones productoras (Centro: El Bajío y Valles Altos; y Norte).
2. Identificar, evaluar y describir variedades avanzadas competitivas de avena en rendimiento (grano, forraje o ambos) y comportamiento agronómico para las principales regiones productoras (Centro: El Bajío y Valles Altos; y Norte).
3. Desarrollar tecnología de producción sustentable de avena, para grano, forraje (alimentación humana y pecuaria) y doble propósito.
4. Desarrollar nuevos productos de alto valor agregado para diversificar los usos industriales actuales del grano de avena.
5. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, vinculado a las innovaciones tecnológicas disponibles y

generadas en el proyecto para incrementar la productividad y rentabilidad sustentable de avena.

6. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de avena (estadística, principales zonas de producción de grano, forraje y semilla, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas).

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 26 de Agosto de 2014, con Investigadores, Productores y Empresarios, de la cadena de valor de avena. El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de

investigación , que aporten a elevar la productividad del cultivo de avena y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

Las principales demandas y necesidades planteadas en el Taller fueron la necesidad de crear sistemas de producción y tecnología específica para cada región productora; más variedades con calidad nutraceúticos del grano, resistencia a enfermedades y eficientes en uso de Nitrógeno; sistemas eficientes de producción y abastecimiento de semilla mejorada al alcance del productor; diversificar usos o productos de valor agregado, así como difusión de las cualidades nutraceúticas.

Dichas necesidades se ven reflejadas ya que México sigue siendo importador neto de avena. Nuestro país ha importado un promedio anual de 87000 toneladas de avena entre 2002 y 2011; mientras que en el mismo periodo el promedio de exportaciones fue de 273 t (SIAP, 2014). Según datos del Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) en los últimos diez años (2003-2013) la superficie sembrada y la producción de avena se han mantenido constante, en promedio 800 mil h y 10 mil t por año, sin aumento significativo en la producción a raíz de las variedades generadas en los últimos años, pues de las 20 variedades existentes sólo se conocen bien dos en México.

Respecto a los usos de avena, el uso forrajero se ha extendido en el país incrementando la producción en la última década; sin embargo, la avena de grano para consumo humano no ha tenido la misma fortuna pues un gran problema que afecta su comercialización es la poca demanda de este cereal en México, ya que la dieta del mexicano no incluye el consumo regular de la avena, entre otros factores, por falta de información de su contenido alimenticio. Esto ha ocasionado que no se le haya dado mayor importancia al cultivo y desarrollo de este cereal

(ProChile 2011). Pese a esto, la avena de grano es el cuarto cereal más producido en México con una participación del 0.5% de la producción total de cereales, y el tercer lugar en producción de avena forrajera de veinticuatro cultivos forrajeros, con aproximadamente el 9.8% de producción total. A demás la importancia como cultivo alternativo particularmente cuando el inicio del período de lluvias se retrasa o se presentan bajas temperaturas que ponen en riesgo la siembra de los cultivos tradicionales (Financiera Rural, 2010).

Por todos estos factores resulta importante el impulso a la cadena de producción de avena, con un enfoque de producción sustentable y eficiente, que incluya la generación de nuevos productos agroindustriales. Mediante el desarrollo de variedades mejoradas de doble propósito (forraje y grano), con resistencia a enfermedades, buena respuesta a factores bióticos y abióticos adversos y de alto rendimiento, calidad de forraje y grano, para las principales regiones productoras de México.

IX. Productos a entregar:

1. Al menos dos variedades mejoradas de avena para cada región agroecológica (Centro: El Bajío y Valles Altos; y Norte), competitivas en rendimiento (grano, forraje o ambos), comportamiento agronómico, resistentes a sus principales enfermedades y plagas con sus respectivos documentos de descripción para su protección.
2. Manuales de la tecnología de producción sustentable por región agroecológica, en versiones para técnicos y para productores, con el fin de inducirlos y capacitarlos en la aplicación de las tecnologías generadas.
3. Documentos de descripción de nuevos productos alimenticios de alto valor agregado, funcionales y nutraceuticos (cuatro productos) basados en el grano, para su protección intelectual.

4. Documento con la caracterización y los resultados de la aplicación del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
5. Documento de diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de avena, con el fin de conocer sus necesidades, estado actual y potencial en México.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Incrementar la rentabilidad y competitividad del cultivo de avena en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria.
- Aumento de la productividad de avena mediante el uso de agricultura de conservación y métodos más eficientes de riego, fertilización y control de plagas.
- Creación de nuevas cadenas de valor para el cultivo de avena, lo que generará divisas al 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.
- Mejora la calidad alimentaria del país.

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

XI. Literatura citada:

- Badaeva, E.D., Shelukhina, O. Y., Dedkova, O.S., Loskutov, I.G., and Pukhalskyia, V.A. 2011. Comparative cytogenetic analysis of hexaploid *Avena* L. species. Russian Journal of Genetics. 47: 691-702.
- Financiera Rural. 2010. Monografía de la Avena y Semilla de Avena para Siembra. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial-SAGARPA. México D.F. 8P.
- González-Estrada, A., Jolalpa B.J.L., Espitia R.E., Villaseñor M.E., Salmerón Z.J., Huerta E.J. y Wood S. 2007. Impacto económico del mejoramiento genético de la avena en México: variedad *Chihuahua*. Serie: Estudios de Evaluación del Impacto Económico de Productos del INIFAP-SAGARPA. Publicación Técnica No. 23. México D.F. 75p.
- Jiménez G., C. A. 1992. Descripción de Variedades de avena cultivadas en México. SARH, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX. (Folleto Técnico No. 3). Chapingo, Edo. De Méx., México. 72p.
- Leyva M., S.G., Soto, A., Espitia, E., Villaseñor M., H. E. y Huerta, J. 2005. Etiología e incidencia de la antracnosis de la avena (*Avena sativa* L.) en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 22:358-362.
- ProChile. 2011. Estudio de Mercado Avena en México. Oficina Comercial de ProChile en Ciudad de México 59.

Saskatchewan Ministry of Agriculture. 2013. Guide to Crop Protection: Weeds, Plant Diseases, Insects. Regina, SK: Saskatchewan Ministry of Agriculture. 482 p. Consultado en Julio del 2013.

http://www.agriculture.gov.sk.ca/Guide_to_Crop_Protection

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Consultado en septiembre del-2014 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Villaseñor-Mir, H. y E. Espitia-Rangel. 2000. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: Problemática y condiciones de producción. Villaseñor-Mir, H. y E. Espitia-Rangel (Eds.). *In: El Trigo de Temporal en México*. INIFAP, Libro Técnico No. 1. Chapingo, Edo. De Méx., México. pp 85-98.

Villaseñor-Mir, H. E., Espitia-Rangel, E. and Marquez-Gutiérrez, C. 2001. Registration of "Cevamex" oat. *Crop Science* 41:266-267.

Villaseñor-Mir, H. E., Espitia-Rangel, E. y Huerta-Espino, J. 2003. El Campo Experimental Valle de México, estratégico en la producción nacional de avena: Historia y aportaciones. *In: 60 años de investigación en el Campo Experimental Valle de México*. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. México. pp. 1730.

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Avena Grano. Disponible en: www.siap.gob.mx. (consultado en septiembre 2014)

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

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

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

CADENA DE VALOR YUCA

I. Título tema a demandar:

Aprovechamiento de la diversidad genética y desarrollo de tecnología para el cultivo de yuca.

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores agropecuarios de zonas tropicales de México (Tabasco, Morelos, Michoacán, Veracruz, Yucatán, Guerrero y Estado de México), pequeños agricultores de bajos ingresos.

III. Antecedentes:

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto leñoso perenne originario de América tropical donde se ha cultivado quizá por cuatro mil años (COVECA, 2010), pertenece a la familia Euphorbiaceae (Mejía, 2002). De las 98 especies del género *Manihot* que se han descrito, únicamente la *M. esculenta* es cultivada y tiene relevancia económica. *M. esculenta* recibe diferentes nombres comunes: *yuca* en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas; *mandioca* en Argentina, Brasil y Paraguay; *cassava* en países anglo parlantes; *guacamote* en México; *aipi* y *macacheira* en Brasil; y *mhogo* en swahili en los países de África oriental (Aristizábal y Mejía, 2002). Las variedades de yuca se clasifican en dulces o amargas, según la cantidad de cianuro en sus raíces (Aristizábal y Mejía, 2002).

Las raíces de yuca son muy ricas en carbohidratos, lo que las convierte en una fuente importante de energía alimentaria. Pueden consumirse frescas después de cocerse, elaborarse en productos alimenticios o emplearse para pienso del ganado. El almidón obtenido de las raíces de yuca puede utilizarse en una gran variedad de sectores, desde la fabricación de alimentos y productos farmacéuticos hasta la producción de contrachapado, papel y bioetanol. En algunos países, la yuca también se cultiva por sus hojas, que contienen hasta un 25% de proteínas (FAO, 2013b).

El cultivo de la yuca es uno de los cultivos con mayor potencial de producción energética bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas limitadas, ya que presente amplia capacidad de crecer en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano (Aristizábal y Mejía, 2002); en zonas con suelos de mala calidad, ácidos e infértiles; se adapta bien a diversos regímenes pluviométricos y a periodos prolongados de sequía, presentando altos rendimientos con precipitaciones menores de 1000 mm.año⁻¹ y temperaturas aproximadas a 28 °C (Howeler y Cadavid, 1983), es propagada por medio de estacas debido a su constitución genética, que es altamente heterocigótica, y a su reproducción alógama (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Desde hace mucho tiempo ha sido una valiosa fuente alimenticia, de empleos e ingresos para muchas comunidades agrícolas de países en vías de desarrollo principalmente de África, Asia y América Latina. Es el alimento básico de casi mil millones de personas en 105 países, incluido México (Rivera-Hernández *et al.*, 2012), la tercera fuente más importante de calorías en las regiones tropicales, después del arroz y el maíz (FAO, 2008b); también, es la fuente de almidón más barata que existe en el mundo, siendo utilizada en más de 300 productos industriales (FAO, 2008a); el tubérculo que presenta la mayor tasa de crecimiento de consumo anual hasta el 2020, con 1.9% y el segundo lugar en

términos de producción de forraje, con 0.95% (Scott *et al.*, 2000). Por lo tanto, es un cultivo de gran importancia socioeconómica que podría ayudar a proteger la seguridad alimentaria y energética de los países pobres, amenazados en la actualidad por los crecientes precios en alimentos y petróleo (FAO, 2008a; Cock, 1984).

En México, a pesar del rango de adaptación del cultivo a zonas tropicales (Rivera-Hernández *et al.*, 2012), la yuca se cultiva únicamente en siete estados, entre los que destaca Tabasco, con una superficie sembrada de 1,409 ha (83%) y una producción de 18,922 t; Morelos con 12.05 ha y una producción de 1,451 t y Michoacán con 109 ha con 3,461.70 t de producción (SIAP, 2013).

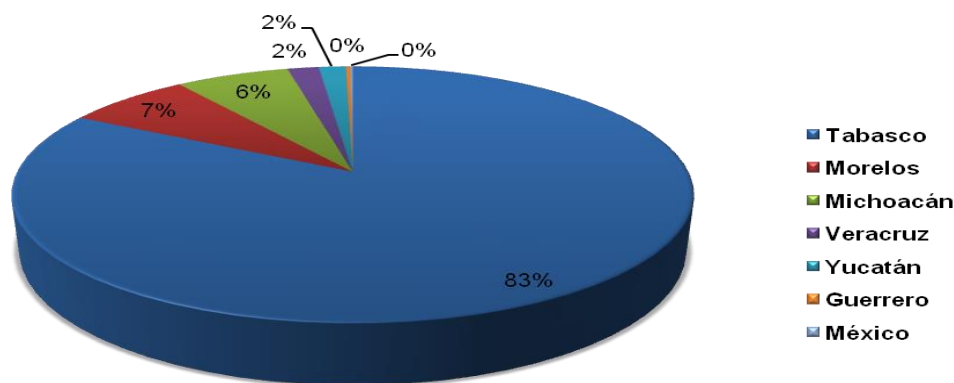


Figura 1. Gráfica de porcentaje por estado de superficie plantada de yuca en México (creada con información del SIAP, 2013)

Sin embargo, los rendimientos nacionales de yuca (14.64 t.ha^{-1}) son competitivos superando a los mundiales (10.5 t.ha^{-1}) (Ponce y Oña, 2009; SIAP, 2013).

IV. Problemática:

Pese a que se ha incrementado la importancia de la producción de yuca en la agricultura mundial, se ha investigado y desarrollado menos que otros cultivos como el arroz, el maíz o el trigo. Esta falta de interés científico ha contribuido a que la producción sea muy desigual, así como los métodos de transformación, y los productos de yuca a menudo son de poca calidad (FAO, 2008b).

No se cuenta con caracterización genómica de la diversidad genética de la yuca, es necesario colmar los vacíos de las colecciones de variedades locales y crear reservas naturales para salvaguardar las variedades silvestres afines a las cultivadas. Faltan variedades bien adaptadas a condiciones agroecológicas particulares y a sistemas de cultivo y usuarios finales específicos, así como producir buenos rendimientos con una necesidad mínima de riego y productos agroquímicos. La multiplicación y distribución sistemática de material de plantación de variedades mejoradas y resistentes a enfermedades es fundamental para la intensificación sostenible (FAO, 2013b).

Es necesario un sistema en el que participen organizaciones no gubernamentales y asociaciones de agricultores que ayuden a garantizar la adopción, por parte de los productores de yuca, de los productos de las investigaciones, de variedades mejoradas y de material de plantación sano (FAO, 2013a).

Así también, es preciso optimizar la producción de yuca por medio de tecnología para sistemas de cultivos sustentable eligiendo con cuidado las fechas de siembra, los métodos de plantación y los lugares en que esta se realiza, y adoptar prácticas de gestión del suelo que ayuden a conservar el agua.

V. Logros y avances:

El cultivo de yuca se consideró durante largo tiempo poco idóneo para la intensificación; sin embargo, gracias a la expansión de comercio mundial de

productos de yuca y al fuerte aumento de producción por parte de África, se ha incrementado su importancia en la agricultura mundial. La producción se está intensificando en todo el mundo. Se prevé que en los próximos años la producción de yuca pasará al monocultivo, a genotipos de mayor rendimiento y a un uso más difundido del riego y los agroquímicos. Sin embargo, la intensificación trae consigo grandes riesgos, como la mayor difusión de plagas y enfermedades y el agotamiento de los nutrientes del suelo (FAO, 2013b)

En el año 2000, en Roma, se lanzó La Estrategia Mundial de Fomento de la Mandioca, lanzado, con el objeto de mejorar la situación en el mundo de esta hortaliza, que se ha estudiado y desarrollado menos que otras fuentes de energía como el arroz, el maíz o el trigo. En la sede de la FAO, cerca de 80 expertos en agricultura procedentes de 22 países, discutieron las posibilidades de la yuca: 1) Satisfacer las necesidades de seguridad alimentaria de unos 500 millones de agricultores que la producen. 2) Proporcionar una llave para el desarrollo rural y mejores ingresos a los productores, la industria transformadora y los comerciantes. Se concluyó que la yuca podría convertirse en materia prima básica de una variedad de productos elaborados, lo que incrementaría eficazmente la demanda de esta raíz y contribuiría a la transformación agrícola y al crecimiento económico en los países en desarrollo (FAO, 2008b).

Se ha conformado una red internacional de científicos llamada Asociación Mundial de la Yuca, los cuales afirman que la comunidad internacional no puede seguir ignorando la difícil situación de los países tropicales de bajos ingresos, que han sido los más afectados por el alza de los precios del petróleo y la inflamación de los precios alimenticios (COVECA, 2010).

La FAO (2013) indica que la yuca tiene un gran potencial como cultivo en el siglo XXI; y en una guía de campo publicada por este organismo con el título "Ahorrar para crecer: la yuca", que describe un modelo de agricultura respetuosa con el medio ambiente, explican cómo adaptar dicho modelo al cultivo de esta raíz, lo

que puede incrementar su rendimiento en un 400% y así lograr que pase de ser un alimento para los pobres al cultivo del siglo XXI.

VI. Propósito de la demanda:

Impulsar la cadena de valor de la yuca en México por medio de nuevos sistemas de producción y diversificar los mercados para consumo humano, forrajero e industrial.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Identificar las zonas de adaptación y el potencial productivo de yuca para introducir y difundir variedades, generar tecnología de producción sustentable, evaluar mercados y diversificar productos para consumo humano, forrajero e industrial.

7.2 Objetivos específicos:

1. Identificar las zonas de adaptación y con potencial productivo de la yuca, para consumo humano, pecuario e industrial.
2. Evaluar y describir materiales y variedades nativas de alto potencial de rendimiento y calidad para consumo humano y pecuario, con fines de protección y promoción.
3. Implementar un programa de mejoramiento genético integral de yuca para generar variedades competitivas en rendimiento, comportamiento agronómico, de alto valor nutritivo y calidad nutracéutica, para diferentes condiciones agroecológicas.
4. Multiplicar masivamente semilla vegetativa certificada por métodos convencionales e *in vitro* de materiales genéticos élite, en preparación para el abastecimiento de la demanda nacional o regional.

5. Generar y evaluar tecnología de producción sustentable del cultivo (arreglos topológicos, densidades de siembra, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades, control de malezas, cosecha mecanizada).
6. Desarrollar técnicas de manejo en postcosecha para aumentar la vida en anaquel de raíces frescas de yuca.
7. Diversificar los usos alimenticios, pecuarios, industriales, medicinales y ornamentales; y los productos de valor tecnológico y agregado de la yuca.
8. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica por región, vinculado a las innovaciones tecnológicas disponibles y generadas en el proyecto para incrementar la productividad y rentabilidad sustentable de yuca, para fomentar la innovación.
9. Elaborar un diagnóstico integral actualizado de las cadenas de valor de yuca (estadísticas, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, investigadores e industriales, entre otros), con el fin de conocer el estado actual y potencial de esta cadena de valor.

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico,

humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 26 de Agosto de 2014, con Investigadores, Productores y Asociaciones, de la cadena de valor de yuca. El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de investigación , que aporten a elevar la productividad del cultivo de yuca y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

De acuerdo a dichas demandas y necesidades y a Rivera-Hernández *et al.* (2012) la problemática en el cultivo de yuca es la falta de manejo agronómico y transferencia de tecnología, limitada captación, insuficientes apoyos económicos, desconocimiento de las áreas con mayor aptitud productiva para este cultivo, pérdidas postcosecha en almacenamiento, escasa cultura de consumo fuera de las áreas de producción, entre otros.

La importancia de la yuca radica en que es un cultivo que puede contribuir a garantizar la seguridad alimentaria del país ya que además de ser alimento básico de casi mil millones de personas en 105 países, incluido México, alivia la escasez estacional y soluciona brechas alimentarias ocasionadas por desastres naturales como las sequías, guerras, e inestabilidad política y económica (Rivera-Hernández *et al.*, 2012). En lo que se refiere a la postproducción juega un papel clave en la seguridad alimentaria debido a la capacidad de las raíces para permanecer en la tierra durante 36 meses o más después de que se han formado las raíces

tuberosas. Por lo tanto el cultivo de yuca sirve como una cuenta de ahorro de alimentos para los hogares, que puede ser usada en condiciones agroclimáticas adversas (Ballesteros-Patrón *et al.*, 2011).

Este tubérculo es, también, la fuente de almidón más barata que existe en el mundo, siendo utilizada en más de 300 productos industriales (FAO, 2008a) y según Scott *et al.* (2000) es el tubérculo que presenta la mayor tasa de crecimiento de consumo anual hasta el 2020, con 1.9 % y el segundo lugar en términos de producción de forraje, con 0.95 %.

En México, a pesar del rango de adaptación del cultivo de yuca a zonas tropicales y subtropicales , y ser un cultivo con gran potencial de producción debido a que se adapta a suelos de baja fertilidad, tolerante a sequías prolongadas, resistente a plagas y enfermedades y tiene la capacidad de almacenarse *in situ* por largos periodos (Ballesteros-Patrón *et al.* 2011); se cultiva únicamente en siete Estados: Tabasco con una superficie sembrada de 1,409 ha (82.83 %), Morelos con 12.05 ha (7.08 %), Michoacán 109 ha (6.40 %), Veracruz 30 ha (1.76 %), Yucatán 26 ha (1.52 %), Guerrero 4 ha (0.24 %) y el Estado de México 2.5 ha (0.15 %) (Rivera-Hernández *et al.*, 2012; SIAP, 2013). Sin embargo, los rendimientos nacionales de yuca (14.64 t ha⁻¹) son competitivos superando a los mundiales (10.5 t ha⁻¹) (Ponce y Oña, 2009; SIAP, 2013).

Por lo que es necesario orientar la investigación y desarrollo tecnológico, del cultivo de yuca, hacia la generación de innovaciones para elevar la productividad y competitividad, impulsando el aprovechamiento sustentable del recurso, dar valor agregado, desarrollar las capacidades productivas con visión empresarial de los pequeños productores, minimizar las pérdidas postcosecha durante el almacenamiento; así como la transferencia de conocimiento generado.

IX. Productos a entregar:

1. Mapas de adaptación y potencial productivo para el cultivo de yuca en México.
2. Informe de resultados de la evaluación y descripción de materiales y variedades nativas de alto potencial de rendimiento y calidad para consumo humano, pecuario e industrial.
3. Informe de avances del programa de mejoramiento genético de yuca para consumo humano, animal e industrial.
4. Identificación y descripción de al menos dos materiales genéticos sobresalientes en rendimiento, calidad, adaptación, resistencia a sus principales plagas y enfermedades, con fines de registro.
5. Documento con la descripción de protocolos de multiplicación convencional e *in vitro* de materiales genéticos élite, con fines de protección intelectual.
6. Manuales de la tecnología de producción sustentable, en versiones para técnicos y para productores, con el fin de inducirlos y capacitarlos en la aplicación de las tecnologías generadas.
7. Manual con el desarrollo tecnológico para el manejo postcosecha eficiente de raíces frescas de yuca, con el fin de inducir y capacitar a técnicos y productores en la aplicación de las tecnologías generadas.
8. Documentos con la descripción, de nuevos productos de alto valor tecnológico y agregado, para protección intelectual.
9. Documento con la caracterización y resultados de la aplicación del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
10. Documento de diagnóstico integral actualizado (estadísticas, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, investigadores e industriales, entre otros) de la cadena de valor de yuca en México con el fin de conocer su estado actual y potencial.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Incrementar la rentabilidad y competitividad del cultivo de yuca en México, en beneficio tanto de los productores como de la industria.
- Aumento de la productividad de yuca mediante el uso de agricultura de conservación y métodos más eficientes de riego, fertilización y control de plagas.
- Creación de nuevas cadenas de valor para el cultivo de yuca, lo que generará divisas al 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.
- Mejora la calidad alimentaria del país.

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

XI. Literatura citada:

- Aristizábal, J. y Sánchez, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO No163. 134 p.
- Ballesteros-Patrón, G., Rodríguez-Páez, L.A., Zavala-Hernández, F., Puche-Acosta, F., Urieta-Pérez, M., Ballesteros-Noya, N. y Flores-López, L. 2011. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), cultivo promisorio para Guerrero. Manual Técnico Agrícola No 1. Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano, Guerrero, México. 28 p.
- Ceballos, H: y De la Cruz, A. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, CIAT. Cali, Colombia, p. 28.
- Cock, J.H. 1984. Cassava: a basic energy source in the tropics. Science 218 (4574): 755-762.
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA). 2010. Monografía sobre la Yuca. Gobierno del Estado de Veracruz. Consultado en Septiembre de 2014. http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=653,3990014&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Howeler, R.H. y Cadavid, L.L.F. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during 12 months growth cycle of cassava. Field Crop Research 7: 325-340.
- Mejía, T.M.S. 2002. Fisiología de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, CIAT. Cali, Colombia, p. 34

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2008a. Yuca para la seguridad alimentaria y energética. Consultado en Noviembre 2009. <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2012/enero/2.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2008b. Why cassava?. Consultado en Septiembre 2014. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/gcnds/index_en.html
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013a. “La yuca tiene gran potencial como cultivo del siglo XXI”. Consultado en Septiembre de 2014. <http://www.fao.org/news/story/es/item/176821/icode/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013b. “Ahorrar para crecer: la yuca”. Consultado en Septiembre 2014. <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/es/>
- Ponce, T. y Oña, X. 2009. Perfil de yuca. Consultado en Septiembre 2014 <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/yuca.pdf>
- Rivera Hernández, B., Aceves-Navarro, L.A., Juárez-López, J.F., Palma-López, D.J., González-Mancillas, R. y González-Jiménez, V. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances en Investigación Agropecuaria. 16(1): 29-47
- Scott, G.J., Rosegrant, M.W. y Ringl, C. 2000. Raíces y tubérculos para el siglo 21. Tendencias, proyecciones y opciones de política. Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias. Washington, D.C. U.S.A. 71 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado en Septiembre 2014. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

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

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

CADENA DE VALOR MALANGA

I. Título tema a demandar:

Rescate, uso de la diversidad genética y desarrollo de tecnología de producción sustentable de malanga en México.

II. Beneficiarios del proyecto:

Los productores de amaranto y demás actores integrantes de la cadena de malanga de los estados tropicales con zonas bajas del país (Tamaulipas, Veracruz, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo).

III. Antecedentes:

Dos especies de Aráceas alcanzan importancia mundial como alimentos energéticos: la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott), originaria de Oceanía y sureste de Asia y el quequexque o yautía (*Xanthosoma sagittifolium*) originaria de los trópicos americanos. La malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es una planta herbácea perenne, en un cormo o tallo principal subterráneo, en forma de rizoma, del que brotan tallos secundarios engrosados, o cormelos.

Del tallo principal nacen varias hojas grandes, sagitadas, erectas con largos pecíolos acanalados: Las inflorescencias brotan entre las hojas en espádice, provistas de una espata blanca de 12-15 cm que se cierra en su base en forma de cámara esférica y se abre superiormente en una lámina cóncava; el espádice, es

cilíndrico, ligeramente más largo que la espata, con flores femeninas en su porción inferior, masculinas en la superior y estériles en la parte media. Los espádices son raramente fértiles, produciendo pocas semillas viables. La duración del ciclo de crecimiento es de 9-11 meses. Durante los seis primeros se desarrollan los cormos y las hojas. En los últimos cuatro meses el follaje se mantiene estable y al comenzar a secarse, las plantas están listas para la cosecha de los cormos y los cormelos. En cultivos comerciales, los cormelos pueden cosecharse después de los primeros seis meses de la plantación. La malanga *Colocasia esculenta* crece muy bien en regiones anegadas.

El género *Xanthosoma* es un miembro de la familia de las Aráceas a la que pertenecen varias plantas cultivadas que son utilizadas para la alimentación en regiones tropicales. Las plantas de Xantosomes o sus partes comestibles reciben diferentes denominaciones tales como *quequexque* en Costa Rica; *quequexquel* en Guatemala; *quequisque* en Nicaragua; *otoe* en Panamá; *malanga* en Cuba y *yautía* en República Dominicana y Guatemala. La denominación yautía parece más apropiada para separarla de plantas de *Colocasia*, otra especie de Arácea conocida como malanga en la mayoría de los países mencionados.

Existen entre 30 a 40 especies de quequexque o yautía (*Xanthosoma spp.*) que crecen dispersas en el trópico, de las cuales 5 a 6 son fuentes importantes de alimento. Es una planta terrestre, común en las orillas de los ríos, con grandes raíces que son comestibles después de su cocimiento. La planta no tiene tallo, sus hojas son grandes, acorazonadas de 12 a 25 cm de ancho. La espata tiene limbo lanceolado y amarillento. Las flores masculinas están separadas de las femeninas por órganos neutros y tienen anteras entrelazadas que se abren en la cúspide. Los ovarios tienen estilos cortos, coronados, con muchos óvulos.

La raíz es un rizoma tuberoso, rodeado de tubérculos de menor tamaño, los cuales constituyen la parte comestible. La capacidad de producción es de 30 a 60 t.h⁻¹. La producción se logra desde los 3 hasta los 10 meses. Los tubérculos son

duros, con corteza oscura y pulpa blanca La malanga es considerada una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en las zonas tropicales. Los cormos se utilizan para la alimentación humana, animal y para diferentes usos industriales (alimenticio, farmacéutico, cosmética y papelera). Actualmente forma parte de la dieta diaria de millones de personas alrededor del mundo: África, Oceanía y América; y recientemente en Europa (Rodríguez, 1977).

La producción mundial de malanga en el 2013 fue cercana a 1 millón de toneladas; como principal productor se encuentra Nigeria, seguido de China, Ghana y Camerún. El cultivo de malanga requiere condiciones de clima cálido y húmedo, con mucho sol (SIAP, 2013).

Es una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en las zonas tropicales porque almacena gran cantidad de almidones de gránulo pequeño, tiene alto contenido de hierro, fósforo y mayor contenido de vitamina A, B2 que otros tubérculos de uso común. Por el gránulo pequeño de su almidón, tiene una gran potencial en la producción del almidón para alimentos procesados o con fines industriales. Los productos elaborados a base de malanga son: almidón, celulosa, alcohol, carburantes, biopolímeros, acetona, harina integral (sin gluten), productos farmacéuticos, de cosmética y de papelería y dextrinas (Ferreira *et al.*, 1990). Además del uso de los cormos para la alimentación humana y animal.

Se enmarca dentro de los productos exóticos o no tradicionales, cuyo consumo mundial ha tenido un auge importante, aprovechando el interés por parte de sectores crecientes de consumidores (COVECA, 2004).

En los estados del sureste de México existen amplias zonas bajas en las que con frecuencia se intercalan cuerpos someros de agua, con terrenos cuyas características edafológicas los hacen inapropiados para la práctica de la agricultura convencional.

Adicionalmente las tierras bajas y los humedales no solo han sido ecosistemas subutilizados, sino que también se han considerado como obstáculos para el desarrollo rural (Olguín *et al.*, 1992). Paradójicamente, en esas tierras bajas un recurso alimentario sub-explotado como la malanga puede desarrollarse como un cultivo rentable y de fácil incorporación a la dieta del poblador local (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011).

La malanga, es una especie poco conocida en México, con una producción de alrededor de 14,000 t y 489 ha de superficie sembradas (SIAP, 2013). Sin embargo, en estados como Veracruz, se ha llevado a cabo investigación relativa a este cultivo para tratar de establecerla como hortaliza hidrófila y con ello lograr su cultivo comercial. Además de Veracruz, existen varias regiones que cuentan con las condiciones adecuadas para su explotación, cultivo y reconversión de cultivos, ya sea por su baja productividad o sobreoferta internacional, que los hace poco rentables (COVECA, 2004).

En corto plazo, los cultivos forestales y no tradicionales, como la malanga, deberán tener mayor participación en el mercado agropecuario por lo cual es necesario trabajar en la identificación de zonas con potencial productivo, en la introducción y difusión de variedades, generación de sistemas de producción, la evaluación de mercados y diversificar productos de malanga para consumo humano, forrajero e industrial.

IV. Problemática:

Faltan estudios modernos para dilucidar en el continente americano las relaciones entre los géneros *Colocasia* y *Xanthosoma*. Dos especies de Aráceas alcanzan importancia mundial como alimentos energéticos: el taro (*Colocasia esculenta*), originaria de Oceanía y sureste de Asia y la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) originaria de los trópicos americanos (FAO, 1990). De ambas especies las partes

utilizables son los tallos subterráneos tuberosos. En la malanga contienen entre un 15-39 % de carbohidratos, 2-3% de proteína y un 70-77% de agua. Las dos especies son comparables a la papa en valor nutritivo y probablemente de mayor digestibilidad. Un uso secundario es el consumo de las hojas tiernas, como espinacas, más común en malanga que en el taro.

Los cultivares de *Xanthosoma* han sido descritos a partir de colecciones establecidas en Puerto Rico y Trinidad y Tobago, con materiales autóctonos o introducidos; no pasan de 50 y muestran una amplia diversidad de porte, forma y color de las hojas y cormelos. Los rendimientos en cultivos experimentales, registran amplias variaciones; lo mismo que el contenido en carbohidratos y aminoácidos. Brasil tiene cultivares mejorados avanzados. El CIRF ha publicado recientemente una lista de descriptores de *Xanthosoma*.

Es urgente establecer colecciones a nivel mundial, vivas e *in vitro*, que permitan evaluar el potencial genético frente a las necesidades y problemas actuales. Esto implica coleccionar los cultivares conocidos de América y de África; así como cultivares primitivos y tipos silvestres de América, para establecer grupos naturales de cultivares.

La amplia diversidad genética natural debe ser explotada en forma directa, al evaluar los cultivares (resistencia a enfermedades, rendimiento y valor nutritivo) e indirecta por mejoramiento genético (actualmente incipiente). El objetivo del mejoramiento debe ser lograr producciones de 30 t.ha⁻¹ con variedades precoces, resistentes al mal seco y con un 10 % de proteínas.

Se sabe de diferencias notables del rendimiento, en función de: el tipo de semilla vegetativa usada en el establecimiento del cultivo (cormelos, el segmento central de los cormos, cultivo de ápices de los tallos crecidos *in vitro*), la profundidad de siembra, los arreglos topológicos (distancia entre surcos y plantas; densidad de población).

El periodo crítico de competencia de las malezas parece ser el de los primeros seis meses. La preparación del terreno para la siembra y los aporques contribuyen al control de las malas hierbas pero se requiere reforzar con la aplicación de herbicidas de preemergencia.

El problema actual más serio de la malanga, el *mal seco*, es un complejo producido por hongos (*Rhizoctonia*, *Phyitium*) y bacterias (*Erwinia*, *Pseudomonas*) que ataca a las plantas jóvenes produciendo el marchitamiento del follaje y la pudrición de los cormelos, lo que implica la pérdida total de la cosecha. El control de la enfermedad es difícil y se requiere una investigación completa del problema. Por el momento se recomienda drenar el terreno, plantar en camellones y practicar la rotación de cultivos.

La cosecha de las siembras comerciales se hace 10-12 meses después de la siembra, cuando el follaje se torna amarillo y se comienza a secar. La recolección se hace a mano, o en forma semi-mecanizada: se añade al tractor una plancha de hierro de la anchura de éste, con un pico central que se entierra en la hilera de las plantas, las remueve y deja sueltos el corno central y los cormelos, que se recogen a mano.

La malanga no es un cultivo originario de México, por lo que se requiere introducir germoplasma sobresaliente criollo y mejorado, que sirva de base para conformar un programa propio de mejoramiento genético para generar variedades para las condiciones de México (30 t.ha⁻¹ con 10% de proteína) y los sistemas de producción adecuados a las zonas agroecológicas con potencial productivo. Por la misma razón se requiere de evaluar los mercados y diversificar los productos.

Existen muchas variedades de esta planta que difieren en adaptación, rendimiento, características de la planta, tamaño del corno y sabor. Las mejores variedades deben seleccionarse después de crear un banco de germoplasma. La selección deberá ser hecha en base a rendimiento de tubérculos y a su contenido

de almidón. Las características químicas y funcionales del almidón deben ser establecidas para buscar usos específicos. También debe determinarse la utilización de la raíz en sistemas de producción animal.

V. Logros y avances:

Los dos géneros de Aráceas son importantes *Colocasia* y *Xanthosoma*. El género originario de Oceanía y del sureste de Asia, la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott); y el americano, el quequexque o yautía (*Xanthosoma sagittifolium*).

En ambos géneros hay mucha diversidad en adaptación, rendimiento, contenido de carbohidratos y aminoácidos, características químicas y funcionales del almidón; porte, forma y color de las hojas y de los cormelos.

No existen colecciones mundiales ni *en vivo* ni *in vitro*, de ninguno de los géneros. Es bien sabida la necesidad urgente de rescatar la diversidad genética mundial de la malanga (ambos géneros).

Existe una lista de descriptores de *Xanthosoma*. Las variedades existentes son más bien tardías 10-12 meses, respecto a papa (3-4 meses).

El mejoramiento genético debe orientarse a rendimiento, resistencia a enfermedades y precocidad. La cosecha es semimecanizada en el mejor de los casos.

El principal problema agronómico es fitopatológico, el *mal seco*, originado por un complejo de hongos y bacterias que dañan primero al tubérculo y luego a la planta completa; su control es complicado.

Debe estudiarse para caracterizar y detallar su gran potencial en la producción del almidón para alimentos procesados o con fines industriales y para productos elaborados a base de malanga y sus derivados (almidón, celulosa, alcohol,

carburantes, biopolímeros, acetona, harina integral (sin gluten), productos farmacéuticos, de cosmética y de papelería y dextrinas.

VI. Propósito de la demanda:

Contribuir a desarrollar la cadena de valor de la yuca en México por medio de nuevos sistemas de producción, agregación de valor, productos, subproductos y coproductos de alto valor tecnológico; así como, diversificar los mercados para consumo humano, forrajero e industrial.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Realizar la zonificación agroecológica del cultivo de malanga, introducir; multiplicar y difundir variedades; generar tecnología de producción sustentable (consumo humano, pecuario e industrial); evaluar mercados y diversificar sus productos, para incrementar su producción.

7.2Objetivos específicos:

1. Identificar zonas actuales y potenciales de producción de malanga en México.
2. Introducir, evaluar, multiplicar y describir materiales y variedades e introducidas, de alto potencial de rendimiento y calidad para consumo humano, pecuario e industrial.
3. Implementar un programa de mejoramiento genético integral de malanga para generar nuevas variedades competitivas en rendimiento,

comportamiento agronómico, de alto valor nutritivo, funcional y calidad nutracéutica.

4. Propagar masivamente semilla vegetativa certificada, por métodos convencionales e *in vitro*, de materiales genéticos élite para el establecimiento de semilleros, para la promoción del cultivo.
5. Generar y evaluar tecnología de producción sustentable del cultivo de malanga (densidades de siembra, nutrición-fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades, control de malezas y cosecha mecanizada).
6. Desarrollar tecnología de manejo en postcosecha para aumentar la vida en anaquel de cormos frescos de malanga en el trópico húmedo.
7. Elaborar y describir nuevos productos de alto valor tecnológico y agregado para diversificar los usos alimenticios, pecuarios, industriales, medicinales y ornamentales de la malanga en México.
8. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, vinculado a las innovaciones tecnológicas disponibles y generadas en el proyecto, para mejorar la producción malanga.
9. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de malanga (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, investigadores e industriales, áreas de oportunidad del cultivo, entre otros temas) en México.

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector

agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 26 de Agosto de 2014, con Investigadores, Productores y Asociaciones, de la cadena de valor de malanga. El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de investigación, que aporten a elevar la productividad del cultivo de malanga y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

De acuerdo a las demandas y necesidades de dicho taller, la problemática en el cultivo de malanga es la falta de conocimiento de distribución agroecológica, de las variedades nativas y exóticas, por ende la falta de variedades competitivas y de alto valor nutritivo, funcional y de calidad nutracética; falta de abastecimiento, manejo integrado del cultivo; aumentar la vida en anaquel en el trópico húmedo; dar valor agregado y difusión; entre otros.

La importancia de la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott), también conocida como Taro o Dashen, radica en que es considerada una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en las zonas tropicales. Es buen almacenador de

carbohidratos y se emplea para la alimentación humana y animal, con un alto contenido de hierro, fósforo, almidón de gránulos pequeños y mayor contenido de vitamina A, B₂ que otros tubérculos de uso común. Por lo cual, tiene una gran potencial en la producción del almidón para alimentos procesados o con fines industriales. Los productos elaborados a base de malanga son: almidón, celulosa, alcohol, carburantes, biopolímeros, acetona, harina integral (sin gluten) y dextrinas (Ferreira *et al.*, 1990).

En los estados del sureste de México existen amplias zonas bajas en las que con frecuencia se intercalan cuerpos someros de agua, con terrenos cuyas características edafológicas los hacen inapropiados para la práctica de la agricultura convencional. Ello ha propiciado no sólo la subutilización de estos ecosistemas, sino también el que sean considerados generalmente como obstáculos para el desarrollo rural (Olguín *et al.*, 1992). Paradójicamente, estas tierras son las mismas en las que un recurso alimentario sub-explotado como la malanga puede desarrollarse como un cultivo rentable y de fácil incorporación a la dieta del poblador local (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011).

La malanga, es una especie poco conocida en México, con una producción de alrededor de 14,000 t.año⁻¹ y 489 ha.año⁻¹ sembradas (SIAP, 2013). Sin embargo, en estados como Veracruz, se ha llevado a cabo investigación relativa a este cultivo para tratar de establecerla como hortaliza hidrófila y con ello lograr su cultivo comercial. Además de Veracruz, existen varias regiones que cuentan con las condiciones adecuadas para su explotación, cultivo y reconversión de cultivos, ya sea por su baja productividad o sobreoferta internacional, que los hace poco rentables (COVECA, 2004).

En corto plazo, los cultivos forestales y no tradicionales, como la malanga, deberán tener mayor participación en el mercado agropecuario por lo cual es necesario trabajar en la identificación de zonas con potencial productivo, en la introducción y difusión de variedades, generación de sistemas de producción, la

evaluación de mercados y diversificar productos de malanga para consumo humano, forrajero e industrial.

IX. Productos a entregar:

1. Mapas de adaptación y potencial productivo para el cultivo de la malanga en México.
2. Documento con el informe de resultados de la evaluación, multiplicación y descripción de materiales y variedades nativas e introducidas de alto potencial de rendimiento y calidad para consumo humano, pecuario e industrial.
3. Informe de avances del programa de mejoramiento genético de malanga para consumo humano, pecuario e industrial.
4. Identificación y descripción de al menos cuatro materiales genéticos nativos sobresalientes en rendimiento, características agronómicas y de calidad, para consumo humano, pecuario e industrial, con fines de registro.
5. Documento con la descripción de los protocolos de multiplicación convencional e *in vitro* de materiales genéticos sobresalientes, con fines de protección intelectual.
6. Manual de la tecnología de producción sustentable y manejo agronómico en versiones para técnicos y para productores, con el fin de inducirlos y capacitarlos en la aplicación de las tecnologías generadas.
7. Manual con el desarrollo tecnológico para el manejo postcosecha eficiente de cormos frescos de malanga, con el fin de inducir y capacitar a técnicos y productores en la aplicación de las tecnologías generadas.
8. Documentos con la descripción, de nuevos productos de alto valor tecnológico y agregado, para protección intelectual.

9. Documento con la caracterización y resultados de la aplicación del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
10. Documento de diagnóstico integral actualizado (estadísticas, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, investigadores e industriales, entre otros) de la cadena de valor de malanga en México con el fin de conocer su estado actual y potencial.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Mejora de la productividad, rentabilidad y competitividad del cultivo y demás eslabones de la cadena de malanga en México, en el contexto de la agricultura de conservación y de la agroindustria ambientalmente responsable.
- Aumento de la productividad de los sistemas de producción primaria (métodos más eficientes y sustentables de riego, fertilización y control de plagas), de los procesos de agregación de valor en la malanga.
- Identificación de nuevos procesos y nuevos productos en la cadena del cultivo de malanga, lo que generará divisas al país.
- 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 y fitosanitario y la nutrición.
- Mejora de la soberanía y calidad alimentaria del país.

Tecnológico

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

- Identificación de nuevos productos y procesos, con posibilidades de agregación de valor tecnológico y económico en la cadena malanga.

Ecológico

- Reducción del impacto en el medio ambiente por medio de la disminución del uso de pesticidas y fertilizantes convencionales, mediante la aplicación de productos bioracionales y orgánicos en cultivo y demás eslabones de cadena malanga.
- Producción sustentable de yuca mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas.

XI. Literatura citada:

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA). 2004. Monografía de la Malanga. Consultada en Septiembre 2014.

<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAF%CD%A%20DE%20MALANGA.PDF>

Ferreira, S., Ortiz, E. y Pardo, C. 1990. Estudio Químico bromatológico de la *Colocasia esculenta* (Taro). Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas. 18: 53-59.

Olgún P. C. 1992. Proceso Investigación-Desarrollo aplicado al Manejo Integral de los Recursos Naturales de las Zonas Bajas Tropicales. *In*: Memoria de la V Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. Veracruz, México. pp. 83-96.

Olgún-Palacios, C. y Álvarez-Ávila, M.C. 2011. La Malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott), Bajo un Enfoque de Investigación y Desarrollo. Agricultura

migratoria en áreas tropicales de ladera: un análisis histórico-ecológico. *Agroproductividad*. 4(4): 26-33.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1990. Manual de intercambio y manejo de germoplasma de yautía in vitro. Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios. Oficina regional para América Latina y el Caribe. 24 p.

Rodríguez, N. A. 1977. Instrucciones técnicas para el cultivo de la malanga isleña género *Colocasia*; Dirección de cultivos varios, Ministerio de Agricultura, Cuba, 5.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado en Septiembre 2014 en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

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

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

CADENA DE VALOR AMARANTO

I. Título tema a demandar:

Desarrollo tecnológico, mejoramiento genético e innovación en la cadena de valor del amaranto.

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores de amaranto y todos los integrantes de la cadena de valor del amaranto de los estados de México, Puebla, Distrito Federal, Morelos, Oaxaca, Tlaxcala y San Luis Potosí.

III. Antecedentes:

El amaranto es una planta herbácea anual que pertenece a la familia de las amarantáceas (incluye cerca de 70 especies nativas de los trópicos y de las regiones templadas de todo el mundo; de las cuales 40 son americanas y el resto son de Australia, África, Asia y Europa) y al género *Amaranthus*. Tiene su centro de origen y diversidad más importante a nivel mundial en México; la domesticación del amaranto también se debe a nuestro país (Espitia, *et al.*, 2014).

Su nombre científico es *Amaranthus* spp. El nombre moderno de amaranto (**a**, negación y **maraino**, marchitarse; inmortal) alude a la resistencia de la planta a la sequía (Morales *et al.*, 2009). El sinónimo *alegría*, es una denominación dada por Fray Martín de Valencia en Santiago Tulyehualco México; por dos razones: el gusto que da ver los campos sembrados y por los brinquitos da la semilla al

reventarse en el comal. Es uno de los cultivos más antiguos de mesoamérica, junto con el maíz, el frijol y la calabaza. En la lengua autóctona, es conocido como huauhtli (del náhuatl, *inmortal*), debido a que la semilla no se descompone en poscosecha durante largos periodos de almacenamiento (Franco y Franco, 2010).

Los indígenas de diferentes culturas (aztecas, mayas, zapotecas y tlaxcaltecas), lo consumían en igual importancia que el maíz, el frijol y la calabaza. Los primeros registros arqueológicos del amaranto datan de hace 10 mil años (Asociación Mexicana del Amaranto, 2010).

Los aztecas ofrecían el amaranto como tributo a los dioses. Los guerreros lo consumían en forma de atole porque se consideraba que aportaba fortaleza física. Era muy apreciado por su alto contenido nutritivo y la rusticidad de su cultivo frente a la sequía, plagas y enfermedades. Los españoles prohibieron su cultivo y consumo. Casi lo erradicaron por su relación con las ceremonias religiosas y por su parecido a la sangre cuando se combinaba con miel de tuna roja. Sobrevivió en pequeñas áreas de cultivo escondidas en zonas montañosas de México (Asociación Mexicana de Amaranto, 2010; Franco y Franco, 2010).

La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos realizó un estudio extensivo en 1975 con el fin de diversificar la base alimentaria global y seleccionó al amaranto entre los 36 cultivos más prometedores del mundo (Morales *et al.*, 2009). La NASA lo seleccionó como alimento de los astronautas en misiones espaciales, quienes requieren alimentos que pesen poco, se digieran fácilmente y tengan un alto aporte nutritivo (PROFECO, 2010).

Especies y tipos de amaranto. El género *Amaranthus* L. contiene alrededor de 70 especies, de las cuales 40 son nativas del continente Americano y el resto de Australia, África, Asia y Europa (Costea *et al.*, 2001).

Las tres especies más comunes de amaranto son *A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. y *A. caudatus* L. (Rastogi y Shukla, 2013) y desde finales de los años noventa han creado un gran interés como cultivo agrícola en muchas regiones del mundo debido al excepcionalmente alto valor nutrimental de sus semillas (Costea *et al.*, 2001). Se ha informado un rendimiento promedio de 2,000 kg ha⁻¹ (Apaza *et al.*, 2002; Arellano *et al.*, 2007; Pospisil *et al.*, 2006), con fluctuaciones entre 1,600 y 6,700 kg ha⁻¹ en climas mediterráneos (Gimplenger *et al.*, 2008).

A. hypochondriacus L. y *A. cruentus* L. fueron domesticadas por algunos grupos étnicos prehispánicos de México, quienes las utilizaban como parte de su dieta alimenticia y de sus rituales religiosos (Moran-Bañuelos *et al.*, 2012).

Es amplia la variabilidad presente en las tres principales especies cultivadas y en algunas especies relacionadas silvestres. Espitia-Rangel (1994) describe lo que se consideran razas (o tipos) de cada una de las especies de amaranto; y menciona las siguientes: *A. hypochondriacus* que presenta cinco razas: Azteca, Mercado, Mixteca, Nepal y Spike; *A. cruentus* que presenta tres razas: Africana, Guatemalteca y Mexicana y *A. caudatus* con tres razas: Sudamericana, Edulis y Ornamental.

Éstas razas fueron clasificadas principalmente por su uso y por el lugar donde fueron cultivadas comúnmente, pero falta la corroboración morfológica para la separación de las mismas ya que hay reportes de mezclas de grano a la venta y en parcelas, principalmente de la raza Mercado y la raza Mexicana de la especie *A. hypochondriacus* (Espitia, 1992).

Recientemente, Escobedo-López *et al.*, (2014) encontró que las principales características que distinguen a las razas de *A. hypochondriacus* son las fenológicas; mientras que a las razas de *A. cruentus* son las de forma de la semilla.

Evolución de cultivo en México. En los últimos 28 años (1982-2010), la superficie nacional de amaranto se incrementó a una tasa media anual (TMA) de 9.82%, tasa que se refleja en la producción de alimentos, en la industria farmacéutica y en elaboración de cosméticos (Espitia *et al.*, 2010).

Más recientemente, en el último quinquenio (2007-2013), la superficie cultivada de amaranto en México creció notablemente (57%), al pasar de 2,059 a 3,729 ha y el valor de la producción también aumentó un 52 %, al pasar de \$ 29.82 a \$ 52.16 millones de pesos. El rendimiento promedio nacional es de 1.5 t ha⁻¹ (PROFECO, 2010); el tamaño de las propiedades en las que se cultiva oscilaba tradicionalmente entre 0.5 y 1 ha, situación que recientemente está cambiando debido al interés que empieza a despertar entre agricultores empresariales.

Manejo agronómico del cultivo. El manejo de la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada son factores clave para un buen rendimiento y facilitar la cosecha en amaranto, con plantas de menor tamaño y más uniformes (Arellano y Galicia, 2007) y puede ayudar a mejorar el rendimiento y a optimizar los recursos (Manikandan *et al.*, 2010).

La densidad de plantas, determina la capacidad del cultivo para interceptar y aprovechar luz, agua y nutrientes, por lo que permite aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha. Se debe garantizar una cobertura uniforme desde etapas tempranas y especialmente, en los períodos críticos del ciclo del cultivo. Su estudio contribuye a definir la relación cuantitativa entre la población y el rendimiento; y a identificar características estructurales del sistema de producción, “densidad óptima” y “potencial de rendimiento alcanzable” (Satorre *et al.*, 2003).

En el caso de amaranto, la densidad óptima no está claramente establecida (Gimplenger *et al.*, 2008). Malligawad y Patil (2001). En *A. cruentus* y *A. hypocondriacus*, indican haber aumentado el rendimiento de 1,858 kg ha⁻¹ a 3,342

kg ha⁻¹ al aumentar la densidad de 55,555 (0.6 x 0.3 m) a 222,222 plantas ha⁻¹ (0.3 x 0.15 m).

En *A. hypocondriacus* la densidad de 300,000 plantas ha⁻¹ (0.45 x 0.2 m) tuvo un mayor rendimiento, contenido de proteína, mayor longitud y peso de la inflorescencia, mayor número de raquis por inflorescencia, mayor número de inflorescencias por planta, área foliar, rendimiento de grano por planta; mayor diámetro del tallo por planta y mayor índice de cosecha, que la densidad de 500,000 plantas ha⁻¹ (Kumar y Yassin, 2013). Resultados similares fueron obtenidos por Yarnia *et al.*, (2011) donde densidades de 300,000 plantas ha⁻¹ en *Amaranthus* cv. Koniz (*A. hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.), lograron un mayor rendimiento, mayor número de inflorescencias por planta, área foliar, y rendimiento de granos por planta; mayor diámetro del tallo por planta y mayor índice de cosecha que densidades de 400,000 plantas.ha⁻¹, disminuyendo el rendimiento en 1,342 kg ha⁻¹. La disminución del rendimiento en altas densidades es atribuida al aumento de competencia entre las plantas, una disminución en la tasa de emergencia y un aumento en la mortalidad de plantas (Gimplenger *et al.*, 2008).

La fertilización nitrogenada es otro factor importante para lograr altos rendimientos. Olaniyi *et al.*, (2008) obtuvieron rendimientos de 0.9 t ha⁻¹ en dos variedades de *Amaranthus* spp., con aplicaciones de 60 Kg N ha⁻¹. Ramírez *et al.*, (2011) obtuvieron rendimientos de 1.6 t ha⁻¹ con aplicaciones de 60 Kg N ha⁻¹, en tanto que dosis superiores no provocaron aumentos en el rendimiento de *A. hypochondriacus*. Schulte *et al.*, (2005) no observaron cambios en el rendimiento en una variedad de *A. hypochondriacus* x *hybridus* con 80 y 120 Kg N ha⁻¹; sin embargo, la eficiencia de uso de nitrógeno fue mayor con la dosis menor de N (15.4 kg grano/kg N aplicado versus 13.9 kg grano/kg N aplicado).

Las aplicaciones de nitrógeno también aumentan el contenido de proteína en el grano. Grobelnik *et al.*, (2010) señalan que con dosis superiores a 200 kg N ha⁻¹ el contenido de proteína en los granos fue de 15.4% en tanto que con aplicaciones de 140 Kg N ha⁻¹ el valor fue de 14.7%.

Aumentos en la dosis de nitrógeno tienden a aumentar la altura de la planta y promover el crecimiento vegetativo (Olaniyi *et al.*, 2008) y pueden provocar efectos adversos como aumentar la incidencia de enfermedades y mayor acame (Arellano y Galicia, 2007).

Contenido nutritivo, valor nutracéutico y funcional. El amaranto produce semillas con niveles elevados de proteína total y del aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales por lo que puede colocarse en diferentes nichos de mercado importantes porque que no tienen gluten (siendo aptas para la alimentación de personas celiacas) (Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

La FAO (1997) cataloga al amaranto como un cultivo con la misma cantidad de nutrientes que la soya.

El amaranto tiene un alto contenido nutricional en sus semillas, comparado con otros granos. Tiene mayor cantidad de proteínas, dos veces el contenido del aminoácido esencial lisina, más fibra dietética, de 5 a 20 veces el contenido de calcio y hierro, niveles significativos del importante lípido llamado escualeno (8%; que funciona como intermediario en la síntesis de las hormonas esteroideas y de la vitamina D, además de ser un potente antioxidante con efectos anticancerígenos) (Venskutonis y Kraujalis 2013).

También es una fuente de compuestos fenólicos con propiedad antioxidante que son importantes en la dieta de los humanos, por tener la capacidad de atrapar los radicales libres que quedan en el organismo como residuos del proceso de

respiración y que resultan tóxicos, de ahí la importancia de aumentar su presencia en los alimentos.

Jiménez *et al.*, 2014, al comparar tanto el contenido de compuestos fenólicos como el porcentaje de actividad antioxidante entre colectas, observó diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos obtenidos al extraerlos durante una y tres horas. Al respecto sobresale la colecta AM09 con valores de 94.2 EAG/100 g de harina y 26.3%, superior a lo reportado por Gorinstein *et al.*, (2007) de 24.3% para una muestra de *A. hypochondriacus* L. de México; de igual manera, la actividad antioxidante en equivalentes de Trolox mostró el valor máximo de 130.14 mg ET/100 g de harina. Al ser estables los compuestos fenólicos en medios ácidos, se logra una mayor concentración utilizando su método con metanol acidificado, en comparación con reportes previos. De manera general, encontró que a mayor contenido de compuestos fenólicos se presenta un mayor porcentaje de inhibición, lo cual indica que el amaranto además de tener un alto valor nutricional, tiene potencial para utilizarse como fuente de compuestos antioxidantes y generar valor agregado a los productos alimenticios que se elaboren a base de semilla de amaranto.

Las hojas de amaranto constituyen una buena fuente de betacaroteno (precursor de la vitamina A, proteínas y ácido ascórbico, por lo que representan una opción para personas que consumen dietas vegetarianas y para los habitantes de países en desarrollo. Las partes vegetativas del amaranto contienen más materia seca que las espinacas (*Spinacea oleraceae* L.) o acelgas (*Beta vulgaris* L.), debido sobre todo a su mayor aporte de proteínas crudas, fibra, hidratos de carbono y cenizas.

Otra característica nutricia sobresaliente de las partes vegetativas del amaranto es su considerable contenido de calcio (267 miligramos) y hierro (3.9 miligramos), mayor que las hojas de lechuga (62 y 0.6, miligramos, respectivamente) y, en el caso de calcio, tres veces más que el contenido en las hojas de espinaca.

Potencial y oportunidades del amaranto. Barrales *et al.*, (2010) menciona que el amaranto es un cultivo prometedor que puede cultivarse en condiciones de temporal, con tolerancia a sequía y que presenta rendimiento mayor o similar a otros cultivos en igualdad de circunstancias, lo que hace del cultivo una alternativa ideal de producción y consumo en regiones marginadas del país.

El relativo bajo rendimiento unitario de grano es compensado por el alto precio medio rural que alcanza, pues en los últimos diez años se ha mantenido en 2.4 veces por arriba del promedio nacional, resultando ser el más alto precio medio rural del país (SIAP, 2010). La alta calidad nutritiva del grano (contiene todos los aminoácidos esenciales y escualeno; no contiene gluten y no altera el sabor de otros componentes en mezclas).

Es una hortaliza (de plántula y de hoja) con contenido nutrimental (calcio, hierro, vitaminas y antioxidantes) superior a las hortalizas de hoja convencionales (acelga y espinaca).

En el contexto general del sector agroalimentario mexicano, si bien en la actualidad el amaranto aún no es de gran importancia económica. Son innegables sus bondades basadas en su valor alimenticio-nutricional, sus potenciales agrícola, económico e industrial; en el marco de su reciente incremento en superficie y producción relativa, los crecientes problemas de la obesidad y el sobrepeso, la alta proporción de población en situación de pobreza, el derecho a la alimentación y los programas gubernamentales como: sin hambre, desayunos escolares y escuelas de tiempo completo; por lo que el amaranto una de las alternativas importantes en México, de lo que resulta urgente y estratégico su estudio, atención, uso, diversificación del consumo y promoción integral, en todos los eslabones de la cadena de valor.

IV. Problemática:

La cosecha es costosa e ineficiente porque no existen cabezales de máquinas combinadas (estacionarias o autopropulsadas), especialmente desarrollados para el amaranto; por lo que predomina la cosecha manual en campo aunque la trilla pueda ser mecánica. La maduración heterogénea y la dehiscencia del grano en las variedades, hace que se pierda mucha semilla antes y durante la cosecha.

Si bien existen avances tecnológicos significativos a lo largo del sistema producto (sembradoras convencionales adaptadas para amaranto, máquinas trilladoras, limpiadoras y reventadoras de grano), a juicio de diferentes actores (productores, beneficiadores y procesadores; Taller Vinculación Amaranto SNITT, 2014), la problemática que enfrenta actualmente la cadena de valor del amaranto en México debe orientarse a:

- 1) El aprovechamiento cada vez más sistemático e intensivo de la diversidad genética mediante programas que produzcan variedades con mayor potencial de rendimiento y calidad de grano, precoces, de porte bajo, indehiscentes, sin acame, de alta capacidad de reventado y alto contenido de sustancias nutritivas y nutracéuticas; al control eficiente de malezas (no hay control químico).
- 2) Cosecha eficiente con variedades sin acame, de maduración homogénea e indehiscentes y cabezales específicos para cosechadoras autopropulsadas, para poder hacer siembras en superficies grandes
- 3) La articulación de líneas mecanizadas de producción desde el beneficio del grano hasta la producción industrial, tanto de nuevos productos alimenticios no dulces de alto valor agregado y tecnológico, como de los productos tradicionales mexicanos que en la actualidad se elaboran artesanalmente.

En resumen, la ineficiencia en la producción primaria; la baja inocuidad y la reducida escala de fabricación de los productos transformados de alto valor tecnológico y agregado, limitan actualmente el crecimiento del sector y el abastecimiento de más y mejores los productos con presentación y difusión competitiva.

V. Logros y avances:

Material genético

En México existen 100 colectas de amaranto resguardadas en banco de germoplasma, de las cuales el 77% corresponden a la especie *A. hypochondriacus*, y el 11.5% a *A. cruentus*, realizadas del 2009 al 2013 (Espitia, *et al.*, 2014); y existe una Red de Amaranto en el SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos).

Se conocen variedades mejoradas con registro en el SNICS (Dorada, Gabriela, Nutrisol, Revancha, Amaranteca, DGTA, Areli, PG2 y Diego, entre otras) generadas por el INIFAP, U. A. Chapingo y el Instituto de Estudios Superiores del Altiplano de Tlaxcala. Todas ellas son variedades obtenidas mediante mejoramiento por selección, por lo que tienen algún nivel de heterogeneidad fenotípica en porte, maduración y acame. Todas las variedades conocidas presentan dehiscencia al secarse la panoja, factor que dificulta la cosecha mecánica del cultivo en pie. No se conocen variedades híbridas.

Plagas, enfermedades y malezas

El amaranto es reconocido por no tener plagas y enfermedades específicas de alto impacto en el rendimiento y calidad del cultivo ni en campo ni en el grano en poscosecha. El control de malezas es uno de los problemas persistentes en el

manejo agronómico del cultivo debido a que no hay herbicidas selectivos y el control debe ser mecánico manual o con pasos de cultivadora.

Sistemas de producción y nutrición del cultivo

Predominan los sistemas de producción en surcos. Falta conocimiento sobre arreglos topológicos ligado a densidad de siembra según el porte de la variedad, condición climática (subtrópico y clima templado). No hay estudios sistemáticos de la fertilización-nutrición del cultivo por sistema de producción, variedad y región productora.

Mecanización del cultivo, beneficio e industrialización

Los productores han acondicionado y adaptado sembradoras convencionales fabricadas para otros cultivos, para sembrar amaranto. Existen máquinas cosechadoras estacionarias fabricadas para amaranto (Caso de éxito SAGARPA-IIICA), pero no hay cabezales de trilladoras de cereales específicos para el cultivo que permita la cosecha grandes extensiones en poco tiempo. Hay máquinas limpiadoras-beneficiadoras de aire-zarandas y de viento; equipo para eliminar el material ferroso; así como maquinas reventadoras y pulverizadoras para hacer harina. No hay máquinas para la elaboración de los productos tradicionales mexicanos como pepitorias y obleas, lo que afecta negativamente la escala de producción y la inocuidad. Faltan líneas de producción desde el beneficio del grano hasta fabricación de productos terminados.

VI. Propósito de la demanda:

Desarrollar mejores sistemas de producción con variedades competitivas, recomendaciones de manejo agronómico y nutricional por región productora; industrialización del grano y follaje para el desarrollo de productos de alto valor agregado y tecnológico que diversifiquen la predominancia de productos dulces.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Identificar, evaluar y describir variedades mejoradas de amaranto (competitivas en rendimiento, calidad del grano y follaje tierno, indehiscentes, con resistencia al acame, y de porte bajo), generar tecnología de producción sustentable; evaluar mercados y diversificar productos de valor tecnológico y agregado.

7.2 Objetivos específicos:

1. Identificar, evaluar y describir materiales genéticos mejorados de amaranto, de alto rendimiento, buen comportamiento agronómico (precoces, de porte bajo, indehiscentes, resistentes al acame), de alta calidad nutricional del grano y follaje tierno, y elevada capacidad de reventado, para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México.
2. Mejorar la tecnología de producción con enfoque sustentable (densidad de siembra, nutrición-fertilización, uso eficiente del agua de riego, control de malezas, manejo integrado de plagas y enfermedades) para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México.
3. Generar nuevos productos alimenticios no dulces, de alto valor agregado, larga vida de anaquel, buena presentación, funcionales y nutraceuticos, con base en el grano y en las hojas tiernas.
4. Extraer sustancias bioactivas del grano del amaranto para ampliar su potencial de aprovechamiento comercial.
5. Evaluar mercados y canales de comercialización como opciones para los nuevos productos de alto valor agregado.

6. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica por región, vinculado a las innovaciones tecnológicas disponibles y generadas en el proyecto para incrementar la productividad y rentabilidad sustentable del amaranto.
7. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de amaranto (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas).

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de

sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 02 de Septiembre de 2014, con Investigadores, Asociaciones, Productores y Empresarios, de la cadena de valor de amaranto.

El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de investigación, que aporten a elevar la productividad del cultivo de amaranto y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

Las principales demandas y necesidades planteadas en el Taller fueron: La necesidad de un aprovechamiento cada vez más sistemático e intensivo de la diversidad genética mediante programas que produzcan variedades con: mayor potencial de rendimiento, mayor calidad nutritiva, precoces, de porte bajo, indehiscentes, de alta capacidad de reventado y mayor contenido de sustancias nutraceuticas. La intervención para articular líneas de producción mecanizadas desde el beneficio del grano hasta la producción industrial, tanto de los productos tradicionales mexicanos que en la actualidad se elaboran artesanalmente (obleas y pepitorias), como de nuevos productos alimenticios no dulces de alto valor agregado y tecnológico con la inocuidad y los estándares de calidad y presentación aptas para el mercado nacional y de exportación. Finalmente, la ineficiencia en la producción primaria, la baja inocuidad y la reducida escala de fabricación de los productos transformados de alto valor tecnológico y agregado, limitan actualmente el crecimiento del sector y el abastecimiento de más y mejores los productos con presentación y difusión competitiva.

La superficie nacional de amaranto se incrementó a una tasa media anual (TMA) de 9.82%, en los últimos 28 años (1982-2010), tasa que se refleja en su mayor incorporación a la producción de alimentos, en la industria farmacéutica y en elaboración de cosméticos (Espitia *et al.*, 2010). En el último quinquenio (2007-

2013), la superficie cultivada de amaranto en México creció notablemente (57%), al pasar de 2,059 a 3,729 ha y el valor de la producción también aumentó en 52 %, al pasar de \$ 29.82 a \$ 52.16 millones de pesos.

El rendimiento promedio nacional es de 1.5 t.ha⁻¹ (PROFECO, 2010); el tamaño de las propiedades en las que se cultiva oscilaba tradicionalmente entre 0.5 y 1 ha, situación que recientemente está cambiando debido al interés que empieza a despertar entre agricultores empresariales. El relativo bajo rendimiento unitario es compensado por el alto precio medio rural que alcanza, pues en los últimos diez años se ha mantenido en 2.4 veces por arriba del promedio nacional, resultando ser el precio medio rural más alto del país (SAGARPA, 2010).

En la actualidad el amaranto aún no es de gran importancia económica por su bajo impacto económico en el sector agrolimentario. Sin embargo, en el marco de sus grandes recientes incrementos en superficie y producción relativa, su alto contenido y calidad nutricional, los crecientes problemas de la obesidad y el sobrepeso, la alta proporción de población en situación de pobreza, los programas gubernamentales como: sin hambre, desayunos escolares, escuelas de tiempo completo, y el reciente derecho a la alimentación, el amaranto constituye una de las mejores alternativas a impulsar en México (al igual que para las principales culturas originarias); por lo que resulta urgente y estratégico su estudio, atención, uso y promoción integral, en todos los eslabones de la cadena de valor.

IX. Productos a entregar:

1. Informe de avances del programa de mejoramiento genéticos y la descripción de al menos dos nuevas variedades identificadas por región agroecológica, con fines de protección, competitivas en rendimiento, buen comportamiento agronómico (precoces, de porte bajo, resistentes al acame,

indehiscentes), de alta calidad nutricional y elevada capacidad de reventado del grano, para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México.

2. Manuales de la tecnología de producción sustentable, en versiones para técnicos y para productores, con el fin de inducirlos y capacitarlos en la aplicación de las tecnologías generadas.
3. Documentos con la descripción, de tres nuevos productos alimenticios a partir de hojas tiernas y tres nuevos productos no dulces basados en el grano (larga vida de anaquel, alto valor agregado, buena presentación, funcionales y nutraceúticos), para protección intelectual.
4. Documento con la descripción de tres productos bioactivos de amaranto, para protección intelectual.
5. Informe de la evaluación de mercados y diagramas de los nuevos canales de comercialización de nuevos productos de alto valor agregado a nivel nacional y para la exportación.
6. Documento con la caracterización del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica y los resultados de su validación y aplicación, por región agroecológica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
7. Documento de diagnóstico integral actualizado (estadísticas, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, investigadores e industriales, entre otros) de la cadena de valor de amaranto, con el fin de conocer su estado actual y potencial.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

1. Mejores sistemas de producción con mayor rendimiento (mejores variedades: sin acame, indehiscentes y maduración uniforme) y calidad de grano (nutricional, funcional y capacidad de reventado) por región productora.
2. Mayor eficiencia del sistema de producción con mejores máquinas para la siembra, el control de malezas y la cosecha.
3. Mayor escala de producción e inocuidad en los procesos de fabricación de productos tradicionales (pepitorias y obleas) y nuevos productos de valor agregado y tecnológico.
4. Reducción de costos de producción por laboreo mecanizado del cultivo y la cosecha mecánica con el cultivo en pie.
5. Menores pérdidas de grano en campo por variedades indehiscentes con cosecha mecánica.
6. Factibilidad de siembras en grandes superficies con mayor volumen de producción para el abasto nacional e internacional.

Social

- Mayor producción de amaranto para atender diversos programas gubernamentales enfocados a los grupos vulnerables del campo y de la ciudad, con alimentos de alta calidad nutritiva y funcional.
- Más cantidad y diversidad de productos tradicionales y de alto valor agregado y tecnológico en mercado nacional y para la exportación.
- Disponibilidad de productos inocuos y bien presentados
- Mejor promoción para el conocimiento del contenido nutricional y funcional del amaranto.

Tecnológico

- 1) Variedades de porte bajo, indehiscentes, de ciclo corto, sin acame y más productivas.
- 2) Sistemas eficientes y mecanizados de producción en campo (siembra a cosecha) y en fábrica
- 3) Nuevos productos basados en el grano en la hortaliza (hojas y plántula)
- 4) Adopción de nuevas variedades (de grano, de hortaliza o de doble propósito), sistemas de producción y de máquinas.

Ecológico

- 1) Uso racional de fertilizantes convencionales al definir sistemas de producción por región productora, con el uso de productos de bajo impacto ambiental y de biofertilizantes.
- 2) Obtención de mejores variedades que continúen siendo resistentes a plagas y enfermedades en campo y en postcosecha a nivel del grano.
- 3) Menor impacto ambiental del estilo de vida urbano, por el hecho de que la población disponga y consuma alimentos de mejor contenido nutritivo, nutraceutico y funcional.
- 4) Menor aplicación de agroquímicos al ambiente al sembrar cultivos resistentes a plagas y enfermedades, lo que redundará en menores riesgos de enfermedades como alergias y cáncer en la población.

XI. Literatura citada:

Apaza, V., Romero, A., Guillén, F. and Baltensperger, D. 2002. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolivia. In: Trends in new crops and new uses. 2002. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA. 107-109p.

- Arellano, J. y J. Galicia. 2007. Yield and plant and panicle traits in amaranth in response to nitrogen and seeding rate. *Agricultura Técnica en México* 33: 251-258.
- Asociación Mexicana del Amaranto. 2010. *Centro de Información al Consumidor de Amaranto*. Recuperado el 21 de Agosto de 2010, de <http://www.amaranto.com.mx>
- Barba de la Rosa, A. P.; Fomsgaard, I. S.; Laursen, B.; Mortensen, A. G.; Olvera-Martínez, J. L.; Silva-Sánchez, C.; Mendoza-Herrera, A.; De León-Rodríguez, A.; González-Castañeda, J. 2009. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science* 49:117-121.
- Barrales, D. J. S. y Barrales, E. 2010. Amarantho. Recomendaciones para su producción. Universidad Autónoma Chapingo, Plaza y Valdés y Fundación Produce Tlaxcala. México D.F. 166 pp.
- Costea, M., Waines, G. y Sanders, A. 2001. Notes on some little known *Amaranthus* taxa (Amaranthaceae) in the United States. *Sida* 19: 975–992.
- Escobedo-López, D., Núñez-Colín, C.A., y Eduardo Espitia-Rangel, E. 2014. Corroboración de razas de amaranto cultivado (*Amaranthus* spp.) mediante análisis discriminante canónico. pp. 178-184. In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto 2014. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 pp.
- Espitia, R. E. 1992. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. *Food Reviews International*. 8(1):71-86.

- Espitia-Rangel, E. 1994. Breeding of grain amaranth. In: Paredes-López, O. (ed). *Amaranth: biology, chemistry, and technology*. CRC press, Boca Raton, USA. 23-38 pp.
- Espitia, R. E., Escobedo, L. D., Mapes, S.C., Ayala, G.A.V., Rivas, V.P., Martínez, T. G. y De la O, O.M. 2014. Conservación de los recursos genéticos de amaranto (*Amaranthus spp.*) en México. pp. 11-17. In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto 2014. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 pp.
- Espitia, R. E., Mapes, S. C., Escobedo, L. D., De la O, O. M., Rivas V. P., Martínez, T. G., Cortés, E. L., Hernández, C. J. M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 200 pp.
- Franco, O.R. y Franco, X.F. 2010. Utilización del amaranto en la elaboración de productos alimenticios. En J. García Pereyra, G. Alejandro Iturbide, C. Valdés Lozano, & H. Medrano Roldán. *El amaranto, investigación agronómica en el norte de México* (págs. 123-146). Durango: Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana.
- Food Agriculture Organization (FAO). 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap1.htm>
- Gimplinger D., G. Schulte, G. Dobos and H. Kaul. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *Eur. J. Agron.* 28: 119–125.
- Gorinstein, S., Vargas, O.J.M., Jaramillo, N.O., Salas, I.A., Ayala, A.L.M., Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Katrich, E. y Trakhtenberg, S. 2007. The total

polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *European Food Research and Technology* 225: 321-328.

Grobelnik S., M. Jakop, M. Turinek, M. Robažer, M. Bavec and F. Bavec. 2010. Protein content and amino acid composition of grain amaranth depending on growing season, sowing date and nitrogen supply. 45. hrvatski i 5 Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova: 727-732.

Jiménez, P.C., Lozano, V.S.A.; Morán, B.S.H.; Ramírez, R.G. 2014. Cuantificación de fenoles totales y potencial antioxidante de diferentes muestras de amaranto cosechados de la zona centro de México. pp. 277-283. In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto 2014. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 pp.

Kumar, S. and M. Yassin. 2013. Prediction of adaptability and yield stability of elite grain amaranth genotypes under different population densities (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *African Journal of Agricultural Research* 8: 995-1000.

Malliwigad, L. y V. Patil. 2001. Effect of plant density and planting geometry on growth and yield of grain amaranths. *Karnataka Journal Agricultural Science* 14: 11-17.

Manikandan S., K. Sivasubramaniam and P. Srimathi. 2010. Influence of fertilizer and spacing on seed yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) cv. Suvarna. *Madras Agricultural Journal* 97: 99-103.

Morales, G.J.C., Vázquez, M.N. y Bressani, C.R. 2009. *El Amaranto, Características físicas, químicas, taxológicas y funcionales y aporte nutricional*. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran. México.

- Morán-Bañuelos, S.H., Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T, Castillo-González, F., Soto-Hernández, R.M., San Miguel-Chávez, R. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816.
- Olaniyi, J., K. Adelasoye and C. Jegede. 2008. Influence of Nitrogen Fertilizer on the Growth, Yield and Quality of Grain Amaranth Varieties. *World J. of Agric. Sciences* 4: 506-513.
- Pospisil, M., B. Pospisil, Z. Varga and Z. Svecnjak. 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.* 25: 250–253.
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). 2010. Amaranto en el espacio. *Revista del Consumidor: No 406*, 4.
- Ramírez, M., E. Espitia, A. Carballo, R. Zepeda, H. Vaquera and L. Córdova. 2011. Fertilization and plant density in varieties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 855-866.
- Rastogi, A. y S. Shukla. 2013. Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical values. *Food Science and Nutrition* 53:109–125.
- SAGARPA-Delegación del Distrito Federal.2010. *Áreas de oportunidad para los productos líderes. Amaranto*. México, D.F.
- Satorre, E., Benech, R., Slafer, G., De La Fuente, E., Miralles, D., Otegui, D. y Savín, R. 2003. Capítulo 13, Densidad y arreglo espacial del cultivo. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, Argentina. Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. 277-316.

Schulte, G., H. Kaul, M. Kruse and W. Aufhammer. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.* 22: 95–100.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado 11-09-2014 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Venskutonis, P. and Kraujalis, P. 2013. “Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*12: 381–412.

Yarnia, M., M. Khorshidi, E. Farajzadeh, N. Nobari and V. Ahmadzadeh. 2011. Effect of planting dates and density in drought stress condition on yield and yield components of amaranth cv. Koniz. *Advances in Environmental Biology*, 5: 1139-1149.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

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

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

SISTEMA PRODUCTO PAPA

I. Título tema a demandar:

Generación de variedades y tecnología de producción sustentable de tubérculo de papa.

II. Beneficiarios del proyecto:

Los productores de las principales zonas de cultivo de papa en México, así como todos los integrantes de la cadena de valor.

III. Antecedentes:

La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. La papa pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena. La investigación reciente revela que el *S. tuberosum* se divide en dos grupos de cultivares ligeramente distintos: el Andigenum, adaptado a condiciones de días breves, cultivado principalmente en los Andes, y el Chilotanum, la papa que hoy se cultiva en todo el mundo (FAO, 2008).

Se reporta que *S. tuberosum* se domesticó en Sudamérica, específicamente en Bolivia, entre los lagos Titicaca y Poopó hace unos 7,000 a 10,000 años, aunque los primeros vestigios se encontraron en el cañón de Chilca, al sur de Lima en

Perú que datan de una antigüedad de hace 10,500 años. Y aunque existe controversia y opiniones muy diversas en cuanto al origen de la papa, sin duda se estima que el altiplano peruano-boliviano es el centro de origen de este importante cultivo (Luján, 1996; Andrade *et al.*, 2002; Cortez y Hurtado, 2002).

El centro primario de diversificación corresponde la zona andina que va desde Colombia, atravesando Ecuador, Perú y Bolivia, hasta la parte norte de Chile y Argentina. Los centros secundarios de diversificación corresponden a Mesoamérica (Sur de México, Guatemala, El Salvador, partes occidentales de Honduras, Nicaragua y parte noroeste de Costa Rica), Venezuela y porción sur de Chile, específicamente en la Isla de Chiloe (Brush *et al.*, 1995; Luján, 1996; Andrade *et al.*, 2002; Cortez y Hurtado, 2002).

Se estima que la papa cultivada se origina a partir de la especie silvestre diploide *S. leptophyes* Bitter y que la primera especie domesticada fue *S. stenotomum* Juz. & Bukazov; aunque otros estudios señalan que la papa se originó a partir de esta última o de un tipo antiguo cultivado de la especie *S. tuberosum* subsp. *andigena*. Estudios más específicos (análisis citoplasmáticos), han considerado que a partir de las especies *S. stenotomum* y *S. phureja* se origina *S. tuberosum* subsp. *andigena* y a partir de esta la subespecie *tuberosum* (Grun, 1990; Luján, 1996). Esta especie se distribuye de forma nativa en el continente americano, más específicamente en centro y Sudamérica y se difundió como cultivo a todo el mundo, adaptándose a la mayoría de las zonas agroecológicas. Actualmente se cultiva en más de 100 países en América, Europa, África, Asia y Oceanía (CONABIO, 2006).

La papa se cultiva en clima templado, subtropical y tropical. Es esencialmente un “cultivo de clima templado”, para cuya producción la temperatura representa el límite principal: las temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 30 inhiben

decididamente el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 18 a 20°C (FAO, 2008).

En México se presentan dos ciclos agrícolas, el primero durante la época de lluvias correspondiente a primavera-verano y el segundo manejado durante la época de sequía durante otoño-invierno y el cual está asociado a riegos (SIAP, 2014).

En México, el cultivo de papa ocupa el quinto lugar en producción, con alrededor de 1, 560,000 t al año. Los principales estados productores a nivel nacional son Sinaloa, Sonora, Puebla, Veracruz, Estado de México, Nuevo León, Chihuahua y Baja California (SIAP, 2013).

IV. Problemática:

El cultivo de papa es susceptible a una serie de enfermedades que reducen la productividad y la calidad de los tubérculos (FAO, 2008). El tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary., está considerada entre las enfermedades más importantes de la papa a nivel mundial. Sin embargo, en la actualidad la más desastrosa es el Síndrome Punta Morada de la papa (SPMP), es una enfermedad asociada a la presencia de fitoplasmas (Almeyda *et al.*, 1999; Maramorosch, 1998; Cadena *et al.*, 2003) y con el efecto de una posible toxina inyectada a las plantas por el psílido de la papa *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) (Arslan, 1985; Asscherman *et al.*, 1996); se caracteriza por el pardeamiento o necrosis interna del tubérculo, las papas se tornan dulces y se queman al freírlas.

EL SPMP ha ocasionado la pérdida total en más de cuatro mil hectáreas productoras de este tubérculo, dejándose de producir 71,600 toneladas, en el Estado de México, y la deserción de productores en las diferentes regiones.

Todas las variedades introducidas son susceptibles al tizón tardío; en tanto que, todas las introducidas y mexicanas son susceptibles al SPMP y al ataque de insectos que transmiten o producen este síndrome. Por esta razón los costos de producción de papa son altos. Más del 40% se destina a la compra y aplicación de insecticidas y en el caso de variedades introducidas aumenta por la aplicación de fungicidas para controlar el tizón tardío. La aplicación excesiva de insecticidas hace que se pierda gran parte de la fauna benéfica, se favorece el incremento de los insectos plaga, así como la selección de individuos con resistencia a insecticidas y con ello al incremento del SPMP.

El uso de plaguicidas químicos en la papa ha aumentado conforme los agricultores intensifican la producción y empiezan a producir en zonas y en temporadas que no son las tradicionales de este cultivo (FAO, 2008). Utilizando, a menudo, sustancias químicas muy tóxicas y son aplicadas con insuficiente o nulo equipo de protección.

Otro factor limitante en la producción de papa es la insuficiencia de semilla con calidad fitosanitaria, fisiológica y pureza varietal, pues la semilla comúnmente utilizada es manejada a nivel de productor, y tan sólo un 10% es generada con el esquema de certificación o selección de semilla oficial (SNICS). Los métodos de almacenamiento y manejo de postcosecha son inadecuados, por lo cual la semilla pierde su calidad fisiológica y fitosanitaria. Por ello es necesario establecer un esquema de manejo adecuado para las nuevas variedades o de las de reciente introducción.

En la actualidad se tiene una alta demanda de nuevas variedades con alto rendimiento, que sean usadas bajo un diseño de manejo integrado del cultivo y prácticas culturales recomendadas, como eliminación de socas, fechas de siembra, control de vectores a base de agroquímicos y control biológico, aplicación de las normas de sanidad en el uso de la semilla para siembra, entre otras actividades, así como, emplear dicho esquema a la transferencia de tecnología en la que participen todas las instancias de la cadena de valor de papa.

V. Logros y avances:

La industria de la papa ha aprovechado los más importantes descubrimientos recientes sobre la genética, la fisiología y la patología de la planta. La micropropagación está ayudando a los países en desarrollo a producir tubérculos “semillas” económicos y libres de enfermedades, e incrementar la productividad. Los marcadores moleculares ayudan a encontrar las características convenientes que hay en las colecciones de papas, lo que contribuye al mejoramiento de las variedades. La determinación de la secuencia del genoma completo de la papa, aumentará considerablemente el conocimiento y la posibilidad de tener las interacciones genéticas y las características funcionales. Las variedades modificadas genéticamente pueden producir cosechas más estables, ofrecer una mayor calidad nutricional y facilitar los usos no alimentarios industriales, pero es necesario evaluarlas con cuidado antes de su comercialización (FAO, 2008).

Por otro lado el manejo integrado de plagas ha ayudado a los agricultores a reducir drásticamente la necesidad de utilizar sustancias químicas a la vez que se incrementa la producción.

En México se han tomado medidas respecto a la enfermedad de la Punta Morada de la Papa que afectan el cultivo de papa; en Octubre del 2004., en la UAAAN Saltillo, se efectuó una reunión de análisis en donde se diagnosticó como situación grave a nivel nacional para lo cual se tomaron algunas medidas y se hicieron recomendaciones para control incluyendo campañas, monitoreo de poblaciones de vectores y distribución de hospederas y el uso de variedades con tolerancia a la enfermedad.

De igual forma se han hecho estudios para el control de la punta morada causada por fitoplasmas con el uso de insecticidas y prácticas culturales (Cadena, 1987; Cadena, 1999; Cadena y Galindo, 1985), también se ha implementado un método para el diagnóstico de los fitoplasmas utilizando la metodología de Reacción en

Cadena de la Polimerasa (PCR), (Almeyda *et al.*, 1999, Cevallos-Medina, 2001; Leyva-López, 2001a; Leyva-López, 2001b).

VI. Propósito de la demanda:

Identificación de variedades de papa, y generación de tecnología de producción sustentable en diferentes regiones agroecológicas de México, para contribuir a la soberanía alimentaria.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Identificar variedades de papa rendidoras, de buen comportamiento agronómico y de usos especiales, así como desarrollar tecnología de producción sustentable, para diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas.

7.2. Objetivos específicos:

1. Identificar, evaluar y describir variedades de papa competitivas, precoces, resistentes a plagas y enfermedades, para consumo en fresco [alto contenido de minerales (Fe y Zn) y vitaminas (A y C)], industrial (alta materia seca, baja retención de aceite y freído uniforme) y usos especiales (pulpa de colores).
2. Evaluar y promover tecnología de producción de semilla certificada de variedades nacionales, con alta calidad genética.
3. Desarrollar y aplicar tecnología de manejo integrado del cultivo (nutrición y conservación del suelo) y de sus parásitos (plagas, enfermedades y nematodos), para la reducción del alto impacto ecológico y de los costos de producción.

4. Diseñar y aplicar un modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, vinculada a las innovaciones tecnológicas sustentables preexistentes y generadas.
5. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de papa (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas).

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de sus funciones estratégicas, realizó un taller de vinculación el 03 de Septiembre de 2014, con Investigadores, Productores y Asociaciones, de la cadena de valor de Demandas del Sector **2014-1**

papa. El taller permitió identificar los temas estratégicos y transversales de investigación , que aporten a elevar la productividad del cultivo de papa y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

Entre los principales problemas destacados en el taller, respecto al cultivo de papa en México son: los altos costos de producción derivados principalmente del control químico de persistentes plagas y enfermedades (del follaje y del tubérculo) sobre variedades importadas susceptibles; así como el alto impacto ecológico al medio ambiente que tienen las prácticas agrícolas actuales (actualmente existen regiones donde realizan desde 60 aplicaciones por ciclo hasta dos aplicaciones al día contra el tizón tardío).

La papa es uno de los cultivos de mayor importancia alimenticia. Se encuentra en los diez principales productos agroalimentarios en el mundo según datos de FAOSTAT, tan sólo después de azúcar de caña, maíz, arroz, trigo y leche entera; con una producción de 365,365,367.00 t (FAOSTAT, 2014). Como hortaliza, es el cultivo más importante del mundo (FAOSTAT, 2014); y en México, ocupa el segundo lugar, solo después del jitomate (SIAP, 2013).

La importancia del cultivo de papa en México, además de su valor nutricional, es que demanda una gran cantidad de jornales de trabajo durante la siembra, cosecha, comercialización y demás actividades con su producción, lo que denota su importancia comercial y económica.

En términos de agro-biodiversidad, la papa posee los mayores recursos genéticos conocidos para un cultivo, tiene alrededor de 200 especies silvestres con gran diversidad de caracteres y con la ventaja de poder incorporarlos en cultivares mediante cruzamientos y manipulaciones genéticas. Este potencial genético para

el rendimiento y su amplia adaptabilidad bajo diferentes climas lo hace un cultivo muy valioso para contribuir a solucionar los problemas de la alimentación (Estrada, 2000).

Todos estos aspectos detonan la importancia en el desarrollo de sistemas sustentables de producción para este cultivo, con variedades apropiadas para cada región, que permitan mitigar los efectos adversos al medio ambiente (como restaurar la flora y fauna benéfica en las zonas de productoras de papa) y la mitigación-adaptación al cambio climático.

IX. Productos a entregar:

1. Al menos cuatro variedades de papa precoces con elevado rendimiento, resistentes a plagas y enfermedades, para consumo en fresco [alto contenido de minerales (Fe y Zn) y vitaminas (A y C)], industrial (alta materia seca, baja retención de aceite y freído uniforme), descritas con fines de protección.
2. Al menos tres variedades de papa de usos especiales (pulpa de colores), de buen comportamiento agronómico y competitivas, descritas con fines de protección.
3. Documento con los resultados de la evaluación y promoción de la tecnología de producción de semilla certificada de variedades nacionales, con alta calidad genética.
4. Manuales de la tecnología de producción sustentable y de manejo integrado del cultivo, en versiones para técnicos y para productores, con el fin de inducirlos al uso de las nuevas tecnologías.

5. Documento con la caracterización y los resultados de la aplicación del modelo de transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica, en versiones para técnicos y para productores, para inducirlos a la innovación.
6. Documento de diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de papa (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas).

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Incrementar la sustentabilidad, rentabilidad, competitividad e inocuidad del cultivo de papa en México, en beneficio de los productores, industriales y consumidores.
- Aumento de la productividad y menores costos de producción en papa, mediante el uso de agricultura de conservación, y métodos más eficientes y sustentables de control de plagas y enfermedades, riego y nutrición-fertilización.
- Desarrollo de nuevos procesos, subcadenas y productos de alto valor tecnológico y económico para el cultivo de papa, lo que generará divisas al país.

Social

- Transferencia de tecnología y capacitación a productores y transformadores innovadores, en el manejo de los sistemas de producción primaria e industrial que permitan el incremento de rendimientos, control de estrés abiótico, sanitario, nutrición, inocuidad y la diversificación de productos de valor tecnológico y económico agregado en papa.
- Mejora de la calidad e inocuidad alimentaria del país.
- Diversificación en las fuentes de empleo, rurales y urbanas.

Tecnológico

- Aplicación de mejores técnicas y métodos sustentables del cultivo de papa, en agricultura de conservación para generar mayor productividad, eficiencia y racionalidad del uso de suelo, abonos, fertilizantes, biofertilizantes, agua, pesticidas y herbicidas.

Ecológico

- Reducción del impacto ambiental del cultivo de papa por medio de la disminución del uso de pesticidas y fertilizantes químicos, mediante productos bioracionales y orgánicos y de la promoción de las variedades resistentes a enfermedades.
- Producción sustentable de papa mediante agricultura de conservación del suelo, el agua, la fertilidad, la biodiversidad y sus propiedades agronómicas, contribuyendo a la restauración de las poblaciones de insectos y microorganismos benéficos en las zonas de producción de papa.

XI. Literatura citada:

- Almeyda L., I. H.; Rubio C., O. A. y Zavala Q., T. 1999. Determinación de la implicación de fitoplasmas con la expresión sintomatológica de punta morada en papa (*Solanum tuberosum* L.). In: IV Simposio de Ciencia y Tecnología. Desarrollo Agropecuario. Secretaría de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Monterrey, Nuevo León. p. 45.
- Acuña, I. y Torres, H. 2000. El Tizón tardío de la papa. Osorno, Chile. Boletín N° 22. 2p.
- Andrade, H., Bastida, O. y Sherwood, S. 2002. La papa en el Ecuador In: El cultivo de la papa. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Centro Internacional de la Papa (CIP). 1 ed. Quito, 21 p.
- Arslan, A.; Bessey, P. M.; Matsuda, K. and Oebker, N. F. 1985. Physiological effects of psyllid (*Paratrioza cockerelli* Sulc.) on potato. Amer. Potato J. 62:9-22.
- Asscherman, E.; Bokx, J. A.; Brinkman, H.; Bus, C. B.; Hostma, P. H.; Meijers, C. P.; Mulder, A.; Scholte, K.; Turkensteen, L. J.; Wustman, R. and Van der Zaag, D. E. 1996. Potato diseases. NIVAA (Netherlands Potato Consultive Institute). Deen Haag, Holland. p. 52.
- Brush S., R. Kesseli, R. Ortega, P. Cisneros, K. Zimmerer & C. Quiros. 1995. Potato Diversity in the Andean Center of Crop Domestication. *Conservation Biology*. 9(5):1189-1198.
- Cadena H., M. A. y Galindo A., J. 1985. Reducción de la incidencia de la "Punta Morada de la Papa" por medio de fechas de siembra, genotipo de la planta y aplicación de insecticidas. Rev. Mex. Fitopatol. 3(2):100-104.

- Cadena H., M. A. 1987. Efecto de genotipos de plantas, aplicaciones de antibióticos e insecticidas en el control de la "Punta Morada de la Papa". *Agric. Téc. Méx.* 13(1):3-13.
- Cadena H., M. A. 1999. Potato purple top in Mexico: III. Effects of plant spacing and insecticide application. *Rev. Mex. Fitopatol.* 17(2):91-96.
- Cadena H., M. A.; Guzmán P., I. R.; Díaz V., M.; Zavala Q., T. E.; Magaña T., O. S.; Almeyda L., I. H.; López D., H.; Rivera P., A. y Rubio C., O. A. 2003. Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal en los tubérculos de papa en Valles Altos y Sierras de los estados de México, Tlaxcala y el Distrito Federal, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21(3):248-259.
- Cevallos M., F.; Gutiérrez M., H.; Alvarado G., O. G. y Valdéz L., C. G. 2001. Aplicación de PCR para el diagnóstico de "Punta Morada" de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen F-29.* Querétaro, Qro., México.
- CONABIO. 2006. *Solanum tuberosum*. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados. Proyecto GEF-CIBIGEM de Bioseguridad. 27p.
- Cortez M.R. y Hurtado G. 2002. Guía Técnica: Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador. 36p.
- Estrada, R. 2000. La Biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA/CIA/CIP. Bolivia, 21-88.
- FAO. 2008. Año Internacional de la Papa 2008. Dirección de la Nutrición y Potenciación del consumidor de la FAO. Roma, Italia. 36p.

- FAO/STAT. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística Consultado el 12-09-14. http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/rankings/commodities_by_regions/S
- Grun, P. 1973. Plasmon factor Changes during the evaluation of the cultivated potato. Genetics Suppl. 74:S102.
- Grun, P. 1990. The evolution of cultivated potatoes. Economic Botany 44: 39-55.
- Leyva L., N. E. y Martínez S., J. P. 2001a. PCR "nested" o anidado en la detección molecular de fitoplasmas relacionados con la punta morada de la papa. In: Sociedad Mexicana de Fitopatología (ed.). Memorias del curso: Fitopatología Molecular. Querétaro, Qro., México. p. 1-18.
- Leyva L., N. E. y Martínez S., J. P. 2001b. Detección, caracterización y aspectos ecológicos de fitoplasmas asociados a enfermedades de la papa. In: Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen F-85. Querétaro, Qro., México.
- Luján, C.L. 1996. Historia de la papa. Papa. Bogotá 16: 4-27.
- Maramorosch, K. 1998. Current status of potato purple top wilt. Inter. J. Trop. Plant Dis. 16:61-72.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado 11-09-2014 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

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

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

TEMA ESTRATÉGICO TRANSVERSAL EDULCORANTES-CAÑA DE AZUCAR

I. Título tema a demandar:

Impacto de la sustitución de la azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México.

II. Beneficiarios del proyecto:

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

III. Antecedentes:

Los edulcorantes son aditivos que confieren sabor dulce a los alimentos, por su constitución se clasifican en naturales (o nutritivos) y artificiales (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 fructuosa (JMRF) el cual es 1.5 veces más dulce que el azúcar, miel de abeja, melaza, piloncillo y miel maple y de maguey; mientras que entre los segundos se encuentran sacarina, estaquiosa y sucralosa, entre otros (SE, 2012a).

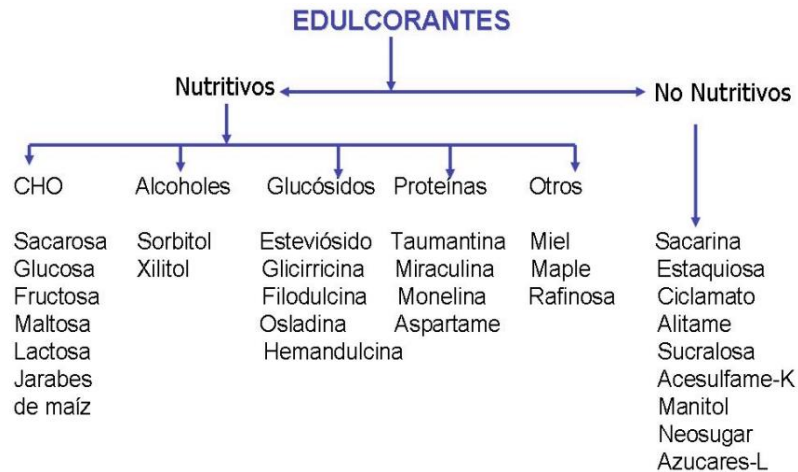


Figura 1. Clasificación de edulcorantes (Tomada de www.alimentacion.enfasis.com).

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, ya que proporciona en promedio el 12% de los hidratos de carbono, elementos productores de energía en el cuerpo humano (ADA, 1998; SE, 2012a).

México es el séptimo productor de azúcar en el mundo, con un volumen de aproximadamente 6.680 millones de toneladas registrado en la ZAFRA 2013, siendo el principal abastecedor de azúcar a los Estados Unidos de América.

Los campos cañeros se encuentran distribuidos en 15 estados de la República: Campeche, Michoacán, Colima, Quintana Roo, Puebla, Sinaloa, Tabasco, Morelos, Nayarit, San Luis Potosí, Chiapas, Oaxaca, Tamaulipas, Jalisco y

Veracruz. En estos estados se cultivaron en promedio, en el periodo 2004-2013, aproximadamente 744 mil hectáreas y se cosecharon aproximadamente 699 mil ha. El rendimiento medio en campo fue de 73.58 ton·ha⁻¹ (SIAP, 2013) y se procesa actualmente en 56 ingenios (CONADESUCA, 2013).

La agroindustria cañera en México es de gran importancia ya que representa el 12 % del sector primario y el 2.5% del PIB manufacturero, generando 300 mil empleos directos, distribuidos en las figuras de productores primarios directos, jornaleros, obreros fabriles y empleados de confianza. La mayor proporción de los empleos directos se ubican en el ámbito rural, 74% se estima que más de 3 millones de personas dependen directa o indirectamente de la agroindustria cañera. Además, supera los 52 millones de pesos anuales generados por la venta de azúcar (CONADESUCA, 2013).

Los edulcorantes artificiales han ganado espacio como herramientas de la dieta (Benton, 2005) ya que proporcionan el sabor dulce del azúcar, pero sin el aporte calórico de ésta, por lo tanto pueden ayudar a bajar de peso y a la adhesión de una dieta baja en calorías. 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 los requerimientos de biocombustibles por parte de la industria y el transporte ante la inminente crisis de los combustibles fósiles en el mediano plazo y el uso de la caña de azúcar para la fabricación de polímeros de uso industrial como polietilenos biodegradables.

IV. Problemática:

Entre los principales países productores y consumidores de alimentos y bebidas azucaradas se encuentra México. Sin embargo, la gran mayoría de los ingenios mexicanos se caracterizan por su rezago tecnológico, baja inversión, altos costos

de transformación y deficiencias en las escalas de producción, lo que resta capacidad al sector para aprovechar sus recursos y articular los eslabones de transformación para producir de un modo más eficiente.

La influencia política en el diseño de la normatividad que rige al sector, los bajos o nulos incentivos para que cañeros e ingenios adopten por sí mismos acciones para elevar su competitividad y los objetivos de política pública de las dependencias de gobierno que regulan el sector, han impuesto un marco normativo, que no ha sido el óptimo para alcanzar el potencial de desarrollo de la agroindustria azucarera nacional.

No obstante el valor histórico, social, cultural y económico del azúcar en México, esta industria enfrenta cambios en los patrones de consumo por cuestiones de salud y una creciente sustitución y consolidación (por volumen y precio) de otros edulcorantes como el JMRF y los No Calóricos, que en recientes años han logrado penetrar en el consumo industrial y familiar (SE, 2012a).

El mercado de los edulcorantes en México está experimentando cambios estructurales, motivados por varios aspectos:

1. Cambio en los hábitos de consumo de la población por razones de salud y por factores sociales relacionados con la moda “light”.
2. 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.
3. 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.

4. 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.
5. El previsible e inminente agotamiento de los combustibles fósiles en el mediano plazo y los consecuentes requerimientos de biocombustibles por parte de la industria y el transporte en todo el mundo.

Es importante cuantificar el impacto de esos cambios, especialmente en el ámbito de los edulcorantes de alta intensidad o dietéticos y de uso de la caña en la producción de biocombustibles y polímeros de uso industrial como polietilenos biodegradables.

V. Logros y avances:

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.

García-Chávez (2011), realizó para CONADESUCA un estudio denominado “Análisis del mercado de los edulcorantes en México”. En su informe se aprecia que existe una contracción en el consumo per cápita de azúcar, al pasar de valores 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.

La Secretaría de Economía (2012) realizó una Memoria Documental titulada “Mercado del Azúcar”, el cual tuvo como objetivo describir las actividades realizadas por dicha Secretaría, en el periodo 2007-2012, para atender temas relacionados con el mercado del azúcar y diversas coyunturas en relación con el desempeño de la agroindustria azucarera. En el mismo año, realizó un Análisis de la situación económica, tecnológica y de política comercial del sector edulcorantes en México, con objeto de analizar la evolución y situación del sector edulcorantes en México en el contexto internacional, así como detectar las principales debilidades en el campo, industria y en la normatividad vigente para proponer acciones de políticas que permitan dar un nuevo impulso a la competitividad de la agroindustria (SE, 2012a).

VI. Propósito de la demanda:

Determinar el nivel de sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos, el efecto de la creciente demanda de biocombustibles como el etanol, de la industria de los polímeros biodegradables y su impacto económico en la agroindustria azucarera.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Establecer el nivel de sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos disponibles en México, el efecto de la creciente demanda de biocombustibles como el etanol, de la industria de los polímeros biodegradables para evaluar el impacto económico en la agroindustria azucarera en México.

7.2 Objetivos específicos:

1. Cuantificar el nivel de sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos disponibles en México, su impacto económico y las tendencias a mediano plazo.
2. Cuantificar las proporciones de edulcorantes de alta intensidad utilizadas por la industria nacional.
3. Determinar el mercado de edulcorantes no calóricos a nivel mundial con énfasis en América Latina y México.
4. Describir los principales aspectos de los edulcorantes: clasificación, principales usos y posibles riesgos en la salud pública por su consumo, entre otros.
5. Determinar los requerimientos actuales y futuros de materia prima para abastecer el mercado nacional e internacional de los polímeros biodegradables.
6. Establecer la presión sobre otros usos modernos de la caña de azúcar como materia prima para la producción de biocombustibles (etanol) ante el agotamiento de los combustibles fósiles.

VIII. Justificación:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y

contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”.

La presente demanda pretende conocer con certeza el mercado de los edulcorantes no calóricos y los niveles de sustitución de azúcar de caña por su incorporación, lo cual permitirá evaluar el impacto económico en la agroindustria azucarera mexicana generado de la sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos, minimizando el riesgo de que la contracción del consumo *per cápita* de azúcar en el mercado nacional genere excedentes en el mercado interno y cause un mercado ofertado con precios muy bajos y pérdidas para productores de caña e industriales. Y con ello facilitar la toma de decisiones para aprovechar las áreas de oportunidad del mercado de los edulcorantes y el potencial de diversificar el uso de la caña, cumpliendo con lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

IX. Productos a entregar:

- i. Un documento con Normas Editoriales e ISBN para publicación que contenga:
 1. Los principales aspectos de los edulcorantes, como es su clasificación, principales usos y posibles riesgos en la salud pública por su consumo, entre otros.
 2. El mercado de edulcorantes no calóricos, del etanol como biocombustible y de los polímeros biodegradables a nivel mundial con énfasis en América Latina y México.

3. El nivel de sustitución de azúcar de caña por edulcorantes no calóricos disponibles en México y del uso actual y potencial de la caña de azúcar para la fabricación de etanol como biocombustible y de polímeros biodegradables en México y el mundo, su impacto económico y las tendencias a mediano plazo.
 4. Las proporciones de edulcorantes de alta intensidad utilizadas por la industria nacional; así como las proporciones de etanol y polímeros biodegradables utilizados por la industria en general, la agroalimentaria y por el transporte.
- ii. Al menos un folleto, en forma impresa y electrónica, con los resultados del diagnóstico, adecuado para los productores e industriales de los sectores cañero, agroalimentario y del transporte.

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, mediante la cuantificación de las oportunidades de negocio y de mercado que ofrecen nuevos usos de productos de la industrialización de la caña de azúcar, como el etanol para biocombustible y materia prima para polímeros biodegradables.
- Disponer de estrategias viables y novedosas 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
- Mantener vigente a la actividad cañera como una gran fuente de empleo en el medio rural.

Tecnológico

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

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.

Benton, D.2005. ¿Puede ayudar a los edulcorantes artificiales de control de peso corporal y la obesidad prevenir? Nutrition Research Reviews. 18(1): 63-76

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) 2011. El mercado de los edulcorantes en México. Documento inédito.

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) 2013. Reporte Estimado. Consultado en Septiembre de 2014.

<http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/salidaHtml.php>

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.

Secretaría Economía (SE). 2012a. Análisis de la situación económica, tecnológica y de política comercial del sector edulcorantes en México. Consultado en septiembre 2014.

http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf

Secretaría Economía (SE). 2012b. Mercado del Azúcar. Memoria Documental. Consultado en septiembre 2014.

http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe_APF/memorias/21_memorias_azucar_sic.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado en Septiembre 2014. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Belisario Domínguez Méndez
Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA
Teléfono: (55) 3871-1000 ext. 33312 y 33328
Correo Electrónico: belisario.dominguez@sagarpa.gob.mx

SISTEMA PRODUCTO BOVINOS

I. Título tema a demandar:

Formación de germoplasma bovino mejorado de doble propósito, sobresaliente en rendimiento, calidad y resistencia a nemátodos para ganadería tropical.

II. Beneficiarios del proyecto:

Todos los integrantes del Sistema Producto Bovinos, consumidores de carne y leche; la industria de los lácteos y cárnicos, entre otros.

III. Antecedentes:

La mejora genética de las poblaciones persigue como principal objetivo obtener avances en características económicamente importantes (Gasque, 2008). Los rumiantes son importantes como productores de alimentos de alta calidad nutritiva y son únicos en su capacidad de utilizar fuentes alimenticias que de otra forma no tendrían valor. Los bovinos, son los rumiantes domésticos más importantes como productores de carne y leche (Román, 1981).

Los principales países productores de ganado bovino a nivel internacional son Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea, China y Argentina (USDA, 2014). 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 (Gasque, 2008)

En México la producción de ganado bovino representa la actividad ganadera de mayor importancia económica con 3.4 millones de toneladas por año y un valor de 71.7 millones de pesos (SIAP, 2013); es relevante por la variedad de productos obtenidos, como la carne y la leche, que forman parte de la dieta integral alimenticia principalmente por el alto valor nutricional que representan.

De acuerdo con el reporte de producción SIAP de bovinos 2013, en México existen alrededor de 3.4 millones de unidades de producción de ganado bovino, 13.7 % ubicadas en Veracruz, 11.4 % en Jalisco, 6.6 % en Chiapas, 5.2 % en Sinaloa, 4.4 % en Michoacán, 4.3 % en Baja California y el resto en las demás entidades del país.

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 (Financiera Rural, 2012).

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. (Financiera Rural, 2012).

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.

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.

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.

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 objetivo para la venta 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 a 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, es que las actividades ganaderas 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 principalmente, de garrapatas y tuberculosis, no exportaba su ganado a los Estados Unidos.

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 2013 se produjeron 706 millones de litros de leche y 248,000 toneladas de carne, esto representa el 13.7% de la producción nacional. Jalisco es el segundo productor Demandas del Sector con una participación del 11.4% (389.61 mil toneladas). Chiapas, ocupa el tercer lugar, con una producción de 223.48 mil toneladas, lo que representa el 6.6% de la producción nacional. Veracruz, Jalisco, Chiapas, Sinaloa, Michoacán, Baja California y Chihuahua representan el 50.0 % de la producción nacional (SIAP, 2013).

México requiere del 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 y seleccionar a aquellos que poseen características sobresalientes para transmitirlos a su descendencia. La identificación de los individuos genéticamente superiores permite mejorar la eficiencia de producción del hato a través de generación, y si esto se hace en forma generalizada por todos los criadores, se mejora la eficiencia de producción de la raza.

IV. Problemática:

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 medios 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 de aumento en el número total de bovinos, reportándose 3, 085,076 para el 2007 y 3, 405,841 en el 2013. En contraste, la producción de carne predominante en el territorio nacional es la de Ganado bovino, misma que es la de mayor participación en 23 estados, mientras que en 8 entidades la de carne porcina fue la más importante. El precio medio de carne en canal se ubicó en 38,485 pesos por tonelada, con una variación anual de 8.1% en el 2013. Lo que indica que, aún con un menor número de cabezas de ganado, la producción total se ha incrementado (INEGI, 2013).

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, 2013).

De acuerdo con los últimos informes de la FAO, los recursos genéticos pecuarios 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 en México utiliza métodos y tecnologías de producción con un regazo 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).

El interés por evaluar genéticamente y seleccionar a los animales se debe a que un animal sobresaliente va a transmitir sus características a la descendencia. La identificación de aquellos individuos genéticamente superiores 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 las explotaciones ganaderas.

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 efecto del ambiente en el cual se desarrolla y de la interacción genotipo x ambiente. Para 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.

V. Logros y avances:

La forma convencional de evaluación de los bovinos productores de carne se basa en métodos cuantitativos de mediciones de las 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 y sin tener una continuidad sobre los programas de mejoramiento genético.

En la actualidad existen métodos sistemáticos que permiten la evaluación genética de los animales en producción, de los que están por entrar a la actividad productiva y aún de aquellos que no cuentan con registros de producción; para lo cual 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 registrar el peso de 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 Brahmán.

Las diferencias esperadas de la progenie (DEPs) corresponden a la mitad del valor genético estimado, la palabra diferencia implica comparación, por lo tanto, las DEPs proporciona un rango de comparación de superioridad individual de los Demandas del Sector 2014-1

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 DEPs es en las unidades de la característica en estudio.

En los últimos años, la FAO ha propuesto metodologías moleculares para el manejo de los recursos genéticos, 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 2003 surgió 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 genética 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 poblaciones mejoradas en las características económicamente importantes del ganado bovino de doble propósito apto para ganadería tropical.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general

Identificar y seleccionar individuos con genes valiosos para rendimiento, calidad y resistencia a nemátodos en bovinos de doble propósito, para formar hatos mejorados de reemplazo en el trópico húmedo de México.

7.2. Objetivos específicos

1. Identificar y seleccionar individuos con los genes que codifican: Kappa caseína (CSN3), Beta lactoglobulina (BLG), Diacilglicero acetiltransferasa (DGAT1) y hormona de crecimiento (GH), a través de la selección asistida por marcadores moleculares, en hatos de bovinos reproductores.
2. Identificar y seleccionar individuos con los genes para: Leptina (LEP), μ -Calapaína (CAPNI), Tiroglobulina (TG), Miostatina (MSTN) y Receptor de Hormona de crecimiento (GHR), por medio de la selección asistida por marcadores moleculares en hatos de bovinos reproductores para la calidad y rendimiento de canal.
3. Identificar y seleccionar individuos con los genes que codifican para resistencia a nemátodos [Interferón Gamma (IFNG) y genes del Complejo Mayor de Histocompatibilidad de Bovino] en hatos de bovinos reproductores.
4. Establecer un banco de semen y de embriones de individuos reproductores sobresalientes, portadores de los genes objeto de la selección.

5. Desarrollar germoplasma bovino mejorado para reemplazo, a través de la selección asistida por marcadores moleculares de sementales y vaquillas. Proponer un modelo eficiente de transferencia del germoplasma (semes y embriones) de individuos reproductores sobresalientes en los hatos de bovinos de doble propósito del trópico húmedo nacional.
6. Realizar un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de bovinos (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, directorio de productores, investigadores e industriales, entre otros temas) para el trópico húmedo de México.

VIII. Justificación

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece en su Objetivo 3.5. Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible. Así mismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector agroalimentario y una visión estratégica que implica la construcción del nuevo rostro del campo, sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo, que garantice la seguridad alimentaria del país y contribuya al desarrollo rural integral. Estableciendo en el Objetivo 1 “Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria”; Estrategia 1.1 “Orientar la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad”. En congruencia con el PND y el Plan Sectorial (PSDAPA); y en cumplimiento con lo establecido en el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (SNITT), como parte de

sus funciones estratégicas, realizó reuniones para identificar los temas estratégicos y transversales de investigación , que aporten a elevar la productividad de la producción de bovino y la seguridad alimentaria del país, en cumplimiento a lo establecido en el PND, PSDAPA y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2014.

Los recursos genéticos animales, disponibles a nivel mundial, según la FAO, enfrentan un dramático estado de descenso. Se estima que por lo menos una raza de ganado tradicional se extingue cada semana, lo que representa 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. Al perderse las razas, se pierden los genes que poseen. El mayor problema es la 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, productividad en un ambiente determinado, o a si son portadoras de algunos genes mayores interesantes y valiosos en los momentos actuales o a futuro (FAO, 2014).

Latinoamérica posee una amplia diversidad de recursos genéticos animales, los cuales son utilizados en diferentes sistemas y bajo variadas condiciones ecológicas y sociales. Algunos de estos recursos poseen características que son únicas a ambientes específicos y que están sufriendo una dilución genética o extinción (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001).

En México aún que aún existen razas de animales criollos, presumiblemente bien adaptados a las condiciones climáticas y de manejo de la región, no están claramente definidas, puesto que se tienen poblaciones de animales geográficamente separadas, con una multitud de tipos locales, los cuales están siendo usados. Sin embargo, aun cuando esos animales están siendo utilizados, su comportamiento y adaptación se desconocen y se encuentran bajo la amenaza

de una dilución genética o reemplazo por animales mejorados (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001). Por lo que se debería realizar esfuerzos por evaluar las razas criollas y para ello la conservación de éstas es necesaria.

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 transmitir las a su descendencia. La identificación de los individuos genéticamente superiores permitiría 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 y se asegura la conservación de genes y facilitará 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

1. Documentos, con fines de protección intelectual, que contenga las innovaciones tecnológicas a las metodologías de identificación y selección de individuos reproductores sobresalientes.
2. Banco de semen y de embriones de individuos reproductores sobresalientes, portadores de los genes objeto de la selección, y su respaldo para su conservación en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG).
3. Inventario de sementales y vaquillas sobresalientes, portadores de los genes objeto de la selección, y del germoplasma mejorado.
4. Documento con el modelo de transferencia del germoplasma mejorado a los hatos bovinos de doble propósito del trópico húmedo.
5. Documento general de resultados de la investigación, con fines de protección intelectual.

6. Documento de diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de bovinos en el trópico húmedo de México.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Identificación y obtención de sementales y vientres mediante selección asistida por marcadores moleculares, que permitan mejorar los hatos ganaderos de doble propósito para el trópico mexicano.
- Coadyuvar con la actividad económica del sector bovino, mediante la identificación de estrategias que permitan mejorar la productividad bovina en México.
- Disponer de estrategias para mejorar la competitividad del sector bovino en México.
- Aumento del rendimiento de los hatos y de la calidad de los productos derivados de los bovinos del trópico.
- Incremento de hato ganadero y la productividad de las explotaciones en el trópico con base en germoplasma mejorado nacional.

Social

- Mejoramiento de las razas bovinas por medio de germoplasma modificado para un mayor rendimiento y calidad en canal, de la leche y con resistencia a parásitos.
- Disponibilidad de germoplasma animal bovino para la mejora y/o reemplazo de ganado bovino de doble propósito para el trópico.
- Transferencia de tecnología a productores innovadores en la selección asistida con marcadores genéticos, inseminación artificial y transferencia de embriones.

Tecnológico

- Identificación de marcadores genéticos bovinos para alto rendimiento, calidad y resistencia a enfermedades de los bovinos.
- Disponibilidad de germoplasma animal bovino seleccionado para la mejorar y reemplazar de ganado bovino.

Ecológico

- Conservación de genes del alto valor económico de poblaciones de razas en riesgo 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.

Financiera Rural, 2012: www.financierarural.gob.mx

Gasque, G.R. 2008. Enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 437 p.

INEGI (2013). Estadística de sacrificio de ganado en rastros municipales por entidad federativa 2008-2013. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/boletin/Comunicados/Especiales/2014/Abril/comunica1.pdf>

Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. Consultado en septiembre 2014 <http://www.fao.org/docrep/018/al999s/al999s.pdf>

Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura 2014b.
Consultado en septiembre de 2014.

<http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s11.pdf>

Román, P.H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. Revista Veterinaria México. 3: 394-431. Consultado en septiembre de 2014:

<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol3/CVv3c12.pdf>

Segura-Correa, J.C. y Montes-Pérez, R.C. 2001. Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. Rev. Biomed. 12: 196-206.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Consultado en Septiembre 2014. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

United States Department of Agriculture (USDA, 2014). Ag and Foods Statistics: Charting the Essentials. <http://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials.aspx>

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.dominquez@sagarpa.gob.mx